

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Казанский национальный исследовательский
технологический университет

ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

**XVIII Всероссийская конференция молодых
ученых, аспирантов и студентов
с международным участием,**

посвященная 40-летию биотехнологического
образования в КНИТУ

18–21 апреля 2023 г.

Материалы конференции

ISBN 978-5-7882-3318-5

© Казанский национальный исследовательский
технологический университет, 2023

УДК 664
ББК 34.7
ПЗ6

Издается по решению Ученого совета
Казанского национального исследовательского технологического университета

ПЗ6 Пищевые технологии и биотехнологии. XVIII Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием (г. Казань, 18–21 апреля 2023 г.) : материалы конференции / под ред. А. С. Сироткина; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед.технол. ун-т. — Казань : Изд-во КНИТУ, 2023.

ISBN 978-5-7882-3318-5

В сборнике представлены научные статьи, посвященные вопросам биотехнологии и пищевых технологий. Приведены результаты теоретических и прикладных изысканий молодых ученых, аспирантов, студентов по следующим направлениям: «Технологии продуктов из растительного сырья», «Технологическое оборудование, процессы и аппараты пищевых производств», «Биотехнология пищевых продуктов, лекарственных и биологически активных веществ», «Промышленная биотехнология переработки сырья и отходов», «Технология продуктов лечебно-профилактического и функционального питания», «Технология продуктов питания животного происхождения», «Тара и упаковка продовольственных товаров», «Качество и безопасность пищевых продуктов», «Технология продукции общественного питания», «Экономика пищевой и биотехнологической промышленности», «Сквозное образование».

Предназначен для широкого круга читателей.

Все материалы издаются в авторской редакции.

УДК 664
ББК 34.7

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования:

- Windows: процессор Intel 1,3 Гц или аналогичный;
Microsoft Windows XP Service Pack 2
- MacOS: процессор PowerPC G4 или Intel MacOS X 10.5
128 МБ оперативной памяти
- Linux: 32-разрядный процессор Intel Pentium или аналогичный
SUSE Linux Enterprise Desktop10 или Ubuntu 7.10; GNOME
или KDE Desktop Environment

Ответственный за выпуск Л. Ю. Кошкина

Подписано к использованию 13.06.2023

Объем издания 15,7 Мб Заказ 38/23

Издательство Казанского национального исследовательского технологического университета
420015, Казань, К. Маркса, 68

РЕДКОЛЛЕГИЯ

А. С. Сироткин — доктор технических наук, профессор (гл. редактор);

Л. Ю. Кошкина — кандидат технических наук, доцент (отв. редактор и составитель);

С. В. Борисова — кандидат технических наук, доцент;

Р. Т. Валеева — кандидат технических наук, доцент;

Т. В. Вдовина — кандидат технических наук, доцент;

И. А. Гусарова — кандидат экономических наук, доцент;

Т. Р. Дебердеев — доктор технических наук, профессор;

Н. З. Дубкова — кандидат технических наук, доцент;

Г. О. Ежкова — доктор биологических наук, профессор;

З. А. Канарская — кандидат технических наук, доцент;

Л. К. Каримова — кандидат технических наук, доцент;

С. В. Китаевская — кандидат технических наук, доцент;

З. Ш. Мингалева — доктор технических наук, доцент;

А. Н. Николаев — доктор технических наук, профессор;

Е. В. Перушкина — кандидат технических наук, доцент;

М. А. Поливанов — кандидат технических наук, доцент;

М. А. Сысоева — доктор химических наук, доцент;

Д. В. Тунцев — доктор технических наук, доцент;

Р. Э. Хабибуллин — доктор технических наук, доцент;

В. В. Харьков — кандидат технических наук, доцент.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

XVIII Всероссийской конференции молодых ученых, аспирантов
и студентов с международным участием
«Пищевые технологии и биотехнологии»,
посвященной 40-летию биотехнологического образования в КНИТУ

Председатель:

Казаков Ю. М. — профессор, врио ректора КНИТУ

Заместители председателя:

Сафин Р. Р. — профессор, и. о. проректора по научной работе
и инновациям КНИТУ

Сафин Д. Н. — генеральный директор Инновационно-производственного
Технопарка «Идея»

Члены программного комитета:

Байтемиров К. М. — председатель Ассоциации фермеров
и крестьянских подворий Республики Татарстан

Гамаюрова В. С. — профессор каф. пищевой биотехнологии

Дебердеев Т. Р. — профессор, зав. каф. технологии переработки
пластмасс и композиционных материалов

Дуженков Р. В. — директор Политехнического лицея № 182 г. Казани

Ежкова Г. О. — профессор, зав. каф. технологии мясных и молочных
продуктов

Зайнуллин Л. И. — начальник отдела науки, образования и
инновационных технологий Министерства сельского хозяйства и
продовольствия РТ (по согласованию)

Ковалева К. Д. — директор химического лицея КНИТУ для одаренных
детей

Мингалеева З. Ш. — профессор, зав. каф. технологии пищевых
производств

Николаев А. Н. — профессор, зав. каф. оборудования пищевых
производств

Сысоева М. А. — профессор, зав. каф. пищевой биотехнологии

Таштабанов А. А. — директор филиала компании «ПУРАТОС»
в Республике Татарстан

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель:

Сироткин А. С. — профессор, директор института пищевых производств и биотехнологии КНИТУ

Заместители председателя:

Давлетшина Г. А. — доцент, зам. директора института пищевых производств и биотехнологии КНИТУ

Поливанов М. А. — профессор кафедры пищевой инженерии малых предприятий КНИТУ

Члены организационного комитета:

Аксянова А. В. — зав. каф. БСЭ

Борисова С. В. — доцент каф. ТПП

Броднева А. В. — лаборант каф. ХК

Валеева Р. Т. — доцент каф. ХК

Васильева Э. А. — ст. преп. каф. ХК, ведущий инженер ОУПДС

Вдовина Т. В. — доцент каф. ПБТ

Галиуллина Д. Р. — ассистент каф. ТПП, и. о. председателя координационного совета обучающихся

Гусарова И. А. — доцент каф. бизнес-статистики и экономики

Дубкова Н. З. — доцент каф. ОПП

Канарская З. А. — доцент каф. ПищБТ

Каримова Л. К. — доцент кафедры ТППКМ

Китаевская С. В. — доцент каф. ТПП

Клементьев С. В. — инженер каф. ПБТ

Кобелева Й. В. — вед. инженер каф. ПБТ

Латыпов Э. Д. — зав. лаб. каф. ХК

Нуретдинова Э. И. — спец. по УМР ИППБТ

Перушкина Е. В. — доцент каф. ПБТ

Сидоров Ю. Д. — ст. преп. каф. ПИМП

Старовойтова О. В. — доцент каф. ТПП

Тунцев Д. В. — зав. каф. ХК

Хабибуллин Р. Э. — профессор каф. ТММП

Харьков В. В. — доцент каф. ОПП

Секретарь конференции:

Кошкина Л. Ю. — доцент кафедры ХК

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарные доклады	22
Зиновьева М. Е. ПРОЦЕССЫ ФЕРМЕНТАТИВНОГО КАТАЛИЗА В НЕВОДНЫХ СРЕДАХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ	23
Куликов А. В. АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ВТОРИЧНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ	28
Куликова Ю. В., Орлов Н. И., Бабич О. О., Коротаев В. Н. ПОЛУЧЕНИЕ БИОТОПЛИВА ИЗ БИОМАССЫ И ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ОЖИЖЕНИЯ	31
Курашов В. И. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ БИОТЕХНОЛОГИИ	34
 Секция 1. Технология продуктов из растительного сырья	40
Labiba N. M., Nianikova G. G. TECHNOLOGY OF VEGAN SAUSAGES FROM PEA-SUNFLOWER MATERIAL	41
Аббазова В. Н., Школьников М. Н. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ	46
Борисова С. В., Валеева А. Р., Айзетов С. Ф., Даминов Р. К., Решетник О. А. ВЛИЯНИЕ КУКУРУЗНОЙ МУКИ НА ПРОЦЕСС СОЗРЕВАНИЯ ПОЛУФАБРИКАТА В ТЕХНОЛОГИИ МЕЛКОШТУЧНОГО ИЗДЕЛИЯ	50
Денисова М. В., Киселева Н. А. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СНЕКОВ ИЗ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА	55
Евдокимов Н. С., Собянина Т. А., Рогачев Е. А. ПРОИЗВОДСТВО ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ТВЕРДОФАЗНЫМ СПОСОБОМ	59
Замесина Я. А., Лесовская М. И. ВЛИЯНИЕ ОРЕХОВ МАКАДАМИЯ НА АНТИОКСИДАНТНЫЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФРУКТОВОГО ДЕСЕРТА «ЯБЛОЧНЫЙ СЫР»	65
Кациева И. Э., Малолеткова Я. В., Зимичев А. В. РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ЯБЛОЧНОГО ЛИКЕРА С ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ	70
Маслов А. В., Залялиева А. Р., Мингалеева З. Ш. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДРОЖЖЕЙ SACCHAROMYCES CEREVISIAE	74

Минзанова С. Т., Миннебаева Г. Д., Чекунов Е. В., Миронова Л. Г., Милюков В. А. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЯБЛОЧНЫХ ВЫЖИМОК	80
Наумова А. А., Старовойтова О. В., Сафиуллин А. Р., Чурекеева Т. Н. ПРИМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧЕНЬЯ	85
Сибгатуллина К. Р., Сидоров Ю. Д. КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА МОРКОВИ НА ПРОДУКТЫ КОРМОВОГО, ПИЩЕВОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	89
Тимакова Р. Т., Ледяев И. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК НА КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	93
Фролова Л. А., Агзамова Л. И., Агзамов Р. З., Габдуллина Г. М., Мингалеева З. Ш. ПРОИЗВОДСТВО ХЛЕБА С ДОБАВЛЕНИЕМ ОТРУБЕЙ	98
Секция 2. Технологическое оборудование, процессы и аппараты пищевых производств	102
Vahitov M. R., Nikolaev A. N., Dubkova N. Z., Khakimova E. G. BIOGAS PURIFICATION FROM CARBON DIOXIDE IN VORTEX MULTI-STAGE ABSORBERS	103
Dmitrieva O. S., Madyshev I. N., Nikolaev A. N. INTENSIFICATION OF MASS TRANSFER IN HOLLOW VORTEX TYPE APPARATUSES	108
Давлетшина Г. А., Касимов И. Р. ВОДОПОДГОТОВКА – ВАЖНЕЙШИЙ ЦИКЛ В ПИЩЕВОЙ ОТРАСЛИ	114
Соловей Д. Д., Дубкова Н. З., Хакимова Е. Г., Кузнецов М. Г. РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКА ЯГОД РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ВИБРАЦИОННОМ АППАРАТЕ	118
Харьков В. В., Вахитов М. Р., Николаев А. Н. К МОДЕЛИ СУШКИ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА В РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШИЛКЕ	122
Харьков В. В., Дмитриева О. С., Мадышев И. Н. ВЛИЯНИЕ РАСХОДА ОРОШАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ НА ТЕПЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГИБРИДНОЙ ГРАДИРНИ	126
Харьков В. В., Вахитов М. Р., Николаев А. Н., Дмитриева О. С. ОРГАНИЗАЦИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОГО ПРОФИЛЯ	130

Секция 3. Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ

Абржина А. А., Бурмасова М. А., Сысоева М. А. СОСТАВ ГРИБА <i>LAETIPORUS SULPHUREUS</i> И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	135
Бабич О. О., Буденкова Е. А., Каширских Е. В., Долганюк В. Ф., Сухих С. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ВЫРАБОТКУ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ МИКРОВОДОРОСЛЬЮ <i>EUGLENA GRACILIS</i> KLEBS.	136
Бабич О. О., Долганюк В. Ф., Каширских Е. В., Анохова В. Д., Буденкова Е. А. ОЧИСТКА АНТИОКСИДАНТНОГО КОМПЛЕКСА ИЗ БИОМАССЫ ПСИХРОФИЛЬНЫХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ	140
Бахтиярова А. Х., Кроль О. В., Бабич О. О., Сухих С. А. СКРИНИНГ АНТИОКСИДАНТНОГО ПОТЕНЦИАЛА РАСТЕНИЯ <i>CALLUNA VULGARIS</i>	146
Болхонов Б. А., Соколов Д. В., Лебедева С. Н., Жамсаранова С. Д. ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ГИДРОЛИЗАТОВ ПИЩЕВЫХ БЕЛКОВ	153
Брянкина А. К., Миленина В. О., Парамонова А. А., Меронюк К. И. СТИМУЛИРОВАНИЕ РОСТА МИКРОВОДОРОСЛИ <i>CHLORELLA</i> УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ	157
Бурнышева Т. О., Клысбаева Л. И., Меледина Т. В. ПРИМЕНЕНИЕ АВТОЛИЗА ИЗ ГРИБА <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i> ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ВКУСО-АРОМАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАПИТКОВ	165
Вихрова М. А., Игнашкова Д. А., Сачавский А. А., Иванов А. С., Авшалумов А. С., Суясов Н. А. ПОЛУЧЕНИЕ БЕЛКОВЫХ ФЕРМЕНТОЛИЗАТОВ БИОМАССЫ БАКТЕРИЙ	170
Григорьева А. А., Беляева И. Д., Беляева А. Д., Няникова Г. Г. НОВЫЙ СОРБЕНТ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ЯБЛОЧНОГО СИДРА	174
Захарова А. В., Баракова Н. В., Митюков А. С. ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОЙ ГУМАТО-САПРОПЕЛЕВОЙ СУСПЕНЗИИ ДЛЯ АКТИВИЗАЦИИ ЛИОФИЛЬНО ВЫСУШЕННОГО КОЛЛАГЕНОЛИТИЧЕСКОГО ФЕРМЕНТА	178
Кагирова Д. Ф., Коваленко С. А., Сысоева М. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИПОФИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ТРУТОВИКА ЧЕШУЙЧАТОГО <i>POLYPORUS SQUAMOSUS</i>	183

Клысбаева Л. И., Бурнышева Т. О., Меледина Т. В. ПОЛУЧЕНИЕ АВТОЛИЗАТА ГРИБА <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i> ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЕГО В КАЧЕСТВЕ ВКУСОВОЙ ДОБАВКИ	190
Куликова Ю. В., Бабич О. О., Рожкова М. А., Жихрева А. В., Кремлева О. Е. ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНОГО СЕРЕБРА	194
Ларина В. В., Лаврентьева И. А., Бабич О. О. СОСТАВ И АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ЭКСТРАКТОВ <i>HEDYSARUM NEGLECTUM</i> В ЗАВИСИМОСТИ ОТ PH ЭКСТРАГЕНТА	202
Лебеда М. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ МЕДИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРОДУЦИРОВАНИЯ ФЕРМЕНТА ЛАККАЗА ШТАММОМ ГРИБА <i>FUNALIA TROGII</i>	206
Лучик Т. А., Ржечицкая Л. Э. ВЛИЯНИЕ СПИРТОВОГО ЭКСТРАКТА ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА НА СТАБИЛЬНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА	210
Любимова Е. Д., Апаршева В. В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АЛКОГОЛЬНОГО НАПИТКА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ПЛОДОВОГО СЫРЬЯ И МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ	215
Матыцина В. В., Баракова Н. В., Рухляда К. А. КЕФИР, ОБОГАЩЕННЫЙ ЭКСТРАКТОМ СУЛЬФОРАФАНА	220
Нургелдиев И. Ч., Петухова Е. В. ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА С СОЛОДОВЫМ ЭКСТРАКТОМ	229
Печникова К. С., Сысоева М. А. ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТОВ <i>TRICHARTUM ABIETINUM</i>	234
Прозорова И. Ш., Зыкова В. В., Бычкова Е. А., Сысоева Е. В., Сысоева М. А. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГРИБОВ РОДА <i>TRAMETES</i>	238
Пучкова Е. С., Панарина Л. С., Коваленко С. А. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ «ЧАЙНОГО ГРИБА» НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ЧАЯ	242
Рухляда К. А., Баракова Н. В., Матыцина В. В. ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ «БИОЙОД» НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО МОЛОЧНОГО ПРОДУКТА	246
Садртдинова Д. И., Курова Д. А., Ржечицкая Л. Э. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ	251

Темнов М. С., Устинская Я. В., Меронюк К. И. ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБИОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕПТИДНЫХ ФРАКЦИЙ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ <i>CHLORELLA SOROKINIANA</i>	256
Темнов М. С., Устинская Я. В., Еськова М. А., Меронюк К. И. ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБИОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИПИДНОЙ ФРАКЦИЙ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ <i>CHLORELLA</i> <i>SOROKINIANA</i>	260
Ульянова С. В., Салина А. А. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КЕФИРОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ЗАКВАСОК	264
Ушакова Д. М., Темникова О. Е. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕКОЛЬНОЙ ДОБАВКИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУЛЬТУР РЖАНОЙ ГУСТОЙ ЗАКВАСКИ	271
Фам Ван Фыонг, Чыонг Конг Тхань, Чан Тхи Куинь Чанг, Нгуен Тхань Ча, Нгуен Дак Там, Ха Тхи Зунг ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БАНАНОВЫХ ЛИСТЬЕВ <i>Musa spp.</i>	276
Хайбуллин Р. Г., Волкова Л. В., Волков Р. Г. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТИРОВАННОЙ БИОМАССЫ <i>ARCTIUM</i> <i>LAPPA L.</i> В КАЧЕСТВЕ ПРОДУКТА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ	282
Хакимова А. Г., Валиева А. И., Шнайдер К. Л., Зиновьева М. Е. МОНОЛАУРИН И СПОСОБЫ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ	286
Червоткина Д. Р., Борисова А. В. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПОЛЯ НА АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ЭКСТРАКТА ИЗ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ (<i>U. DIOICA L.</i>)	291
Шепель Е. И., Кригер О. В. ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРАКТОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ БАРХАТЦЕВ РАСПРОСТЕРТЫХ (<i>TARGETES PATULA L.</i>) И ИЗУЧЕНИЕ ИХ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ	295
Секция 4. Промышленная биотехнология переработки сырья и отходов	302
My Uyen Dao, Sirotkin A.S., Quoc Bao Tran, Anh Khoa Tran, Hien Y Hoang ASSESSMENT OF NI(II) ADSORPTION CAPACITY BY VARIOUS FORMS OF SORBENT DERIVED FROM NATURAL SPHERICAL SEEDS	303
Phung Gia Khanh, Vu Thi Phương, Nguyen Thi Thuy, Hoang Thu Trang, Tran Thi Nhu Xuan, Dao My Uyen, Ha Thi Dung EFFECT OF SUGAR TYPE ON FERMENTED BEVERAGE USING PINEAPPLE BY-PRODUCTS	310

Аксёнов А. С., Кисиль О. Я., Кропотин А. В., Аксёнова О. В. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО СЕКВЕНИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ МОЛЛЮСКОВ И ДРУГИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	315
Ахмедзянова Р. Р., Валеева Р. Т., Тунцев Д. В. ПОДСОЛНЕЧНЫЙ ШРОТ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВИД СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ	320
Бабич О. О., Калашникова О. Б., Кригер О. В., Буденкова Е. А. ПОЛУЧЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ МАЛОЦЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	324
Броднева А. В., Тунцев Д. В., Нуруллина Е. Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ТРОСТНИКА ОБЫКНОВЕННОГО В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ БИОПРОДУКТОВ	330
Воронина Ю. В., Перушкина Е. В., Балымова Е. С. ДОРОЖНАЯ КАРТА ОНЛАЙН-ЗАНЯТИЯ НА ТЕМУ «СИНТЕЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ БИОПОЛИМЕРОВ»	334
Гайнетдинова Р. Р., Балымова Е. С., Новикова А. Р., Закиров Р. К. ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ БИОЦЕНОЗА АКТИВНОГО ИЛА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА	339
Галиева И. И., Ахмедзянова Р. Р., Тунцев Д. В., Валеева Р. Т. ГРАНУЛИРОВАНИЕ ЛУЗГИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА	344
Ганин А. И., Васильев А. В. АНАЛИЗ ТОКСИЧНОСТИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД, СБРАСЫВАЕМЫХ В КУЙБЫШЕВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В РАЙОНЕ Г.ТОЛЬЯТТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ	348
Гилязева А. Ф., Гилязева И. Ф., Балымова Е. С., Ахмадуллина Ф. Ю. БИОДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ АКТИВНОГО ИЛА И ОЦЕНКА ЕГО СОСТОЯНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ ПРОМСТОКОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	352
Голева К. С., Бахарев В. В., Руденко Е. Ю. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНТОВ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОДСОЛНЕЧНОЙ ЛУЗГИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НИКЕЛЯ	358
Евдокимов Н. С., Китаева Я. В., Малий О. В., Сахарова Е. С. ПРЕДПОСЫЛКИ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ И ОБОЛОЧКИ СОИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СПОСОБОМ	362

Евдокимов Н. С., Сахарова Е. С. Китаева Я. В. К ВОПРОСУ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ	371
Игнашкова Д. А., Вихрова М. А., Авшалумов А. С., Мухамедова Л. Д., Сачавский А. А., Калёнов С. В., Суясов Н. А. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТИЛОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ	376
Исмагилова Л. М., Тунцев Д. В., Гильманова Д. Р. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АКВАТОРИИ ВОЛГИ	381
Казимова К. Ш., Черникова А. С., Ахмадуллина Ф. Ю., Щербакова Ю. В. ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭКСТРАКТОВ ЦВЕТОВ БАРХАТЦЕВ РАСПРОСТЁРТЫХ (<i>TAGETES PATULA</i>)	385
Касимова А. Р., Кириченко В. В., Исламгулов И. Р., Мухачев С. Г. ФИЛЬТРАТ БАРДЫ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ	389
Кириллова Н. И., Калашникова И. И., Вдовина Т. В., Сироткин А. С. МИКРОБНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА	393
Кириченко В. В., Касимова А. Р., Мухачев С. Г., Исламгулов И. Р. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПИРТОВОЙ БАРДЫ КАК СУБСТРАТА ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ПРОБИОТИКОВ	398
Клементьев С. В., Куликова Ю. В., Сироткин А. С. ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОДЕСТРУКЦИИ КОМПОНЕНТОВ ВОДНОЙ ФАЗЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ОЖИЖЕНИЯ БИОМАССЫ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА	401
Кобелев А. В., Сироткин А. С. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ АКТИВНОГО ИЛА И БИОПЛЕНКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕКТИНСОДЕРЖАЩИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД	406
Кобелева Й. В., Духанина О. В. РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАГЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА В ПРОЦЕССЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	410
Кузнецова В. С., Кузнецов С. В., Тунцев Д. В. ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ СПИРТА В РАЗЛИЧНЫЕ КОМБИНАЦИИ БИОДИЗЕЛЯ-ДИЗЕЛЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ВЫБРОС ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ СОВРЕМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	414

Кунда Дж., Валиева В. Х., Ахмадулина Ф. Ю, Щербакова Ю. В., Закиров Р. К. ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	419
Лай Х. З., Ахмадулина Ф. Ю., Ахмадуллин Р. М., Закиров Р. К., Хоанг Х. И. ТОКСИЧНОСТЬ СЕРНИСТО-ЩЕЛОЧНЫХ СТОКОВ	423
Леонов Д. Н., Сироткин А. С., Балымова Е. С., Перушкина Е. В. ВНЕДРЕНИЕ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС: КЕЙС-МЕТОД В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ БИОТЕХНОЛОГОВ	427
Лизункова Д. А., Хромцова И. С., Назмутдинова К. К., Смирнов Д. Е., Волкова А. В., Вдовина Т. В. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ УГОЛЬНОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	434
Мавлетшина Д. Г., Валеева Р. Т., Шурбина М. Ю., Тунцев Д. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ СПОРООБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ НА СРЕДАХ С ГИДРОЛИЗАТОМ МЯСОКОСТНОЙ МУКИ И СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА	438
Макушев А. А., Мухачев С. Г. СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭНЕРГИИ В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ НА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	442
Матвеев Я. М., Понкратова С. А. ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДРОЖЖЕЙ	446
Мингазетдинова И. И., Нуруллина Е. Н. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОМИКРОБНЫХ РЕАГЕНТОВ НА МИКРОФЛОРУ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ	451
Миндубаев А. З., Бабынин Э. В., Минзанова С. Т., Кобелев А. В., Бадеева Е. К. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ТОКСИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ: ВТОРОЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ	456
Муллакаев И. Т., Латыпов Э. Д. БИОРЕАКТОРА ДЛЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ	461
Муравьева Н. А., Куликова Ю. В., Бабич О. О., Кремлева О. Е. ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УГОЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	466
Нуретдинова Э. И., Валеева Р. Т. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ СПИРТОВЫХ ДРОЖЖЕЙ <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i>	470

Петренко Е. И., Валеева Р. Т. ПЕРЕРАБОТКА СТОЧНЫХ ВОД В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	474
Петренко О. А., Романова Е. В., Исхакова К. Р., Михайлов А. О., Мухаметзянова Г. Ф., Щербакова Ю. В., Ахмадуллина Ф. Ю. ПОЛУЧЕНИЕ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ НА ОСНОВЕ ШРОТА ФИТОСЫРЬЯ	479
Пименов А. В., Шамбазова А. М., Шулаев М. В. ПРИМЕНЕНИЕ БИОСОРБЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ	483
Самылова О. В., Кузнецова А. А., Денисюк З. О., Сафиуллина Д. И., Щербакова Ю. В., Ахмадуллина Ф. Ю. БИОТЕСТИРОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЦВЕТОВ БАРХАТЦЕВ	488
Фасхутдинов Д. Р., Логинова И. В., Мухачев С. Г. МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОБНОГО ПРОЦЕССА РОСТА ЭТАНОЛОКИСЛЯЮЩИХ ДРОЖЖЕЙ	492
Хабибуллина А. Р., Вдовина Т. В., Сироткин А. С. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕФОСФАТАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД	497
Хайруллина Э. Р., Тунцев Д. В., Хайруллина М. Р. ТЕХНОЛОГИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ	502
Хасанова А. А., Максимова Ю. Г., Перушкина Е. В., Сироткин А. С. ОЦЕНКА ДЕФОСФАТИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ КЛЕТОК <i>RHODOCOCCLUS</i> <i>ERYTHROPOLIS 11-2</i>	506
Хисамутдинов И. И., Шурбина М. Ю., Валеева Р. Т., Данилова Д. С. БИОПЕРЕРАБОТКА СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА В ЦЕЛЕВЫЕ ПРОДУКТЫ	511
Шайхелисламов З. Л., Мухачев С. Г. ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ РАДИОАКТИВНЫХ СТОЧНЫХ ВОД	515
Шевченко А. Р., Аксенов А. С., Майорова К. А., Родичева М. А. ДВУХСТАДИЙНАЯ БИОКОНВЕРСИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ ДРЕВЕСНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПРОДУКТЫ С ВЫСОКОЙ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТЬЮ	520
Шульникова А. А., Балымова Е. С., Новикова А. Р., Ахмадуллина Ф. Ю. ИЗУЧЕНИЕ БИОМА АКТИВНОГО ИЛА ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ФАКТОРА СЕЗОННОСТИ	528

Шурбина М. Ю., Силантьев Р. М., Валеева Р. Т., Тунцев Д. В. ПОЛУЧЕНИЕ КОРМОВЫХ ДРОЖЖЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПИРТОВОЙ БАРДЫ	533
Яковенко А. А., Тараванов М. А., Гвозденко А. А., Колодкин М. А., Вакуленко М. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ВТОРИЧНОГО БЕЛОКСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ НА АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ГИДРОЛИЗАТА	537
Секция 5. Технология продуктов лечебно-профилактического и функционального питания	541
Аинная А. Д., Щербакова Ю. В., Ахмадуллина Ф. Ю. ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ КИСЛОМОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ	542
Аитова А. Ф., Исупова М. С., Рева К. М., Станкова А. С., Решетник О. А., Ямашев Т. А. СРАВНЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ЗЕЛЕННОГО И ЧЕРНОГО ЧАЯ	546
Ахмадеева А. Р., Давлетшина Г. А. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ХАЛЯЛЬНОГО МАРМЕЛАДА	550
Волкова Л. В., Хайбуллин Р. Г., Волков Р. Г. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТИРОВАННОЙ БИОМАССЫ <i>ARCTIUM</i> <i>LARPA L.</i> В КАЧЕСТВЕ ПРОДУКТА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ	554
Гавриленко В. И., Короткова А. А., Мокроусова Е. Д. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВВЕДЕНИЯ КОНОПЛИ В КОМПОЗИЦИЮ ПРОБИОТИЧЕСКОГО МОРОЖЕНОГО	558
Гладышева К. А., Крякунова Е. В. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	563
Ерофеева А. В., Бурмасова М. А., Сысоева М. А. РОСТ ЛАКТОБАКТЕРИЙ НА ОВСЯНОМ ЭКСТРАКТЕ	567
Жихрева А. В., Куликова Ю. В., Сухих С. А. ОЦЕНКА СОСТАВА И СВОЙСТВ ГИДРОЛАТА	571
Орлов Д. А., Малолеткова Я. В. РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПЕСОЧНОГО ПЕЧЕНЬЯ	574
Столбов М. Е., Салихов Р. К., Кошкина Л. Ю. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЕСОРОСТОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ	577

Трофимова В. С., Темникова О. Е. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ЗАКВАСКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ	583
Хумышева А. А., Бобожонова Г. А. РАЗРАБОТКА ШОКОЛАДА, ОБОГАЩЕННОГО ЭКСТРАКТОМ ГАРЦИИИ КАМБОДЖИЙСКОЙ	588
Шаля Е. В., Середа М. М. ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИКОВ НА ЖКТ ДАНИО РЕРИО (<i>DANIO RERIO</i>)	592
Секция 6. Технология продуктов питания животного происхождения	596
Бутусов М. В., Гематдинова В. М. ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ НА УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА СОСИСОК С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ФОСФАТОВ	597
Васильева О. Д., Короткова А. А. ВОДОУДЕРЖИВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ НУТОВОГО БЕЛКА В ТЕХНОЛОГИИ КИСЛОСЛИВОЧНОЙ ПАСТЫ	602
Воронина М. С., Гуляева А. Н., Ачаликов П. Ю., Окопная О. В., Титова А. А., Соколова М. Ю. СПОСОБ ПРОЛОНГАЦИИ МЯСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРИНАДА ИЗ МЕДА	607
Дмитриева А. И., Галиуллина А. Р. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУШИ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТА	613
Добрецкий Р. А., Баженова Б. А., Лескова С. Ю. ГИПОАЛЛЕРГЕННОЕ МЯСНОЕ СЫРЬЕ	617
Крюкова П. А., Крякунова Е. В. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЫЧУЖНОГО И МИКРОБИАЛЬНОГО ФЕРМЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРОВ	622
Лаврухина Е. В., Зарубин Н. Ю., Бредихина О. В., Гриневич А. И. ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАКВАСОЧНЫХ КУЛЬТУР НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ И МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ФИЛЕ ТРЕСКИ	625
Ле Х.Т., Хабибуллин Р. Э. ОПЫТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БИОТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА	631
Макарова Н. К., Валеулов К. Г., Ежкова Г. О. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЛИННОСТИ И ВЫЯВЛЕНИЕ ФАЛЬСИФИКАЦИИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ РАЗНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ПРИБРЕТЕННЫХ В МАГАЗИНАХ Г. КАЗАНИ	636

Миассарова Д. М., Хрундин Д. В. РАЗРАБОТКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПРОДУКТА МОЛОЧНОКИСЛОГО БРОЖЕНИЯ НА РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ С ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ	641
Мирозоев А. С., Никитина Е. В. ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ НЕЗАКВАСОЧНЫХ ШТАММОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ В ТЕХНОЛОГИИ СЫРОВАЛЕННЫХ МЯСОПРОДУКТОВ	646
Нагорных Е. М., Мусина О. Н. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПЛАВЛЕННЫХ СЫРОВ	650
Петрова Т. А., Ежкова Г. О., Никитина Е. В. МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШТАММОВ L. FERMENTUM AG8 И L. PLANTRUM AG9: ЛИПОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ХОЛЕСТЕРИН АССИМИЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ	655
Почейкин Ю. Э., Баязитов Б. А., Пономарев В. Я., Юнусов Э. Ш. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНОГО ПРОДУКТА С БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКОЙ	659
Сунгатуллина А. Р., Никитина Е. В. ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЕРМЕНТИРОВАННОГО МОЛОКА ПРИ СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛЬНЯНОЙ СЛИЗИ И РАЗНЫХ ВИДОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ	663
Филимонова Т. В., Мусина О. Н., Бондаренко Н. И. НОВЫЙ ОБОГАЩЕННЫЙ БИОЙОГУРТ «ФЕРМЕРСКИЙ»	667
Цыганов М. С., Никитина Е. В. СКРИНИНГ КАЧЕСТВА ОБЕЗЖИРЕННЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В РОЗНИЧНЫХ МАГАЗИНАХ ГОРОДА КАЗАНЬ В 2022–2023 ГГ.	672
Секция 7. Тара и упаковка продовольственных товаров	676
Воронина М. С., Гуляева А. Н., Сучугов Я. В., Сабанцев В. В., Майорова Я. О., Тескин К. А. БИОРАЗЛАГАЕМЫЙ АНАЛОГ ПОЛИМЕРНОЙ ОДНОРАЗОВОЙ ПОСУДЫ	677
Карбушева Д. В., Кочемасова Д. В., Каримова Л. К., Сайфутдинова М. В., Дебердеев Т. Р. КАТАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ ТИТАНА ДЛЯ СИНТЕЗА ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА	681
Малмыцкая В. С., Каримова Д. И., Назарова В. Д., Спиридонова Р. Р., Перушкина Е. В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ДЕКСТРИНА ОТ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ	685

Студеникина Л. Н., Мельников А. А., Домарева С. Ю. КОМПОСТИРУЕМАЯ УПАКОВКА НА ОСНОВЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ: АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ, ПРИМЕНЕНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ	690
Фарзиева И. Р., Галиханов М. Ф. РАЗРАБОТКА ГОФРОТАРЫ С ВОДОЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ	694
Шабанова П. В., Борисова А. В. РАЗРАБОТКА ПОЛИЛАКТИДНОЙ ПЛЁНКИ С ЭФИРНЫМИ МАСЛОМ МЕЛИССЫ	698
Шекаева А. Р., Ишмухаметова А. Ф., Спиридонова Р. Р. ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ МОНОМЕРОВ НА СВОЙСТВА (СО)ПОЛИМЕРОВ ЛАКТИДА И ГЛИКОЛИДА	708
Секция 8. Качество и безопасность пищевых продуктов	715
Афанасьева О. В., Докучаева И. С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ВИНОГРАДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЭФФИЦИЕНТА ХЬЮГЛИНА	716
Ахмадишина Л. Д., Крякунова Е. В. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ	721
Бахтиярова Д. Р., Дубкова Н. З., Кузнецов М. Г., Гумерова Г. Х. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОРОШКА БОЯРЫШНИКА	726
Зайнутдинов А. А., Ямашев Т. А., Дубкова Н. З., Хакимова Е. Г., Гумерова Г. Х. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНОГО ИЗДЕЛИЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПОРОШКА ИЗ ВЫЖИМОК ОБЛЕПИХИ	731
Кадиханов А. И., Кузнецова А. А., Кошкина Л. Ю. ПИРОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ	735
Красильников В. А., Дубкова Н. З., Хакимова Е. Г., Кузнецов М. Г., Гумерова Г. Х. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ФЛАВОНОИДОВ ПРИ СУШКЕ ЯГОД ОБЛЕПИХИ	739
Ламбакшева Ю. С., Ямашев Т. А., Дубкова Н. З., Хакимова Е. Г., Гумерова Г. Х., Гусарова И. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНОГО ИЗДЕЛИЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПОРОШКА ЧЕРНИКИ	742
Трусенёв М. В., Трусенёва Д. Ф., Поливанов М. А. ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭТАПОВ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА В УСЛОВИЯХ МАЛЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ	747

Шакирова Г. К., Дубкова Н. З., Гусарова И. А., Азина О. В., Кузнецов М. Г. АНТОЦИАНОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	750
Секция 9. Технология продукции общественного питания	754
Gaisina A. F., Gataullin R. S., Gumerov T. Yu. DEVELOPMENT OF AN INSTANT FOOD PRODUCT FOR INDUSTRIAL WORKERS	755
Gurova A. B., Shafigullina G. I., Gumerov T. Yu. CREATION OF A FOOD PRODUCT RECIPE FOR PERSONS WORKING IN HAZARDOUS WORKING CONDITIONS	759
Арефьева А. С., Балабанов Ю. О. НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЫКВЫ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ	763
Галиуллина Д. Р., Китаевская С. В., Решетник О. А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗЕРНОВОГО ХЛЕБА ИЗ ПОЛБЫ	771
Гасимова Г. А., Сергеева А. А., Волостнова А. Н. ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ	776
Голубева Т. С., Каткасова В. Г., Гуляева А. Н., Воронина М. С. РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА БАТОНЧИКА ДЛЯ БЫСТРОГО ПЕРЕКУСА	780
Исхакова Д. Т., Кукаркина Ю. К., Габдукаева Л. З. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ	784
Касимов Р. Р., Козлова О. А., Коржова Т. Д., Гасимова Г. А. РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ЖЕЛЕЙНО-ФРУКТОВОГО МАРМЕЛАДА С ДОБАВЛЕНИЕМ ВИТАМИННОГО КОМПЛЕКСА	787
Лабоцкая Е. А., Волостнова А. Н., Закирова Г. Р. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ МУКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	791
Махиянова Д. Н., Кукаркина Ю. К., Габдукаева Л. З. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	796
Нырова Л. Н. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ	800
Родникова Л. Ф., Китаевская С. В. ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	805

Секция 10. Экономика пищевой и биотехнологической промышленности	809
Бадыкшанова З. Р., Стрекалова Г. Р. НАНОМАТЕРИАЛЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – ВОЗМОЖНОСТЬ ИЛИ ОПАСНОСТЬ?	810
Гарафиева Г. И. МАРКЕТИНГОВЫЕ АКТИВЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	815
Гусарова И. А., Пантелеева Ю. В., Лысов А. В. ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ В МИРЕ	820
Гусарова И. А., Пантелеева Ю. В., Лысов А. В. ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ С ВИХРЕВЫМ СЛОЕМ ДЛЯ ОПТИМИЗИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПЕКТИНОВ	824
Исхакова А. А., Стрекалова Г. Р. ИННОВАЦИОННЫЕ СТРАТЕГИИ И ЭКОНОМИКА АССОРТИМЕНТНОЙ ПОЛИТИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ	829
Райская М. В. АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СЕКТОРА РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ	837
Чудинович Э. Р., Гематдинова В. М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯИЧНОЙ СКОРЛУПЫ В ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТЬ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА	842
Секция 11. Сквозное образование (для участников из среднеобразовательных учреждений)	847
Kilyakova V. E., Starovoytova O. V., Safiullina I. R. RESEARCH OF SCHOOLCHILDREN'S PREFERENCES CONCERNING CONFECTIONERY PRODUCTS	848
Ибатуллина Д. И., Зиновьева А. М., Боброва Е. В., Байгубаков С. И., Тимкин А. В., Котляр М. Н. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОЛИЗАТА ХИТОЗАНА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	852
Кони́на Е. А., Лиси́цына П. Д., Агза́мов Р. З., Агза́мова Л. И., Вали́ева А. Х. ИНДИКАЦИЯ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ	856

Малкина В. А., Невмержицкая Ю. Ю. ВЛИЯНИЕ ФИТОПАТОГЕНОВ НА МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ	859
Прохоров В. Е., Маклеев Е. В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ ГВОЗДИКИ КРЫЛОВА <i>DIANTHUS KRYLOVIANUS</i> JUZ. В ВОЛЖСКО-КАМСКОМ КРАЕ	865
Фаттахова А. А., Хаирова А. И., Фролова П. П., Агзамов Р. З., Агзамова Л. И., Валиева А. Х. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О РЕАКЦИИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ	869

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

ПРОЦЕССЫ ФЕРМЕНТАТИВНОГО КАТАЛИЗА В НЕВОДНЫХ СРЕДАХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ

М. Е. Зиновьева

ФГБОУ ВПО «Казанский национальный
исследовательский технологический университет», Казань, Россия
zino-mari@yandex.ru

Аннотация: Эффективность использования ферментов в различных технологических процессах может быть значительно улучшена за счет их использования в органических растворителях. Проведение биокатализа в неводных растворах и средах с малым содержанием воды позволяет заметно расширить возможности энзиматического катализа.

Ключевые слова: ферментативный катализ, органические растворители, возможности ферментативного катализа в неводных средах.

PROCESSES OF ENZYMATIC CATALYSIS IN NON-AQUEOUS MEDIA TO OBTAIN VALUABLE PRODUCTS

M. E. Zinov'eva

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: The efficiency of the use of enzymes in various technological processes can be significantly improved by using them in organic solvents. Use biocatalysis in non-aqueous solutions and media with a low water content can to significantly expand the possibilities of enzymatic catalysis.

Keywords: enzymatic catalysis, organic solvents, the possibilities of enzymatic catalysis in non-aqueous media.

Ферменты являются на сегодняшний день непревзойденными природными катализаторами. Ферментные препараты широко используются в самых различных отраслях промышленности, пищевой, медицинской, сельском хозяйстве и многих других областях.

Интерес к применению ферментов связан с постоянно возрастающими требованиями по увеличению безопасности технологических процессов. Ферменты, являясь веществами белковой природы, как нельзя лучше соответствуют этим требованиям. Совокупность биохимических реакций, катализируемых ферментами, составляет основу обмена веществ живых организмов. Ферменты являются одновременно продуктами и инструментами биологических систем. При этом ферменты синтезируются и функционируют при физиологических условиях, по-

сле чего легко выводятся, подвергаясь разрушению до аминокислот. Как основные, так и побочные продукты ферментативных процессов являются нетоксичными и биodeградируемыми.

Применение ферментов имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с использованием небиологических катализаторов:

- Большим достоинством ферментов перед химическими катализаторами является то, что они действуют при атмосферном давлении, температуре от 20 °С до 70 °С и рН в диапазоне от 4 до 9. Соответственно их использование не требует оборудования устойчивого к коррозии, давлению и нагреванию до высоких температур.

- Безопасность использования ферментов связана и с их способностью к биodeградации, что значительно снижает экологическую нагрузку на окружающую среду

- Специфичность действия и высокая эффективность ферментов позволяет получать целевые продукты с высоким выходом. Это позволяет значительно снизить затраты на выделение и очистку продукта и делает использование ферментов в промышленности экономически выгодным.

- Применение ферментов способствует сокращению расхода воды и энергии в технологических процессах, уменьшает выбросы в атмосферу CO₂ и снижает риск загрязнения окружающей среды побочными продуктами технологических циклов.

Применение ферментов в различных отраслях промышленности позволяет усовершенствовать производство и приблизить его к естественным процессам, происходящим в природе.

Особенно перспективным представляется применение ферментов, как катализаторов, в тонком органическом синтезе – при получении лекарственных, поверхностно-активных соединений, ароматических веществ и прочего. Однако широкому использованию ферментов на практике мешает то, что они приспособлены природой для функционирования прежде всего в водных растворах. Ферменты в нативных условиях осуществляют катализ в водной среде или на границе раздела фаз мембрана – водная среда. В то же время известно, что многие химические реакции термодинамически направлены в сторону желаемого продукта лишь в определенных органических растворителях. Это связано с тем, что многие важные реакции термодинамически возможны лишь в системах с малым содержанием воды или вообще в безводных средах, что определяется растворимостью компонентов реакции. Кроме того, многие реакции синтеза, например, полимеризация сахаров, нуклеотидов, аминокислот, реакции дегидратации, этерификации и др., являются обратимыми реакциями гидролиза и могут протекать лишь в системах с незначительным содержанием воды, поскольку в воде равновесие сдвинуто в сторону исходных соединений. Развитие методов химической энзимологии привело к тому, что ферментам стали доступны любые среды. В результате подбора условий проведения ферментативных процессов удалось добиться того, что химические реакции, катализируемые ферментами, могут быть осуществлены в органических растворителях, в мицеллах, в твердых фазах, на границе раздела фаз металл – раствор электролита [1–4].

Особый интерес представляет возможность осуществления ферментативных реакций в органических растворителях. Этот прием расширяет возможности биохимических методов анализа способствуя высокочувствительному, селективному и экспрессному определению нерастворимых или ограниченно растворимых в воде субстратов и эффекторов ферментов непосредственно в водно-органическом, неводном растворе пробы или органическом экстракте (без удаления экстрагента). Также высок интерес к ферментативным реакциям в неводных средах со стороны органиков-синтетиков, поскольку позволяет синтезировать новые связи, которые в воде полностью расщепляются главным образом по причине термодинамически выгодной ионизации продуктов. Кроме того, технологическая целесообразность использования ферментов может быть значительно улучшена за счет их использования не в естественных водных реакционных средах, а в органических растворителях.

Исследования, проведенные за последние годы, показывают, что изменение вида растворителя не только возможно, но во многих случаях, ферменты в органических средах становятся более стабильными и проявляют новое поведение, такое как «молекулярная память». Особое значение имеет открытие того, что растворитель может заметно влиять на ферментативную селективность, включая субстратную, стерео-, регио- и хемоселективность, а иногда даже изменять ее.

Проведение биокатализа в неводных растворах и средах с малым содержанием воды позволяет заметно расширить возможности энзиматического катализа и имеет целый ряд преимуществ:

- метод позволяет преобразовывать и анализировать нерастворимые в воде субстраты, в том числе, неполярные реагенты;
- использование маловодных и безводных сред позволяет осуществлять реакции, идущие с выделением воды, то есть сдвигать термодинамические равновесия в сторону конденсации;
- метод улучшает метрологические характеристики уже разработанных методик;
- при использовании органических растворителей улучшается селективность определения биологически активных веществ за счет эффекта концентрирования.
- метод позволяет в органической среде снижать влияние или нивелировать побочные реакции, протекающие в водном растворе с участием как субстрата, так и продукта реакции;
- в органических средах часто наблюдается повышение и/или изменение термостабильности ферментов, что позволяет проводить реакции при повышенных или пониженных температурах. Например, при проведении гидролиза осветленного соевого масла микробные липазы, из бактерий р. *Pseudomonas* обладали термостабильностью в диапазоне температур 30-70 °C;
- при использовании органических растворителей возможна иммобилизация водорастворимого фермента путем его адсорбции на непористом носителе, по-

скольку десорбция с поверхности носителя в неводных средах затруднена. А в некоторых случаях возможен отказ от иммобилизации, так как большинство ферментов нерастворимы в органических растворителях, особенно неполярных, и при помещении в эти растворители ведут себя как иммобилизованные;

- в ряде случаев в неводных средах изменяется специфичность ферментов, том числе субстратная, регио-, стерео- и хемоселективность;

- применение неводных сред уменьшает или предотвращает негативное влияние бактерий на биокатализатор.

Использование ферментов в средах с низким содержанием воды не противоречит природе. Многие ферменты, включая липазы, эстеразы, дегидрогеназы и оксидоредуктазы, часто функционируют в клетках в гидрофобном окружении.

Для реализации ферментативных реакций в неводных средах наиболее часто используют неполярные органические растворители. Процесс осуществляют с применением микрогетерогенных систем (чаще всего мицеллярных) и макрогетерогенных систем.

Мицеллярные системы характеризуются развитой поверхностью раздела фаз, высокой стабильностью и, достаточно часто, повышенной активностью фермента, возможностью осуществлять широкий спектр реакций и другими преимуществами.

Микрогетерогенные системы подразделяются на системы жидкость:жидкость и системы жидкость:твердая фаза. В системе жидкость:жидкость фермент либо растворен в воде (объем которой не превышает 1-2%), а субстраты и, часто продукты реакции находятся в неполярном органическом растворителе. А в системе жидкость:твердая фаза фермент в сухом или иммобилизованном виде вносится в неполярный органический растворитель. Так как фермент, нерастворим в растворителе, продукт реакции не загрязняется им. Этот подход позволяет значительно упростить отделение фермента от реакционной среды и использовать фермент многократно.

На сегодняшний день изучено поведение нескольких десятков ферментов различных классов в системах с органическим растворителем. Но, несмотря на существующие разработки по применению в промышленном масштабе различных ферментативных процессов в органических средах и реализация этих процессов в лабораторном и полупромышленном синтезе, к настоящему времени в промышленном масштабе реализованы в основном процессы, связанные с применением липолитических ферментов для получения самых разнообразных соединений [1, 5].

Липолитические ферменты в неводных средах широко применяют как для гидролиза и переэтерификации различных масел и жиров, а также других гидрофобных субстратов, например, синтетических полимеров, так и для синтеза разнообразных соединений – душистых веществ, моно- и диглицеридов, воскоподобных соединений, поверхностно-активных веществ и многих других ценных продуктов.

Список литературы

- 1 Gamayurova V. S. Lipases in Esterification Reactions: A Review/ V. S. Gamayurova, M. E. Zinov'eva, K. L. Shnaider, G. A. Davletshina // *Catalysis in Industry*. – 2021. – Vol. 13.- No. 1.- P. 58–72.
- 2 Burek B.O. Process Intensification as Game Changer in Enzyme Catalysis / B.O. Burek, A.W.H. Dawood, F. Hollmann, A. Liese and D. Holtmann // *Front. Catal.* – 2022. – V.2.- P.1-18 doi: 10.3389/fctls.2022.858706
- 3 Wang S. Enzyme Stability and Activity in Non-Aqueous Reaction Systems: A Mini Review./ S. Wang , X. Meng. H. Zhou, Y. Liu; F. Secundo // *Catalysts*. – 2016. – № 6. P. 32. <https://doi.org/10.3390/catal6020032>
- 4 Lousa D. A molecular perspective on nonaqueous biocatalysis: Contributions from simulation studies/ D. Lousa, A.M. Baptista, C.M. Soares // *Phys. Chem. Chem. Phys.* – 2013. – № 15. P.13723–13736.
- 5 Kamal M.Z. Lipase in aqueous-polar organic solvents: Activity, structure, and stability/ M.Z. Kamal, P. Yedavalli, M.V. Deshmukh, M.V, N.M. Rao // *Protein Sci.* – 2013. – № 22. – P.904–915.

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ВТОРИЧНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ

А. В. Куликов

АО «Нэфис Косметикс», Казань, Россия
Akulikov@nefco.ru

Аннотация. Рассмотрены источники отходов растительного сырья масложировой промышленности. Показана перспективность, необходимость вторичной переработки отходов подсолнечника. Предложены пути переработки.

Ключевые слова. Растительное сырьё, отходы масложировой промышленности, лузга, шрот подсолнечника

CURRENT TASKS FOR COMPLEX PROCESSING OF SECONDARY PLANT RAW MATERIALS AND WASTE WITH PRODUCTION OF VALUABLE PRODUCTS

A. V. Kulikov

Nefis Cosmetics, Kazan, Russia

Abstract. Sources of vegetable raw materials waste from oil and fat industry are considered. The perspective, the need for secondary processing of sunflower waste is shown. Processing routes are laid down.

Keywords. Vegetable raw materials, wastes of oil and fat industry, husks, sunflower extraction cake

В Российском агропромышленном комплексе масложировая промышленность по праву занимает ведущее место. В настоящее время в Российской Федерации активно перерабатывают семена подсолнечника порядка двухсот маслозаводов. Казанский маслоэкстракционный завод входящий в группу компаний «Нэфис» в сутки перерабатывает 3'100 тонн подсолнечника и достойно занимает своё место в десятке крупных переработчиков.

Самым объёмным видом отходов переработки являются отходы очистки семян - лузга, которой ежегодно в России образуется более 2 млн. т. Вторым по объёму отходом являются отработанные отбелные глины до 70,0 тыс. т в год, затем фильтровальные порошки до 9,0 тыс. т в год. В Российской Федерации посевные площади основных масличных культур ежегодно увеличиваются, соответственно возрастает валовой сбор и количество отходов. Несмотря на такие колоссальные объёмы отходов, в настоящее время отсутствуют эффективные технологии комплексной переработки такого сырья. Если сейчас практически весь объём отходов вывозится на полигоны ТБО, то с увеличением сбора данной

культуры полигоны имеют перспективу быть полностью заполненными. Поэтому обезвреживание и утилизация отходов масложировых предприятий является актуальной задачей для научного и производственного мира Российской Федерации [1–6].

По федеральному классификационному каталогу отходы очистки семян подсолнечника, относятся к 3 классу опасности, а отработанная отбеленная глина и отработанный фильтровальный порошок к 4 классу опасности. Данный вид отходов утилизируют по цене от 1500 руб./т, затраты предприятия на временное складирование и погрузку составляет ещё 1000 руб./т.

Отработанная отбеленная глина — это сорбент с развитой поверхностью для удаления красящих веществ из подсолнечного масла для придания ему прозрачности. Все производства, к сожалению, стараются как можно быстрее избавиться от отработанных грунтов, так как они способны самовозгораться при контакте с воздухом. В отработанной отбеленной глине содержатся токоферолы, стеролы, свободные жирные кислоты, хлорофиллы и каротиноиды. Это ценное сырьё практически для всех производственных отраслей включая пищевую и химическую.

Фильтровальный порошок также сорбент, порошок перлита, на котором осаждается растительный воск в процессе винтеризации масла. Воск интересен как компонент для косметических процедур, ингредиент гидрофобизирующих составов и т.д.

Лузга подсолнечника легковесный отход, насыпная плотность 350 кг/м³, его сложно грузить и перевозить, все производства рассматривают это вид отхода не более как источник тепла с удельной теплоотдачей 17000-19000 кДж на килограмм. Но я призываю рассматривать его как доступный, собранный в одном месте источник сахаров C5 -C6 и лигнина. Посредством гидролиза лузга может превратиться кормовую базу молочнокислого и лимоннокислого брожения или для дрожжей. Лигнин может найти своё применение в резольных и новолачных смолах как заменитель фенола.

Соапсток массовый отход этапа рафинации, участка щелочного омыления высших жирных кислот, которые сформировались в процессе распада нейтральных жиров. Примерно в пересчёте на жир 150 тыс. т соапстока за год не находят достаточно эффективного применения, только небольшая часть после обработки используется в мыловарении и при производстве товарных жирных кислот. Соапсток содержит высшие жирные кислоты, нейтральные жиры, мыла, глицерин. Соапсток выходит с производства с низкой концентрацией в пересчёте на жир примерно 7 – 10%. Для транспортировки на стороннюю переработку в такой низкой концентрации данный отход не удобен, поэтому соапсток уплотняют до минимума 35% методом статичного отстоя и занимают большое количество емкостного парка. Актуальной задачей переработки данного вида отхода является создание технологии разделения соапстока на фракции и получение из этих фракций, например, высшие жирные кислоты и глицерин. Перспективы применения высших жирных кислот чрезвычайно широкие, цена ВЖК в соапстоке не превышает 10 рублей, а в товарном продукте от 95 руб до 165 руб.

Очень перспективное направление требует научную и практическую реализацию это сухая изоляция белка из шрота подсолнечника посредством пневмосепарации. Технология переработки подсолнечника предусматривает снятия с ядра не всей лузги, а частичное её оставление для формирования при последующем прессовании, каналов эвакуации масла из мятки [7–10]. Именно эта часть оставленной лузги является антипитательным компонентом, который не позволяет использовать такой питательный продукт на корм, например, курам и рыбам. Количество белка в шроте составляет величину от 38-42%. Соответственно повышение доли белка и снижение количества антипитательных веществ позволит расширить сферу применения, пищевую ценности и стоимость подсолнечного шрота.

Список литературы

1. Технология отрасли (Производство растительных масел): учебник / Л.А. Мхитарьянц, Е.П. Корнена, Е.В. Мартовщук, С.К. Мустафаев; под общей редакцией Е.П. Корненой – СПб: ГИОРД, 2009. – 352 с.
2. Федеральный классификационный каталог отходов : [утв. приказом Росприроднадзора № 242 от 22.05.2017 г. : в ред. от 29.03.2021 г.]. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : справ.-правовая система. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_218071/3d063ec1103c03931fe1e4c4f3eb9382b9fd7db4/
3. Обзор рынка зерновых и масличных культур. – Текст: электронный // ГКУ КК «Кубанский сельскохозяйственный информационноконсультационный центр: [офиц.сайт]. – Краснодар. - URL: <http://www.kaicc.ru/zernovye-i-maslichnye/rossiyskiy-gynok-zernovyyh-i>.
4. Валовой сбор сельскохозяйственных культур в сельскохозяйственных организациях. – Текст: электронный //Федеральная служба государственной статистики (Росстат): [офиц. сайт]. – Москва, 2022. - 119 URL:https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Tnv9Sv99/val_2.xls
5. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. – Текст: электронный //Правительство Российской Федерации : [офиц. сайт]. – Москва. – URL: Режим доступа: <http://government.ru/rugovclassifier/815/events/>
6. ТОП-10 холдингов России по переработке семян подсолнечника в 2022 году. - Текст: электронный // АПК-Информ
7. Вторичные ресурсы. Отработанные фильтрующий порошок и отбельные глины. – Текст : электронный // Библиотекарь. Ру : [сайт]. – URL:<http://www.bibliotekar.ru/vtorichnye-resursy/32.htm>
8. Полетаева, М.А. Утилизация отбельной глины при производстве растительных масел /М.А. Полетаева, Н.М. Сусоева // Ползуновский вестник. – 2014. - №3. - С. 249-251.
9. Гарбузова, Т.И. Изучение химического состава отходов очистки семян подсолнечника / Т.И. Гарбузова, С.И. Данильчук, С.Ю. Ксандопуло // Масложировая промышленность. – 1979. – №9. – С. 21-23
10. Арутюнян, Н.С. Рафинация масел и жиров: теоретические основы, практика, технология, оборудование: учебник / Н.С. Арутюнян, Е.П. Корнена, В.А. Нестерова. – СПб.: ГИОРД, 2004.

ПОЛУЧЕНИЕ БИОТОПЛИВА ИЗ БИОМАССЫ И ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ОЖИЖЕНИЯ

Ю. В. Куликова, Н. И. Орлов, О. О. Бабич, В. Н. Коротаев

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени И.Канта»,
г. Калининград, Россия, kulikova.pnpu@gmail.com

Аннотация: *Описан принцип, условия проведения и преимущества процесса гидротермального ожижения. Представлены результаты получения топлив из различных видов биомассы, в т.ч. проведено сравнение результативности процесса и получены данные о составе биотоплив.*

Ключевые слова: гидротермальное ожижение, биотопливо, биомасса, органические отходы.

PRODUCTION OF BIOFUEL FROM BIOMASS AND ORGANIC WASTE BY HYDROTHERMAL LIQUIFICATION TECHNOLOGY

Y. V. Kulikova, N. I. Orlov, O. O. Babich

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Immanuel Kant
Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia, kulikova.pnpu@gmail.com

Abstract: *The principle, conditions and advantages of the hydrothermal liquefaction process are described. The results of obtaining fuels from various types of biomass are presented, incl. a comparison of the effectiveness of the process was carried out and data on the composition of biofuels were obtained.*

Keywords: *hydrothermal liquefaction, biofuel, biomass, organic waste.*

В связи с развитием биоэкономики большую актуальность приобретают технологии переработки биомассы с получением ценных продуктов. Одним из традиционных направлений переработки биомассы можно считать получение различных видов биотоплива: биоугля, жидкого топлива, биогаза и биоводорода. Наиболее удобным видом топлива можно считать бинефть, т.к. для ее дальнейшего включения в хозяйственный оборот не требуется создание специализированной инфраструктуры – бионефть может быть включена в поток природной нефти, заменив до 20% ископаемых ресурсов [1].

Основной проблемой переработки органических отходов и биомассы в жидкое топливо традиционными термическими методами является их высокая влажность. Для реализации процесса пиролиза с получением жидкого топлива требуется снижение влажности исходной биомассы до уровня не более 15-20%.

В связи с этим гидротермальные методы представляют собой группу технологий, показавших высокую перспективность переработки влажных органических отходов с одновременным получением топлив. Влага биомассы в данных технологиях используется в качестве реакционной среды при гидротермальной

конверсии [2]. Вода действует как растворитель и источник радикалов для обработки осадков сточных вод по мере повышения температуры и давления [3] Процесс проводится при температуре 260-320⁰С и давлении 2-10 МПа.

Гидротермальное сжижение шлама становится популярной темой научных исследований, однако реализация процесса в промышленных масштабах ограничена большой изменчивостью состава биомассы и органических отходов, а также дороговизной установок для реализации процесса. Очевидным путем повышения экономической целесообразности процесса является увеличение выхода топлива, что может быть достигнуто за счет оптимизации условий процесса и использования катализаторов.

Настоящее исследование направлено на оценку перспективности использования различных видов биомассы для получения органического топлива.

Для реализации процесса НТЛ использовался автоклавный реактор с магнитной мешалкой и внешним электрическим обогревом (Eartha Zhang's, КНР). Температура колебалась от 240⁰ С до 280⁰ С. Давление формировалось в результате нагрева за счет изохорного процесса. Блок оснащен манометром и термопарой.

По окончании процесса реактор охлаждали холодной водой до комнатной температуры. Угольный остаток отделяли от водной/нефтяной фазы на бумажном фильтре. Нефтяную фракцию подвергали экстракции дихлорметаном. Дихлорметановую фазу с экстрагированным маслом отделяли от водной фазы с помощью делительной воронки. Отгонку растворителя проводили с помощью роторного вакуумного испарителя при 40⁰С и вакууме 0,760 бар. Уголь, оставшийся на фильтре, сушили при 104⁰С в сушильном шкафу до постоянной массы. Результаты выхода биотоплива с использованием различных видов биомассы представлено на рис. 1.

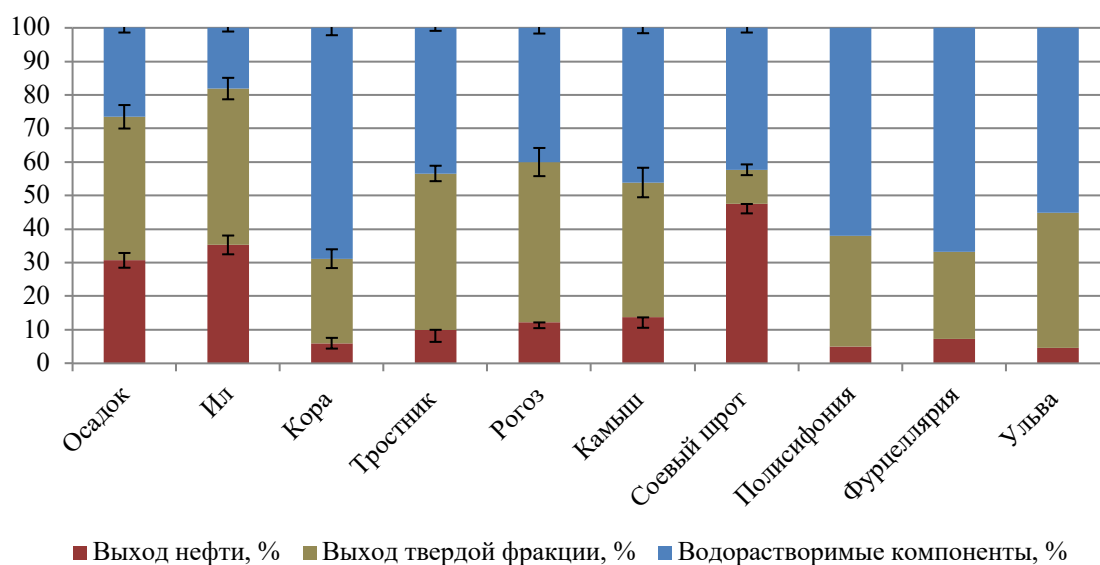


Рис. 1. Выход топлива при использовании различных типов биомассы и органических отходов в качестве сырья

На основании представленных данных можно сделать выводы, что максимальный выход топлива наблюдался при переработке соевого шрота и осадков сточных вод и активного ила, что связано с высоким содержанием жиров и белков в составе данного типа биомассы. При этом минимальный выход наблюдался при переработке растительной биомассы, богатой целлюлозой.

Как известно процессы деструкции целлюлозы в процессе гидротермального охижения приводят к образованию водорастворимых органических веществ, которые накапливаются в водной фазе (сточной воде) [4]. Данный факт позволяет сделать выводы о перспективности переработки целлюлозных отходов и биомассы с получением жидкого топлива иными методами, например, путем комбинирования химической предобработки с последующим сбраживанием и получением биоэтанола.

Процесс гидротермального охижения с успехом может применяться для переработки отходов пищевой промышленности и осадков сточных вод. Применение оптимальных условий подбор правильных каталитических систем может обеспечить увеличение выхода топлива до 35%.

Список литературы

1. Birner, Regina. Bioeconomy Concepts. Bioeconomy, 2017, pp. 17–38., https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8_3.
2. Kulikova, Y., Sukhikh, S., Ivanova, S., Babich, O., & Sliusar, N. (2022). Review of Studies on Joint Recovery of Macroalgae and Marine Debris by Hydrothermal Liquefaction. *Applied Sciences*, 12(2), 569. <https://doi.org/10.3390/app12020569>
3. Basar, I., Liu, H., Carrere, H., Trably, E., Eskicioglu, C. (2021). A review on key design and operational parameters to optimize and develop hydrothermal liquefaction of biomass for biorefinery applications. *Green Chemistry*, 23(4), 1404-1446. <https://doi.org/10.1039/d0gc04092d>
4. Kulikova, Y.; Krasnovskikh, M.; Sliusar, N.; Orlov, N.; Babich, O. Analysis and Comparison of Bio-Oils Obtained by Hydrothermal Liquefaction of Organic Waste. *Sustainability* **2023**, *15*, 980. <https://doi.org/10.3390/su15020980>

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

В. И. Курашов

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
v.kurashov@mail.ru

Аннотация. *Современные естествознание и техника демонстрируют взаимобусловленность знаний в области биотехнологии. Исходя из этого, следует рассматривать историко-логический процесс становления биотехнологии как междисциплинарной научно-прикладной области знания. Проведен анализ принципов, методов и инструментальных средств, составляющих основы научной и инженерной деятельности в области биотехнологии и смежных областях. Рассмотрено функционирование в биотехнологии общенаучных познавательных принципов и подходов: дополнительности, соответствия, фальсификации, редукции и контрредукции, целостного подхода, системного подхода, методов моделирования. Рассмотрена система экспериментальных инструментальных методов, применяемых в биотехнологических исследованиях.*

Ключевые слова: *биотехнология, взаимодействие наук, познавательные принципы, инструментальные методы, тенденции развития*

Abstract. *Modern natural science and technology demonstrate the mutual agreement of knowledge in the field of biotechnology. Based on this, the historical and logical process of the formation of biotechnology as an interdisciplinary scientific and applied field of knowledge should be considered. An analysis of the principles, methods and tools that form the basis of scientific and engineering activities in the field of biotechnology and related fields was carried out. The functioning of general scientific cognitive principles and approaches in biotechnology is considered: complementarity, conformity, falsification, reduction and counter-correction, holistic approach, system approach, modeling methods. The system of experimental instrumental methods used in biotechnological research is considered.*

Keywords: *biotechnology, interaction of sciences, cognitive principles, instrumental methods, development trends*

Введение

На основании анализа истории, современного состояния и разнообразных направлений биотехнологии приведу свое рабочее определение:

«Биотехнология – научно-прикладная область знания, отрасль технологии и промышленного производства, основывающаяся на использовании биологической активности природных или модифицированных методами селекции и генной инженерии живых организмов: животных, растений, микроорганизмов, клеточных культур, субклеточных надмолекулярных и молекулярных составляющих, а также иммобилизованных биомолекул и клеток – для получения продуктов потребления и социально значимых результатов».

К настоящему времени биотехнология сформировалась в особую учебно-научно-производственную систему, включающую учреждения по подготовке и переподготовке кадров, проведению специальных научных исследований и инженерно-технологических разработок, комплекс биотехнологических производств и систем очистки промышленных выбросов и окружающей среды биотехнологическими методами [1, 2].

В конце 20-го и в 21 веках биотехнология перешла на этап самосознания с выделением основных составляющих: предмета, методов, целей, языка и дисциплинарной организации, – т.е. перешла в область разработки собственной методологии.

Функционирование общенаучных и специальных методологических принципов в биотехнологии

Методология науки – это учение о методах познавательной деятельности и принципах формирования знаний.

Для понятия «методология технологии» можно дать, в свою очередь, следующее определение.

Методология технологии – это учение о методах получения продуктов с заданными свойствами и принципах инженерной организации операций в технологических процессах.

В субординации разделов методологического знания можно выделить три основных уровня: философский, философско-методологический, или общенаучный и специально-научный. В структуре научного знания это выглядит так: Философия как общая методология – Общенаучная методология – Специально-научная методология – Специально-научные теории – Модели – Систематизированный эмпирический материал – Экспериментальные факты.

Среди функционирующих в биотехнологии общенаучных познавательных методов можно выделить следующие:

- принцип соответствия – учение о преемственности теорий, согласно которому новая теория при некоторых условиях или в некоторых частных случаях должна соответствовать сменяемой теории;

- принцип дополнительности – учение о возможности наиболее полного познания объекта исследования не по пути создания единой теории, а во взаимодействии нескольких подходов, теорий, дисциплин;

- принцип редукции – возможность познания какого-либо объекта, системы, целостности через познание свойств составляющих его частей;

- принцип целостности – наличие свойств целостности, познаваемых в результате взаимодействия данной целостности с другими целостностями и несводимых к свойствам составляющих эту целостность частей;

- принцип контрредукции (сформулирован автором) – возможность наличия в какой-либо целостности высших (метацелостных) свойств, проявляющихся и познаваемых только при исследовании данной целостности в составе более высокоорганизованной целостности, системе;

- принцип верификации – всякая теория, претендующая на научность, должна быть подтверждаема;

- принцип фальсификации – всякая теория, претендующая на научность, должна быть представлена в такой форме, чтобы была потенциальная возможность ее опровержения;

- принцип эпистемологического анархизма – учение о возможности приближения к наиболее полному решению проблемы в результате привлечения самых разнообразных подходов без каких-либо критериев их предварительного отбора;

- принцип моделирования – познание через изучение идеальных и материальных конструкций, подобных в определенной степени познаваемому объекту;

- системный подход – выделение в исследуемом объекте многообразных типов связей, частей и элементов.

В дополнение к этому надо заметить, что автором сформулирована концепция новой общенаучной дисциплины «гносеодинамика», предметом которой являются проблемы междисциплинарной трансляции и трансформации научных знаний [4, с.85-91; 6, с.210-218].

В экспериментальных исследованиях объектов биотехнологии и смежных областей научно-технического знания возможно применение разнообразных инструментальных методов, что связано с особенностями объектов в этой области. Систематизация – одна из главных составляющих формирования научного знания. Здесь уже на уровне специальной методологии приведем в единую систему разнообразие экспериментальных методов исследования биомолекул, микроорганизмов, биохимических и микробиологических процессов.

1. Все молекулярные структуры имеют механические свойства, поэтому могут разделяться (ввиду различия центробежных сил и вязкого сопротивления) и идентифицироваться масс-спектрометром (по различию траекторий ионизированных молекул и их фрагментов, движущихся в электрических и магнитных полях);

2. В биохимических процессах может выделяться или поглощаться тепло, что позволяет проводить калориметрические измерения.

3. Молекулярные составляющие обладают теплоемкостью и теплопроводностью, что позволяет их исследовать методами теплофизики.

4. В биохимических процессах может происходить газовый обмен, что позволяет использовать метод пневматической химии.

5. Молекулярные составляющие имеют физико-химические свойства, дающие возможность разделения и анализа их смесей по распределению между фазами неподвижной и подвижной (элюент), проходящей через неподвижную, что является основой метода хроматографии.

6. Некоторые биологические объекты, например, бактериальные клетки, вирусы, биополимеры (нуклеиновые кислоты, белки), аминокислоты и витамины в жидкостях (гл. образом в воде) приобретают специфический положительный или отрицательный заряд и соответственно способность перемещаться в электрическом поле с различными скоростями. Это обуславливает применение метода электрофореза для их анализа, разделения и очистки (можно сказать, что методы хроматографии и электрофореза – близкие родственники).

7. Молекулярные составляющие могут взаимодействовать с электромагнитными волнами различных диапазонов. Отсюда возможно использование методов

на основе ЯМР (квантовые ядерные спиновые переходы); СВЧ (измерение дипольных моментов, нагрев); ЭПР (квантовые электронные спиновые переходы); ИК (межатомные колебания); видимая и УФ-спектроскопия (спектральные исследования электронных орбитальных переходов; определение концентрации частиц по светорассеянию); рентгеноструктурный анализ (дифракция рентгеновских лучей при прохождении через атомно-молекулярные структуры); электронная микроскопия (взаимодействие электронных пучков с микроструктурами в магнитных полях).

8. Разрыв химических связей молекулярных носителей генетической информации коротковолновым излучением: УФ, рентгеновскими лучами, γ -квантами, – при индуцированном мутагенезе. Также стерилизация сред этими же воздействиями.

9. Может происходить изменение веса (массы) — взвешивание, в том числе микровзвешивание.

10. Биомолекулы или компоненты живой клетки могут иметь электрический заряд и способность вступать в окислительно-восстановительные реакции, что позволяет проводить потенциометрические и вольт-амперометрические измерения.

11. В биохимических процессах может иметь место люминесценция и исследоваться оптическими спектральными методами.

12. Биохимические и микробиологические процессы протекают во времени – отсюда применение и модификация методов традиционной химической кинетики.

13. Биомолекулы и клетки могут образовывать связи с поверхностью твердых тел – отсюда применение сорбционных методов разделения и иммобилизации ферментов и клеток в биотехнологических процессах.

14. Молекулярные составляющие могут образовывать кристаллические формы или какие-либо организованные структуры, что позволяет применять методы рентгеноструктурного анализа (ставшего решающим при открытии двойной спирали ДНК).

Все перечисленные методы относятся преимущественно к физико-химическим методам исследований биообъектов. Надо сказать и о встречном движении – применении самих биообъектов в аналитических устройствах. Широкий спектр разнообразных методов создан в процессе развития технологии рекомбинантных ДНК, или генной инженерии (общие методологические проблемы в этой области рассмотрены, например, в [5]). Здесь же надо назвать различные применения биосенсоров, в том числе ферментный и иммуноферментный анализы.

Триада взаимосвязанных задачи биотехнологии

Два фактора определяют актуализацию биотехнологических исследований:

- социально-экономическая потребность на получение или переработку какого-либо продукта (социальный заказ);

- наличие принципиальных возможностей реализации данного социального заказа в технологическом процессе с участием биологически активных агентов (определяется современным уровнем базисных наук).

Сочетание этих двух факторов приводит к формированию основных задач биотехнологических исследований и разработок.

В становлении биотехнологии как на стадии научных лабораторных исследований, так и при их реализации в масштабах промышленной технологии всегда можно выделить триаду общей технологической задачи [3; 7, с. 40-41]. При формировании триады биотехнологическая цель, или конечный результат, обуславливает использование наук и технологий необходимых для достижения конечного результата.

- 1) объект биологически активной переработки – ОБАП;
- 2) биологически активный агент, определяющий основную стадию переработки – БАА;
- 3) конечный результат (чаще всего продукт) – КР

Эта триада ОБАП – БАА – КР чаще всего представляет «субстрат – продукт – целевой продукт».

Для понимания сути биотехнологических исследований важно понять, что после этапа конкретизации и обогащения содержанием составляющих названной «триады» должен следовать этап разработки собственно технологии и инженерно-аппаратурного ее оформления. Проблемы технологии и инженерии на всех этапах играют ориентирующую и регулирующую роль – исследователи и организаторы работы должны знать технологические и инженерные проблемы для того, чтобы научные решения были приемлемы для их практической реализации.

Заключение

Современные естествознание, технология и техника демонстрируют взаимообусловленность знаний в области биотехнологии. Исходя из этого, следует рассматривать историко-логический процесс становления биотехнологии как междисциплинарной научно-прикладной области знания. Важно анализировать в этом процессе взаимодействие математики, физики, химии, биологии, геологии, аграрных наук, собственно биотехнологии и химической технологии [7].

В заключение характеристики методологических проблем биотехнологии в историческом контексте взаимодействия естественнонаучных и технологических знаний прошу принять во внимание, что методология как эффективный инструмент не сводится к перечислению и иллюстрированию нескольких принципов. Полноценная методология – это все философско-методологические работы, относящиеся к биотехнологии и смежным областям научно-технического знания. Среди работ автора можно назвать недавние монографии [6–7].

Хочу поделиться личным наблюдением. В течение многих лет я веду занятия с аспирантами университетов и академических институтов Казани, среди них есть математики, физики, химики, биологи, медики и специалисты аграрных наук. С каждым годом темы исследовательских работ аспирантов, представляющих различные области естествознания, все более и более оказываются взаимосвязанными с медико-биологическими исследованиями и биотехнологией (в широком диапазоне от генной инженерии и фармакологии до аграрных наук). Этот факт новейшей истории науки, или науки наших дней, свидетельствует о том,

что проблема познания человека и его жизнеобеспечения становится центральной.

Список литературы

1. Биотехнология. Принципы и применение: Пер. с англ. / Под ред. И. Хиггинса, Д. Беста, и Дж. Джонса. М.: Мир, 1988. 480 с.
2. Шамин А.Н. Проблемы истории физико-химической биологии и биотехнологии // Вопросы истории естествознания и техники. – 1986, № 2. – С. 29-37.
3. Курашов В.И. Биотехнология: Методологические основы научных исследований и инженерно-технологических решений: Учеб. пособие. – Казань: Казанский гос. технол. ун-т., 1994. – 136 с.
4. Курашов В.И. Познание природы в интеллектуальных коллизиях научных знаний: Научная мысль России на пути в XXI век. М.: Наука, 1995. – 283 с.
5. Свердлов Е.Д. Взгляд на жизнь через окно генома: в 3 т. / Е.Д. Свердлов: Ин-т молекуляр. Генетики РАН. – М.: Наука, 2009 – Т. 2: Очерки современной молекулярной генетики. – 2019. – 495 с.
6. Курашов В.И. Познание природы во взаимодействии научных знаний. М.: «КДУ», «Университетская книга», 2021. – 354 с.
7. Курашов В.И. Методологические принципы биотехнологии. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2022. – 84 с.

Секция 1

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

TECHNOLOGY OF VEGAN SAUSAGES FROM PEA-SUNFLOWER MATERIAL

N. M. Labiba, G. G. Nianikova

Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University)
Saint Petersburg, Russia
nailamaziyalabiba@gmail.com

Abstract: Composing recipe and developing technology of preparation vegan sausage products from peas and sunflower seed by considering its nutritional value and serving size. Experimental samples of vegan sausage were prepared to determined its physicochemical and organoleptic characteristics.

Keywords: vegan sausage, protein pea isolate, sunflower seeds.

ТЕХНОЛОГИЯ ВЕГЕТАРИАНСКИХ КОЛБАСОК ИЗ ГОРОХОВО-ПОДСОЛНЕЧНОГО СЫРЬЯ

Н. М. Лабиба, Г. Г. Няникова

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), г. Санкт-Петербург, Россия
nailamaziyalabiba@gmail.com

Аннотация: Составлена рецептура и разработана технология приготовления веганских колбасных изделий из гороха и семян подсолнечника с учетом пищевой ценности и размера порции. Приготовлены экспериментальные образцы веганской колбасы и определены их физико-химические и органолептические характеристики.

Ключевые слова: веганская колбаса, белковый изолят гороха, семечки подсолнечника.

The popularity of plant-based food has increased in line with the growth of the vegetarian population, which has reached 1.5 billion people in the world over the past two decades [1]. One of the important plant-based foods for vegetarians are meat analogues as a protein substitute, which can be prepared from cereals, nuts and legumes (soy, peas, beans, chickpeas). Meat analogues are universal and possible in many forms, such as sausages, cutlets, nuggets and others.

Russia is known as the largest producer of dried nuts and legumes not only in Europe, but also around the world. In 2019, the Russian Federation produced 3.27 million tons of dried peas, and also reached the highest record for the production of sunflower seeds in 2021 - 16.7 million tons [2, 3]. However, both ingredients are not often and ineffectively used in Russian healthy food products.

The composition of pea protein contains a balanced set of amino acids and high protein digestibility is noted [4]. The characteristics of pea starch also had a positive effect on the texture of the food product, which can increase its consumer acceptability [5]. Sunflower seeds are known to be a source of useful unsaturated fatty acids (93.1%),

oleic acid (14.10%) and linoleic acid (50.32%) predominate [6]. The beneficial effect of sunflower seeds on human health is to maintain an optimal level of lipoproteins, which prevents the appearance of various diseases [7].

Thus, cooking vegan sausage from peas and sunflower seeds (flour and oil) can be a good option for meat analogues for vegetarians. Using a combination of these raw materials will ensure a balance of composition and nutritional value in vegan sausage.

The purpose of this study was to compile a recipe and develop a technology for preparing samples of vegan sausage, taking into account their nutritional value, as well as evaluating their organoleptic parameters and physicochemical properties, determining the serving size and shelf life.

Various versions of sausage products were prepared. The control sample of sausage was made from ground beef. The main ingredients of the experimental samples are: pea protein isolate, flour and sunflower seed oil, oat flour. Additional ingredients used in the control and experimental samples: chia seeds, onion, garlic, tomato paste, herbs and spices (smoked paprika powder, Italian seasoning, cumin, cayenne pepper, black pepper, salt and sugar).

In the technology of cooking vegetarian sausage, a method of cooking boiled meat sausage was used, with minor modifications.

The technological stages of cooking vegan sausage are as follows:

- 1) Mixing of three types of flour from vegetable raw materials;
- 2) Adding spices, seasonings, thickener and mixing them;
- 3) Cooling;
- 4) Formation of sausage loaves;
- 5) Wrapping;
- 6) Heat treatment;
- 7) Cooling;
- 8) Frying or baking;
- 9) Storage.

Sausages were prepared according to three recipes differing in the ratio of pea protein isolate and sunflower seed flour: P1 (4.5/1), P2 (1/1) and P3 (1/4.5). Ground beef sausage was prepared as a control sample (P0). The recipe of sausage samples is given in Table 1.

Table 1

Recipe of sausage samples				
Main Ingredients	Material weight, g			
	P0	P1	P2	P3
Minced meat	42,8	-	-	-
Pea Protein Isolate	-	35	21,4	7,8
Sunflower flour	-	7,8	21,4	35
Oat flour	12	12	12	12
Sunflower oil	10	10	10	10
Additional ingredients*	34,3	34,3	34,3	34,3

*) Note: Additional ingredients: chia seeds, onion, garlic, tomato paste, herbs and spices (smoked paprika powder, Italian seasoning, cumin, cayenne pepper, black pepper, salt and sugar).

The recipe based on the calculation of the average minimum protein intake for the adult population of Russia, based on the Methodological Recommendations of MP 2.3.1.2432-08 "Norms of physiological energy and nutritional needs for various population groups of the Russian Federation" [8]. This indicator is 81.5 g of protein per day. According to the norms of *Rospotrebnadzor*, a vegetable-based sausage snack should satisfy at least 10% of the daily needs of the Russian population in energy and nutrients. Taking into account the denaturation of protein at the stage of heat treatment in the sausage making process [9], the minimum weight of the pea protein isolate used in the P1 formulation was determined, and it was 35 g.

Chemical composition (nutritional value) and caloric content (energy value) 100 g of control and experimental sausage samples were calculated based on the composition indicated on the packaging of raw materials purchased in the store, as well as based on data from literary sources. Also, the following physicochemical parameters were determined in the samples of vegan sausage and in the control: water-holding capacity (WHC); cooking yield, fat absorption capacity (FAC) and mass fraction of moisture.

Calculation of the nutritional value of vegan sausage and physicochemical properties are presented in Table 2.

According to the results of the physicochemical analysis, the samples of vegan sausage had a higher level of WHC compared to the control sausage. This is due to the higher protein content in vegan sausage. As is known, proteins are capable of swelling [10]. The FAC increases in the P1-P2-P3 series, which can be explained by the different content of vegetable protein. It is also known that sunflower and oatmeal contribute to water retention. It is also known [11] that the protein and fibre of peas, sunflower and oatmeal have the ability to bind water, which leads to an increase in the yield of the product during cooking.

Table 2

Qualitative indicators of sausage samples

Samples	P0	P1	P2	P3
Nutrition composition and energy value				
Protein, g	13,65	17,20	16,38	15,57
Fat, g	17,23	19,91	27,33	34,77
Carbohydrates, g	15,84	17,91	20,69	23,46
Dietary fiber, g	3,08	3,96	4,24	4,51
Energy value, kcal	276,74	279,67	293,99	308,32
Physicochemical properties				
WHC, %	6,23	14,01	19,20	33,20
Cooking yield, %	109	115	112	112
FAC, %	16,69	20,30	23,75	34,66
Mass fraction of moisture, %	70,57	38,25	33,11	40,70

*) Note: WHC - Water-Holding Capacity; FAC – Fat Absorption Capacity.

The moisture content in the samples of control (meat) sausage and vegan sausage correspond to GOST 52196-2003 [12, 13].

Taking into account the requirements of GOST R 52196-2003 "Boiled sausage products", the loaves were formed in the form of sausages with a length of 7 – 11 cm and a diameter of 1.6 – 2.4 cm. The experimental samples had a length from 7.47 to 8.73 cm and a diameter from 1.63 to 2.20 cm.

The sausage portion size was calculated taking into account the requirements for ensuring the need for energy and food components based on MP 2.3.1.2432-08 for adults, children and athletes [8]. The recommended serving size of vegetable-based sausage is: 6-7 pieces of sausage of 14.7 g for adults, 5-6 pieces for children and 7-8 pieces for athletes per day.

The experiment to assess the shelf life of the sausage was carried out by keeping them at two different temperatures: room temperature (20-22 °C) and household refrigerator (2-4 °C). All samples were stored in polypropylene plastic containers for 10 days. It is established that the sausage on a pea-sunflower basis has a longer shelf life than meat sausage. Recommended storage conditions – at refrigerator temperature for no more than 3 days.

An organoleptic test was used to determine the characteristics and acceptability of vegan sausage. 10 people took part in the tasting. The average result of the organoleptic test of the experimental samples was 15.06 ± 0.33 points, the control 14.26 ± 0.12 points, which means that the developed vegan sausages were positively received by the participants of the tasting test.

Thus, all formulations of the experimental vegan sausage met the requirements. When analysing consumer characteristics, the most important of them are the nutritional value (the content of proteins, fats and carbohydrates) and the energy value of the product. According to the ratio of these indicators, formula P1 was the closest to the control sample of meat. Formulations P2 and P3 were less balanced in terms of fat and carbohydrate content compared to the control group.

As a result of the work done, a sausage recipe based on pea protein isolate and sunflower seeds was proposed. The physicochemical characteristics of the experimental samples were determined, the nutritional value and optimal serving size were calculated, a tasting test was conducted, and the shelf life was estimated. The results obtained allow us to give an overall assessment of pea-sunflower vegan sausage as a high-quality product.

References

1. Meesters A.N.R. Vegetarian or vegan diet: stimulating or at risk to mental health / A.N.R. Meesters, Y. Meesters // IntechOpen. – 2022. – 7 p.
2. Rasskazova I. Field pea *Pisum Sativum* L. As a perspective ingredient for vegan foods / I. Rasskazova, A. Kirse-Ozolova // A review research for rural development. – 2020. – V.35. – P.125-131.
3. Nandha R. Therapeutic potential of sunflower seeds: an overview / R. Nandha, H. Singh, H. Grag S. Rani // International Journal of Research and Development in Pharmacy and Life Sciences. – 2014. – V.3. – P.967-972.
4. Tömösközi S. Isolation and study of the functional properties of pea proteins / S. Tömösközi, R. Lúszity, R. Haraszi, O. Baticz // Nahrung/Food. – 2021. – V.45. – P.399-401.
5. Simsek S. Starch characteristics of dry peas (*Pisum sativum* L.) grown in the USA / S. Simsek, M. Caglar, Y. Yao, B. Schatz // Food Chemistry. – 2009. – V.115. – P.832–838.

6. Petraru A. Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake. perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient / A. Petraru, F. Ursachi, S. Amariei // *Plants*. – 2021. – V.10. – P.13.
7. Adeleke B.S. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits / B.S. Adeleke, O.O. Babalola // *Food Science and Nutrition*. – 2020. – V.8. – P.4666–4684.
8. Роспотребнадзор : Официальные сайты управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. URL: <http://12.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 12.05.2022).
9. Messon J.L. Effect of globular pea proteins fractionation on their heat-induced aggregation and acid cold-set gelation / J.L.Messon, M.L. Chihi, N. Sok, R. Saurel // *Food Hydrocolloids*. – 2015. – V.46. – P.31-38.
10. Abd-Rabo E.A.A. Technological and biological studies on some meat products fortified with mushroom / E.A.A. Abd-Rabo // Ph.D. Thesis. Faculty of Home Economics, Mansoura University. – 2011. – P.67.
11. Shalaby M.T. Quality attributes of some sausage like-products / M.T. Shalaby, N. A. Hassan, M.M. El-Boraey // *Journal of Food and Dairy Science*. – 2015. – V.6. – P.79-85.
12. ГОСТ Р 52196-2003. Изделия колбасные вареные. Технические условия : национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2005-01-01. Изд. официальное. Москва : Стандартинформ, – 2003. – С.16.
13. Chin K.B. Product characteristics of comminuted sausages as affected by various fat and moisture combinations / K.B. Chin, H.L. Lee H.L. S.S. Chun // *Asian-Australian Journal of Animal and Sciences*. – 2004. – V.17. – P.538-542.

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Н. Аббазова, М. Н. Школьников

ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

abbazova@usue.ru

***Аннотация:** В статье рассмотрены ключевые тренды развития рынка здорового питания. В условиях сложной геополитической обстановки структура и модель потребительского поведения корректируется с учетом падения реальных доходов, высокой инфляции, роста цен на продовольственные товары.*

***Ключевые слова:** потребительский рынок, здоровое питание, поведение потребителей, органическая продукция, продукция на растительной основе*

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF THE MARKET OF HEALTHY FOOD IN THE SVERDLOVSK REGION

V. N. Abbazova, M. N. Shkolnikova

Ural State University of Economics

abbazova@usue.ru

***Abstract:** The article discusses the key trends in the development of the healthy food market. In the context of a difficult geopolitical situation, the structure and model of consumer behavior is being adjusted taking into account the fall in real incomes, high inflation, and rising food prices.*

***Keywords:** consumer market, healthy eating, consumer behavior, organic products, plant-based*

Одним из направлений Концепции государственной политики в области здорового питания является использование качественного и безопасного продовольственного сырья при разработке и производстве новых функциональных продуктов питания, с повышенной биологической ценностью [1].

В условиях сложной геополитической обстановки структура и модель потребительского поведения корректируется с учетом падения реальных доходов, высокой инфляции, роста цен на продовольственные товары.

По мнению аналитиков Nielsen IQ, каждый второй ритейлер занимается развитием категории здорового питания.

Рынок продуктов здорового питания условно можно разделить на 3 группы:

1. Функциональные продукты питания

К данной категории относятся продукты питания, состав которых обогащен витаминами, полезными добавками, направленными на улучшение показателей здоровья потребителей.

2. Диетические и диабетические продукты.

Продукты питания, предназначенные для соблюдения определенной диеты (по медицинским показателям). Продукция, в которой отсутствуют или снижено содержание легкоусвояемых углеводов относительно их содержания в аналогичной пищевой продукции.

3. Органические продукты

Сельскохозяйственная продукция и продукция пищевой промышленности, выращенная или изготовленная без применения искусственных ингредиентов.

Сфера торговли и услуг является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей в Свердловской области, а рынок розничной торговли является высококонкурентным. Для поддержания стабильного функционирования и дальнейшего развития рынка необходимо создавать условия для развития конкуренции на рынке, создавать логистическую инфраструктуру для организации торговли на розничных рынках и ярмарках, обеспечивать возможность приобрести продукцию в магазинах «шаговой доступности», «у дома» и т.д.

В связи со вступлением в силу закона об органической продукции на рынке открылись перспективы для производителей и ритейлеров. По данным Роскачества, в 2022 году число производителей органической продукции в РФ увеличилось на 46% (146 производителей на конец года). Доля органической продукции в РФ составляет менее 1% (сертифицировано более 1000 наименований продукции).

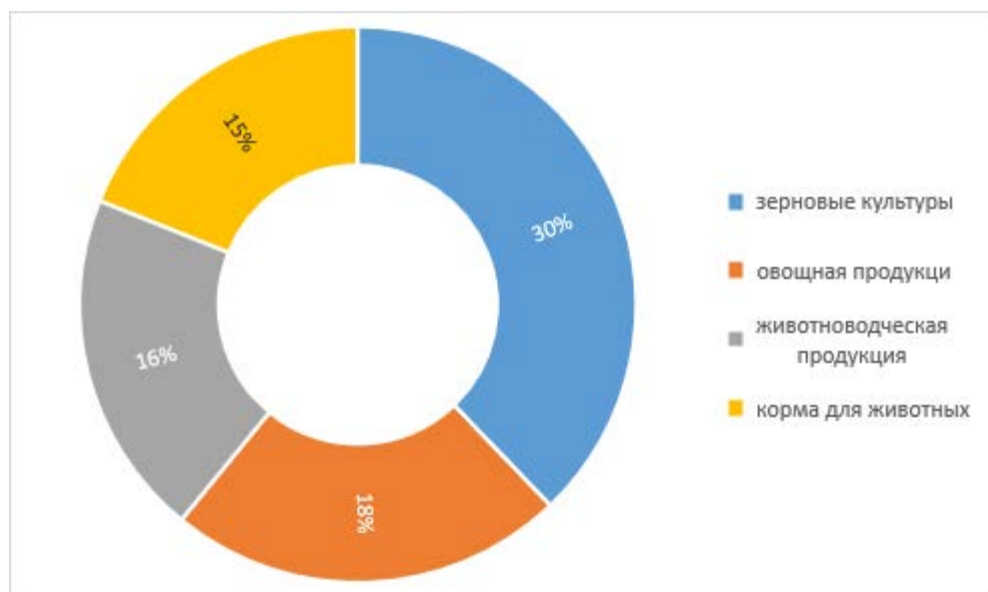


Рис. 1. Распределение производителей по видам органической продукции¹

Формирование у населения страны культуры здорового питания, включая достаточное потребление фруктов и овощей, повышение качества и безопасности пищевых продуктов – приоритетные направления развития потребительского рынка Свердловской области.

В Свердловской области зарегистрировано 2 предприятия-производителя органической продукции: ООО «Частные пасеки Берестова» (мед, сертификат

¹ <https://roskachestvo.gov.ru/news/chislo-proizvoditeley-organicheskoy-produktsii-za-2022-god-vyroslo-na-46/>

Роскачество) и ООО «НП ИСКРА» (ячмень, сертификат ООО «Органик эксперт»).

Одним из важнейших направлений деятельности агропромышленного комплекса региона является увеличение объемов производства и поиск путей повышения показателей качества и безопасности продукции сельского хозяйства и продуктов питания для обеспечения продовольственной безопасности региона. В 2022 году на поддержку сектора было выделено более 4 млрд рублей.

Санкционные ограничения, введенные в отношении РФ, задержки поставок импортного оборудования, доступность функциональных ингредиентов, используемых в пищевом производстве, корректировка состава продуктов, изменение рецептуры оказали влияние на производство функциональных продуктов питания.

Продолжающийся экономический кризис, последствия пандемии коронавирусной инфекции приводят к изменениям структуры рынка и появлению новых потребительских трендов (рис. 2).

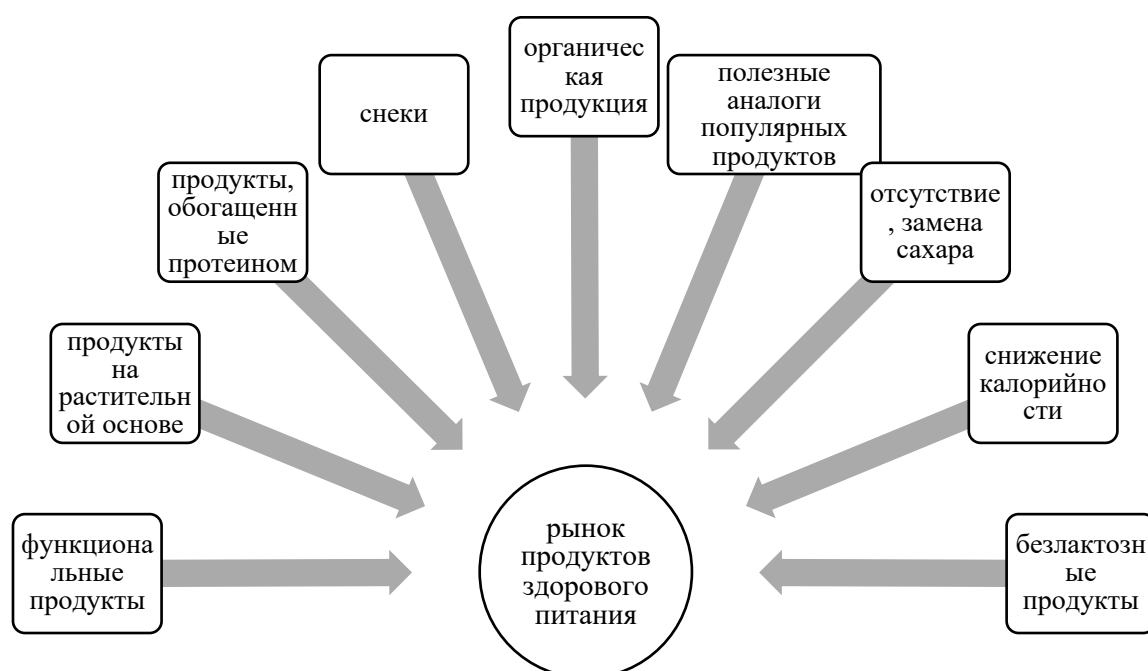


Рис. 2. Основные тренды на рынке продуктов здорового питания

Традиционные драйверы роста рынка – безлактозные и гипоаллергенные продукты. Среди трендов в здоровом питании отмечен спрос на продукты с натуральным составом, без содержания глютена и сахара, а также функциональные продукты с повышенным содержанием белка.

Один из трендов на рынке здорового питания в 2022 г. – рост спроса на сахарозаменители и увеличение объемов производства продукции без добавления белого рафинированного сахара. Данное направление остается актуальным и в 2023 г.

Повышенный потребительский спрос на продукцию на растительной основе позволяет компаниям расширять ассортимент выпускаемой продукции, наращивать объемы производства, на рынке появляются новые игроки.

Производители, ориентируясь на потребительские предпочтения, стремятся к минимальной калорийности своей продукции при производстве продуктов питания с пониженным содержанием жира, соли, сахара. Так, на рынке появилась продукция в формате одной порции, что позволяет потребителям легче отслеживать калорийность при подсчете своей дневной нормы. Такие продукты можно использовать как перекус или заменить один из приемов пищи. Например, суперфуды (растительный напиток с большим содержанием белка, с добавлением ингредиентов, повышающих выносливость) [2].

По результатам исследования питания, проведенного Роспотребнадзором совместно с исследовательским холдингом «Ромир», 79% населения положительно относятся к здоровому питанию. Исследование проведено в рамках проекта Роспотребнадзора «Здоровое питание». Потребители при выборе продуктов питания, составляющих рацион здорового питания, отдают предпочтение отечественным производителям. Факторы, на которые обращают внимание покупатели: цена, качество и состав.

По данным опроса Euromonitor International, проведенного г., доля потребителей, которые начали покупать товары местного производства, составила 28% [2].

Производство продукции с использованием растительных и альтернативных источников относится к числу современных тенденций на рынке пищевой продукции [3].

Потребитель при выборе продукции оценивает характеристики бренда, вкус, содержание нутриентов, наличие в составе необычных полезных компонентов, что в свою очередь, призывает производителя расширять ассортиментную линейку продуктов, разрабатывая новинки – йогурты, десерты, сыры, мороженое и т.д.

Большинство потребителей, проявляющих интерес к альтернативной продукции, готовы включить в свой рацион продукты на растительной основе, если будут уверены в их качестве и безопасности.

Список литературы

1. Соколенко Г.Г. Научное обоснование и разработка технологий функциональных продуктов питания на основе нативного и биомодифицированного пищевого сырья / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. Санкт-Петербург, 2015
2. Рынок напитков на растительной основе. (№ 4/2021) Свобода подразумевает выбор. URL: <https://foodmarket.spb.ru/archive/2021/996/3738/>
3. Апалькова Г.Д., Попова Н.В., Ликсунова А.Д. Подходы к формированию рынка пищевых продуктов нового формата // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. №4.

ВЛИЯНИЕ КУКУРУЗНОЙ МУКИ НА ПРОЦЕСС СОЗРЕВАНИЯ ПОЛУФАБРИКАТА В ТЕХНОЛОГИИ МЕЛКОШТУЧНОГО ИЗДЕЛИЯ

С. В. Борисова, А. Р. Валеева, С. Ф. Айзетов, Р. К. Даминов, О. А. Решетник

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
borsv13@yandex.ru

Аннотация: В данной работе изучается влияние нетрадиционного сырья для хлебопечения – кукурузной муки – на процесс созревания полуфабриката. Рассматривается влияние дозировки кукурузной муки на физико-химические показатели и затраты на брожение теста.

Ключевые слова: тесто, влажность, кислотность, затраты на брожение.

INFLUENCE OF CORN FLOUR ON THE PROCESS OF DOUGH MATURATION IN THE TECHNOLOGY OF SMALL PRODUCTS

S. V. Borisova, A. R. Valeeva, S. F. Aizetov, R. K. Dominov, O. A. Reshetnik

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: This paper discusses the influence of non-traditional raw materials for baking - corn flour - on the ripening process of the semi-finished product. The influence of the dosage of corn flour on the physical and chemical parameters and the cost of dough fermentation is considered.

Keywords: dough, moisture, acidity, dough fermentation loss.

Пшеничная мука высшего сорта – это самый распространенный вид муки, который можно найти в любом продуктовом магазине. Широкий ассортимент продукции вырабатывается с использованием пшеничной сортовой муки – это, конечно же, белый хлеб, батоны, булки, пирожные, торты, печенье и прочее.

Пшеничная мука содержит белковую фракцию – глютен, который позволяет придавать характерный объем хлебобулочной продукции, что предопределяет ее широкое использование. Однако, известны данные [1] о том, что глютен способен запускать патологические процессы в организме, вызывать различные аутоиммунные заболевания, последствия которых отражаются на всех органах и системах организма, провоцирует механизмы набора лишнего веса, заболевания желудочно-кишечного тракта, развитие преддиабетических состояний и самого диабета у людей с энзимопатической предрасположенностью.

К сожалению, полностью отказаться от пшеничной муки невозможно, так как изделия безглютеновые сложно получить мягкими, эластичными и с хорошим объемом; поэтому целесообразнее частично заменять пшеничную муку на

безглютеновые сорта муки и муки с низким содержанием данной белковой фракции.

В качестве частичной замены пшеничной муки можно использовать кукурузную муку.

Кукурузная мука еще интересна и тем, что содержит большое и разнообразное количество полезных веществ, включая витамины, минеральные и биологически активные вещества. Кукурузная мука содержит такие элементы, как кальций, калий, магний, железо, витамины РР, группы В, Е и значительное количество крахмала [2].

В связи с выше сказанным представлялось целесообразным исследовать возможность частичной замены пшеничной муки высшего сорта на кукурузную муку в количестве 15, 20, 25, 50, 75, 100 % при приготовлении теста безопарным способом влажностью 42 %. Задача исследования заключалась в оценке качества полуфабриката – теста и скорости его созревания. За базовую приняли рецептуру на булочку столичную. Тесто подвергали брожению до кислотности 2,5 град.

Было установлено, что водопоглотительная способность теста возрастала с увеличением содержания кукурузной муки. Следует отметить, что образцы полуфабриката, приготовленные только из кукурузной муки, сложно было сформировать в однородную массу. Так как известно, что водопоглотительная способность кукурузной муки в 1,3-1,4 раза выше, чем пшеничной, несмотря на то, что размеры частиц кукурузной муки крупнее (219 мкм) пшеничной [3].

В соответствии с нормативной документацией замешанное тесто подвергали брожению в течение 90-120 мин до достижения кислотности 2,5 град. Критерием окончания процесса брожения служили физико-химические (влажность и кислотность) и органолептические показатели – увеличение теста в объеме 1,5-2 раза, ярко выраженный спиртовой запах и сетчатая структура теста.

Тесто, содержащее 75 % кукурузной муки, поднималось плохо, поверхность его быстро подсыхала, появились трещины, усилилась крошковатость. Этот вариант был также исключен, как и вариант со 100 % заменой пшеничной на кукурузную муку.

На рисунке 1 приведены результаты исследований, связанные с изменением влажности теста. Внесение кукурузной муки способствовало повышению влажности теста. Это связано с тем, что с увеличением количества кукурузной муки в тесте, увеличивается водопоглотительная способность теста, видимо, из-за увеличения содержания крахмала в тесте [4].

На рисунке 2 приведены результаты исследований, связанные с нарастанием кислотности полуфабриката.

С увеличением количества кукурузной муки незначительно возрастала кислотность теста. Такая зависимость может быть связана с компонентным составом кукурузной муки – с содержанием фосфатов, ионов калия и магния, которые необходимы для нормального роста хлебопекарных дрожжей, используемых в качестве разрыхлителя теста.

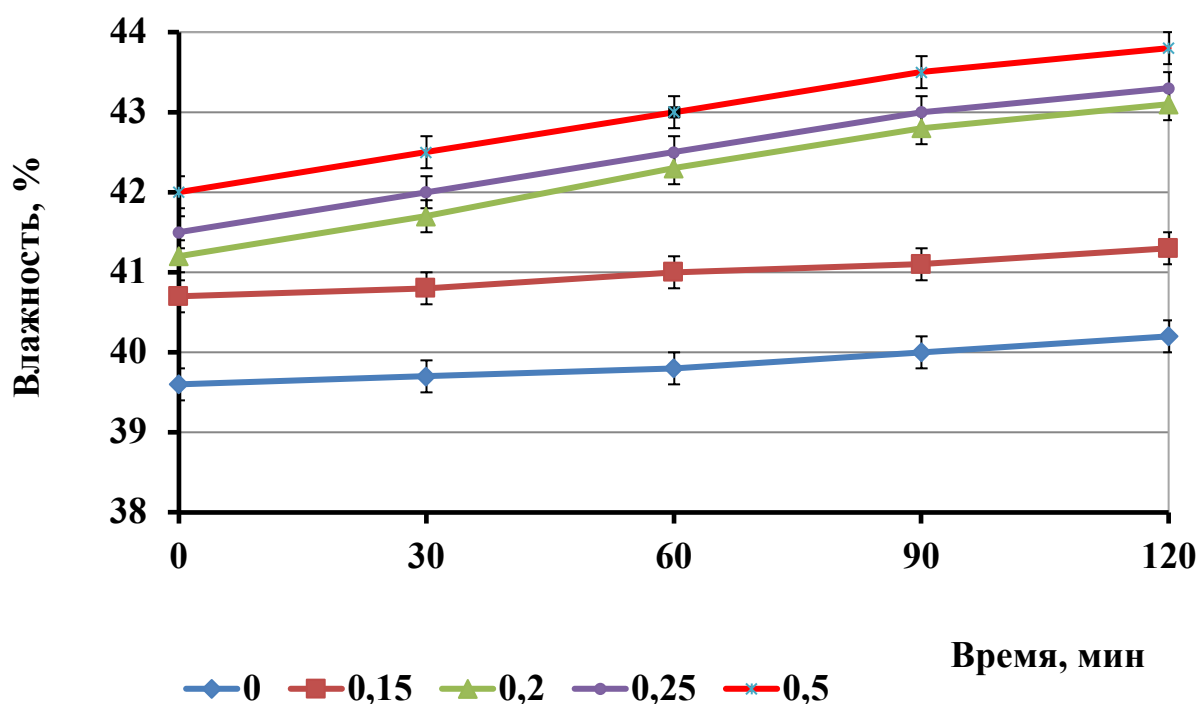


Рис. 1. Динамика изменения влажности теста в процессе брожения

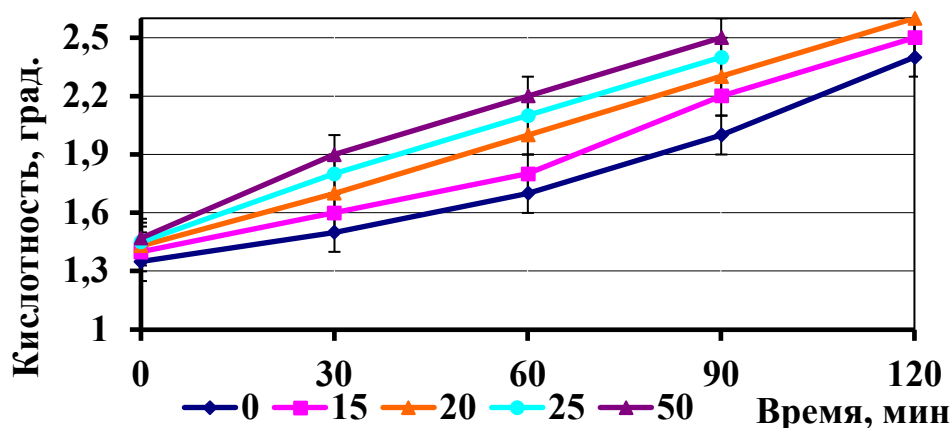


Рис. 2. Динамика кислотонакопления полуфабриката в процессе брожения

Кроме того, известно, что автолитическая активность, характеризующая активность амилазы, у кукурузной муки выше, чем у пшеничной; поэтому интенсификация процесса брожения теста может быть связана с повышенным содержанием водорастворимых углеводов в опытных образцах.

Таким образом, использование кукурузной муки позволило сократить процесс брожения теста. При этом у опытных образцов с 25 и 50 % содержанием кукурузной муки процесс брожения сокращался на 30 мин, у образцов с 20 % содержанием – на 20 мин и у образцов с 15 % содержанием – на 10 мин в сравнении с контрольными образцами теста.

Подтверждением полученных результатов являются данные по затратам на брожение теста, приведенные на рисунке 3.

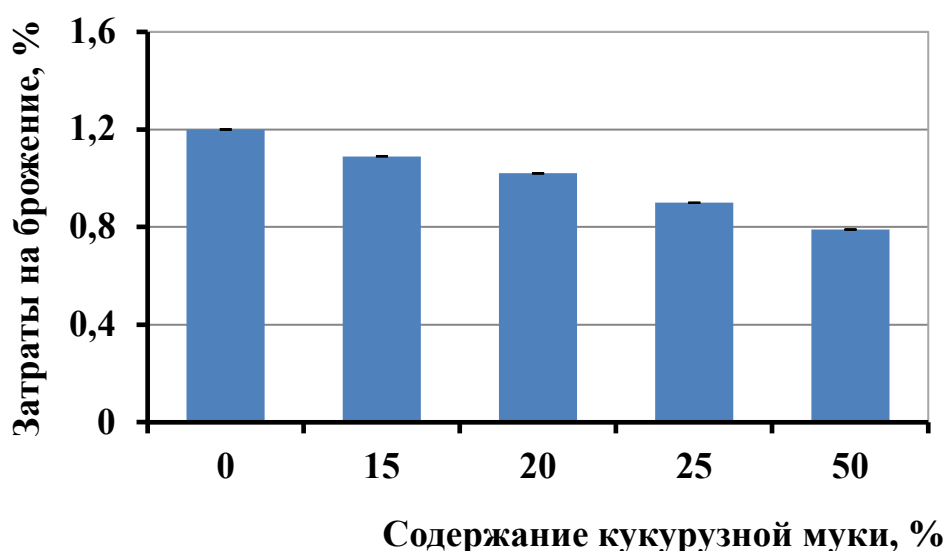


Рис. 3. Затраты на брожение теста в присутствии кукурузной муки

Затраты на брожение теста с увеличением содержания кукурузной муки в опытных образцах теста снижались в сравнении с контрольными образцами. Так у опытных образцов с заменой пшеничной муки на кукурузную в количестве 15, 20, 25 и 50 % затраты на брожение теста снижались на 9, 15, 25 и 34 % по отношению к контролю. Как показали исследования существует прямая зависимость между сокращением периода брожения теста и снижением затрат на его брожение.

На рисунке 4 приведены затраты на брожение теста при расстойке тестовых заготовок.

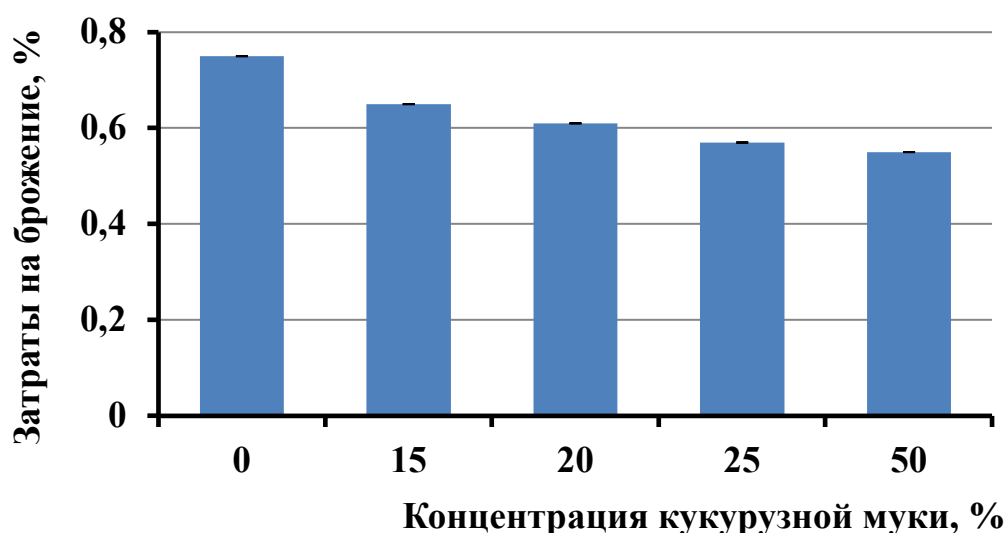


Рис. 4. Затраты на брожение теста в присутствии кукурузной муки при расстойке тестовых заготовок

Затраты на брожение тестовых заготовок с содержанием кукурузной муки в количестве 15, 20, 25 и 50 % снижались на 13, 17, 24 и 27 % по отношению к контролю.

Следует отметить, что с увеличением содержания кукурузной муки в количестве 15, 20, 25 и 50 % период расстойки незначительно увеличивался и составил, у контрольных тестовых заготовок 40 мин, а у опытных соответственно – 41, 42, 44 и 45 мин.

Это может быть связано, с одной стороны, с более высокой протеолитической активностью ферментов кукурузной муки и, как результат, – снижением газоудерживающей способности теста. С другой стороны, скорее всего снижение затрат на брожение при расстойке тестовых заготовок может быть связано с дефицитом низкомолекулярных водорастворимых сахаров из-за соотношения α - и β -амилаз в пользу α -амилазы. α -амилаза – это эндофермент, вызывающий гидролиз внутренних 1,4- α -гликозидных связей крахмала, что приводит к низкому содержанию мальтозы и высокому – водорастворимых декстринов, не утилизируемых дрожжами. Как результат – понижается интенсивность процесса брожения в тестовых заготовках, что отражается в удлинении периода расстойки [3].

Таким образом, установлено, что увеличение содержания кукурузной муки существенным образом влияет на влажность и длительность созревания полуфабриката.

Список литературы

1. Domínguez Díaz, L. An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling / L. Domínguez Díaz, V. Fernández-Ruiz, M. Cámara // Journal of Functional Foods. – 2020. – N 68. – P. 103896. – URL: www.my-personal.health.
2. Кукурузная мука – калорийность и свойства. Состав и польза кукурузной муки. – URL: <http://findfood.ru/product/kukuruznaja-muka>.
3. Биохимия зерна и продуктов его переработки : Учебное пособие / С. В. Борисова, Т. А. Ямашев, М. М. Богова, З. Ш. Мингалеева, О. А. Решетник // Казань: Изд-во КНИТУ, 2016 – 100 с.
4. Биохимия зерна и хлебопродуктов : Учебное пособие / Е. Д. Казаков, Г. П. Карпиленко. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 512 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СНЕКОВ ИЗ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

М. В. Денисова, Н. А. Киселева

СамГТУ «Самарский государственный технический университет»,
г.Самара, Россия
md_x2@gmail.com

Аннотация: Проведена апробация различных рецептур снеков из семян подсолнечника. В результате эксперимента выявлена оптимальная рецептура на основе муки, семян подсолнечника, крахмала, сахарной пудры и воды.

Ключевые слова: снеки, семена подсолнечника, мучные кондитерские изделия, разработка.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING SNACKS FROM SUNFLOWER SEEDS

M. V. Denisova, N. A. Kiseleva

Samara State Technical University, Samara, Russia

Abstract: *Approbation of various formulations of snacks from sunflower seeds have been carried out. As a result of the experiment, the optimal recipe based on flour, sunflower seeds, starch, powdered sugar and water was revealed.*

Keywords: *snacks, sunflower seeds, flour confectionery products, development.*

Полноценное полезное питание населения обуславливается темпом жизни и широким ассортиментом на прилавках. Продукты должны обладать натуральным, ценным составом и быстро утолять голод. Снеки – лёгкий перекус, который позволяет утолить голод между основными приемами пищи.

Самарская область является одним из лидеров Поволжья по производству и переработке подсолнечника, подсолнечного масла и продуктов из семян подсолнечника (халвы, козинаков, семечек в глазури) [1]. Разработка снеков на основе семян подсолнечника актуальна в нашем регионе благодаря доступному сырью, а также простоте технологии, высокой окупаемости и натуральности состава. В ядрах подсолнуха содержатся витамины группы А, В, Е, D, РР; макро- и микроэлементы: цинк, селен, магний, калий, марганец, медь, фосфор, железо. Кукурузный крахмал, полисахарид, используемый в качестве связующего компонента – содержит насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, пищевые волокна, витамин РР, фосфор, калий, натрий, магний, кальций и др [2]. В последние годы снековая продукция пользуется большим спросом.

Понятие «снеки» появилось в России в 90-е годы. За рубежом первые снеки были известны ещё в 1937 году, произведённые компаниями «Frito-lay» и

«Procter & Gamble». Интересно, что до 1998 года единственными снеками на территории России были чипсы и крекер. Только после августовского экономического кризиса 1998 года в нашей стране и странах СНГ начали появляться новые продукты калорийного питания, разработанные на основе мяса, сыра и шоколада, а также рыбные снеки [3]. На данный момент ассортимент снеков на прилавках представлен в том числе злаковыми и зерновыми батончиками, мюсли с сушеными ягодами.

Встречаются снеки диетические – низкокалорийные продукты, предназначенные для употребления при соблюдении диеты для снижения веса. Детские снеки – это перекус для детей, в котором не содержатся генетически модифицированные компоненты и консерванты. Спортивные снеки – протеиновые батончики с высоким содержанием протеина и минимальным содержанием углеводов. Такие снеки имеют сбалансированный минеральный и витаминный состав, позволяют повысить уровень белка в организме для дальнейшего наращивания мышечной массы. Широко распространено понятие «снеки к пиву» – лёгкая в исполнении закуска, подаваемая к выпивке.

Потенциальными потребителями снеков из семян подсолнечника являются люди различной возрастной категории, проводящую большую часть времени в пути и на работе, которым необходимо восполнить силы в небольшие перерывы.

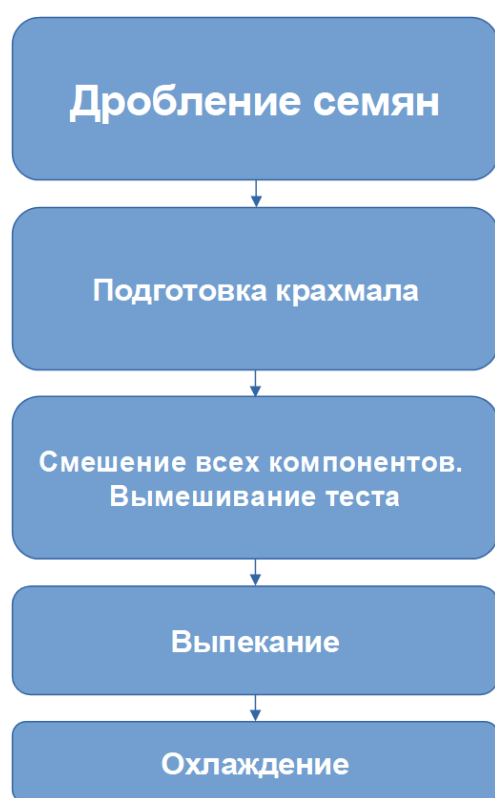


Рис. 1. Этапы производства снеков

Разработка продукта проводится на основе ГОСТ 14121-69 «Батончики к чаю. Технические условия», так как он является наиболее приближенным к требованиям для снеков, являющихся мучным кондитерским изделием [4].

В состав снеков с базовой рецептурой вошли: семена подсолнечника жаренные, мука пшеничная хлебопечкарная высшего сорта, сахарная пудра, вода, крахмал кукурузный. Были проведены опыты по определению оптимального соотношения компонентов. Производственные этапы показаны ниже (рис 1).

Перед началом замеса теста необходимо измельчить семена в ступке и отобрать навески сухих компонентов. Крахмал растворить в тёплой воде. Затем раздробленные семена, муку, сахарную пудру и раствор крахмала поместить в емкость для вымешивания теста. Проводить вымешивание до образования клейковины, затем сформировать снеки и поместить в сушильный шкаф при заданных температуре и времени. После – охладить снеки для предупреждения развития плесени в отсыревшем продукте.

Наиболее целесообразными технологическими приемами при производстве снеков является сушка и экструзия. Для проведения высушивания используют сушильные и инфракрасные шкафы.

Экспериментальным методом была установлена оптимальная температура и длительность высушивания в лабораторном сушильном шкафу.

Также различают снеки сладкие – основанные на сладких приправах, с добавлением шоколада; и солёные – чипсы, орехи, мясные и рыбные закуски, солёный попкорн. Базовая рецептура снеков из семян подсолнечника содержит в качестве вкусовой добавки сахарную пудру, поэтому относится к сладким. Также была опробована рецептура с применением соли и ароматизатора со вкусом сыра. Состав снеков может быть вариативным в зависимости от спроса и предпочтений потребителей.

Снеки должны соответствовать требованиям к органолептическим показателям. По результатам оценки вкус и запах выраженные, свойственные семенам подсолнечника, без постороннего привкуса и запаха (не более 3% дефектов к массе). Форма плоская, без вмятин, вздутий и повреждений края. Поверхность шероховатая, включающая мелкие, раздробленные частицы семян подсолнечника; равномерно пропеченная, не подгорелая, без пустот. Продукт не влажный на ощупь. Цвет серовато-жёлтый (рис.2).



(а)



(б)

Рис. 2. Снеки с семенами подсолнечника
(а) – базовая рецептура, (б) – со вкусом сыра

Также снеки должны соответствовать физико-химическим показателям качества. Влажность продукта должна быть не более 40%. Кислотность – не более 3 град. Пористость – не менее 68%. Массовая доля сахара в пересчёте на сухое вещество $9,0 \pm 1\%$, массовая доля жира – $6,0 \pm 0,5\%$. Допускается превышение верхнего предела по массовой доле сахара и жира [4].

Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 5667-65 «Хлеб и хлебобулочные изделия».

Для повышения пищевой ценности рассматривается применение в снеках из семян подсолнечника обдирной ржаной муки. Известно, что она имеет богатый витаминно-минеральный состав благодаря содержанию мучнистых ядер

клеток (90% общего состава) и внешней оболочки. Такая мука богата витаминами группы В, токоферолом, биотином и филлохиноном. Содержит калий, кальций, магний, фосфор, железо, йод, марганец, фтор, цинк, медь, ряд насыщенных и ненасыщенных жирных кислот и усвояемые углеводы. Обдирная мука имеет низкое содержание глютена, а потому чаще всего применяется в купе с пшеничной.

Список литературы

1. Сазонов А. В лидерах по зерну и подсолнечнику//Коммерсантъ: газета. 2018. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3757754> (дата обращения: 30.01.2023).
2. А.П. Нечаев, Светлана Евгеньевна Траубенберг, А.А. Кочеткова; Нечаев, Алексей Петрович.- 2-е издание, переработанное и исправленное. - СПб.: ГИОРД, 2003.- 640 с.
3. ООО «Союз Тула Рыба». 2020. URL: <https://unionfish.ru/stati/chtotakoe-sneki-proshloe-nastoyashchee-budushchee.html>
4. ГОСТ 14121-69 «Батончики к чаю. Технические условия» М., 2009, II, 5 с.
5. Федорченко А., Мука ржаная обдирная: состав, польза, вред//TutKnow: 2020. URL: <https://tutknow.ru/meal/14677-muka-rzhanaja-obdirnaja-sostav-polza-vred-recepty.html>

ПРОИЗВОДСТВО ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ТВЕРДОФАЗНЫМ СПОСОБОМ

Н. С. Евдокимов, Т. А. Собянина, Е. А. Рогачев

ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск,
Россия

tany-vorona@mail.ru

Аннотация: В данной работе представлен отчет по проведению исследований в области получения пищевых волокон твердофазным способом из соевой оболочки, которые в дальнейшем можно использовать в пищевой промышленности. Нами были проанализированы физико-химические свойства полученных образцов, изучены изменения в микроструктуре, а также проведена сравнительная характеристика с исходной измельченной соевой оболочкой. Было выявлено, что содержание золы в полученных пищевых волокнах увеличилось на 101,68 % и на 42,08 % уменьшилась растворимость в воде по сравнению с исходной измельченной соевой оболочкой. Характерным изменением в микроструктуре ПВ, полученных модификацией измельченной оболочки, является наличие длинных волокон, шириной, в среднем, около 30 мкм. Использование пищевых волокон активно развивается в сегменте производства белковых пищевых продуктов, что обуславливает практическую значимость проведенных исследований.

Ключевые слова: пищевые волокна, карбоксиметилцеллюлоза, измельченная соевая оболочка, пищевая добавка, растворимость, микроструктура.

PRODUCTION OF DIETARY FIBERS BY SOLID-PHASE METHOD

N. S. Evdokimov, T. A. Sobyagina, E. A. Rogachev

Omsk state technical university, Omsk, Russia

Abstract: This paper presents a report on research in the field of obtaining food fibers by a solid-phase method from soy husks, which can later be used in the food industry. We analyzed the physico-chemical properties of the obtained samples, studied changes in the microstructure, and also carried out a comparative characteristic with the original crushed soy shell. It was found that the ash content in the obtained dietary fibers increased by 101.68% and the solubility in water decreased by 42.08% compared to the original crushed soy shell. A characteristic change in the microstructure of PV obtained by modification of the crushed shell is the presence of long fibers with an average width of about 30 microns. The use of dietary fiber is actively developing in the segment of protein food production, which determines the practical significance of the research conducted.

Keywords: dietary fiber, carboxymethylcellulose, crushed soy shell, food additive, solubility, microstructure.

1. Введение

В настоящее время наблюдается возрастающий интерес к получению пищевых волокон из возобновляемых сырьевых ресурсов – из растительного непищевого сырья, например, из отходов переработки сельскохозяйственных культур или из древесины. Особенностью использования как пищевого, так и непищевого растительного сырья, является схожесть их составов. Они состоят из ряда биополимеров, таких как целлюлоза, лигнин и гемицеллюлоза [1]. Это позволяет использовать различные методы химических модификаций непищевого растительного сырья для получения пищевых волокон с заданными свойствами.

Использование сельскохозяйственных растительных отходов, а точнее оболочки сои, является перспективным для получения пищевых волокон, так как в настоящее время соя используется для получения многих продуктов питания, а значит, растет и количество отходов её переработки, которые нужно либо утилизировать, либо перерабатывать.

2. Пищевые волокна

Пищевые волокна (ПВ) – это субстрат для развития и роста микрофлоры пищеварительной системы. ПВ благоприятно влияют на организм человека при употреблении в рекомендуемых ВОЗ нормах, например, снижают уровень холестерина в крови, связывают желчные кислоты, снижают уровень сахара в крови и др. [2]. Поэтому получение ПВ является одним из приоритетных направлений переработки сельскохозяйственного сырья.

К ПВ относится целлюлоза. Нативная целлюлоза растительного сырья не растворима в воде, что вызывает необходимость создания производных целлюлозы, которые могут растворяться в полярных растворителях, в том числе в воде. К таким производным относят карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) и вещества на её основе и, например, микрокристаллическую целлюлозу (МКЦ) [3].

3. Получение пищевых волокон

Для получения ПВ могут использоваться водоросли, продукты переработки злаков, например, просо, ячменя, пшеницы и др., а также оболочка сои и гороха.

ПВ можно получать без применения реагентов, с помощью физических воздействий. Так в работе [4] авторы предлагают в качестве исходного сырья использовать овсяные отруби, которые подвергаются ряду физических воздействий: микроволновой обработке, микроизмельчению, просеиванию и запеканию при высокой температуре. Другой метод получения ПВ описан в работе [5], где в качестве исходного сырья использовали красные водоросли и остатки водорослей, образующиеся при получении агара. Сырье обрабатывали 1-7%-ным раствором щелочи в течение 30-60 мин при гидромодуле 1:2-1:4, затем фильтровали, кипятили в воде в течение 30-60 мин при гидромодуле 1:2-1:4, либо обрабатывали в растворе кислоты при pH 4,0-6,9 и гидромодуле 1:2-1:4 в течение 15-30 мин, а затем центрифугировали и одновременно промывали горячей водой с последующей сушкой до остаточного содержания влаги 8-10% в готовом продукте. В работе [6] ПВ получали из оболочки гороха путем их нагревания в водном растворе серной кислоты с массовой долей 0,85-1,7 % при гидромодуле 10. Образовавшийся твердый осадок затем фильтровали, промывали и высушивали.

Получение ПВ из оболочек сои и гороха, на наш взгляд, представляет значительный интерес поскольку, во-первых, оболочка является отходом производства основного продукта и не требует дополнительных затрат на транспортировку к месту переработки, во-вторых, в своем составе оболочки сои и гороха содержат значительное количество полисахаридов [6].

4. Особенности твердофазного способа получения пищевых волокон

Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) – это производное целлюлозы с карбоксиметильными группами ($-\text{CH}_2\text{-COOH}$), связанными с некоторыми гидроксильными группами мономеров β -D-глюкопиранозы, составляющих основу целлюлозы [7].

КМЦ используется во многих отраслях промышленности, в том числе и в пищевой в качестве добавки (Е 466) - регулятора консистенции выполняющего функции загустителя и стабилизатора [7]. Её получением занимаются не только отечественные предприятия, такие как ООО «Очаковские пищевые ингредиенты» и ООО «Платинум Абсолют», но и ряд зарубежных [7]. Большинство предприятий получают КМЦ для технических нужд, значительно меньше производителей пищевых производных целлюлозы, так как её производство требует проведения технологических операций по глубокой очистке от реагентов.

Для получения КМЦ, используемой в пищевой промышленности, согласно данным отечественной и зарубежной технической литературы, требуется обрабатывать исходное сырье гидроксидом натрия для получения щелочной целлюлозы. После чего она обрабатывается карбоксиметилирующим агентом, которым выступает либо монохлоруксусная кислота (МХУК), либо ее натриевая соль (Na-MХУК). Полученный продукт можно подвергнуть сушке с получением технической КМЦ, которая в своем составе будет содержать примеси разных солей, таких как гликолят натрия и хлорид натрия, составляющих 25-30 % от общего количества синтезированной КМЦ. При необходимости продукт можно подвергать очистке. Основной принцип удаления примесей из КМЦ заключается в их экстракции с помощью растворителей. В качестве таких растворителей выступают водные растворы этилового, метилового и изопропилового спиртов [7-11].

Весовое соотношение реагентов целлюлоза : растворитель : Na-MХУК (МХУК) : гидроксид натрия выбирается от 1:1:0,4:0,45 до 1:2,5:1,75:1,8 содержание воды в растворителе должно быть менее 40 %. Отделение растворителей от реакционной смеси на водной основе может осуществляться центрифугированием, на основе неполярных растворителей - отгонкой перегретым паром [7-11].

5. Получение производных целлюлозы твердофазным способом

На базе ОмГТУ были проведены исследования с целью получения производных целлюлозы – пищевых волокон, представляющих собой КМЦ. В качестве исходного сырья выступала соевая оболочка. Исходные образцы соевой оболочки измельчали калибровали, затем модифицировали. В результате лабораторного процесса был получен ряд образцов ПВ, представляющих собой порошки рассыпчатой консистенции от светло-бежевого до коричневого цвета. Установлено, что на органолептические характеристики готовых ПВ влияет процесс отмывки продукта от примесей (водой или неполярным растворителем), время и температура обработки щелочью и карбоксиметилирующим агентом.

5.1. Определение свойств ПВ и сравнение полученных образцов с исходной оболочкой сои

Были измерены следующие показатели: массовая доля влаги, содержание золы, растворимость образцов, полученных модификацией соевой оболочки и исходной измельчённой оболочки сои. Сравнительная оценка указанных показателей приведена в таблице 2.

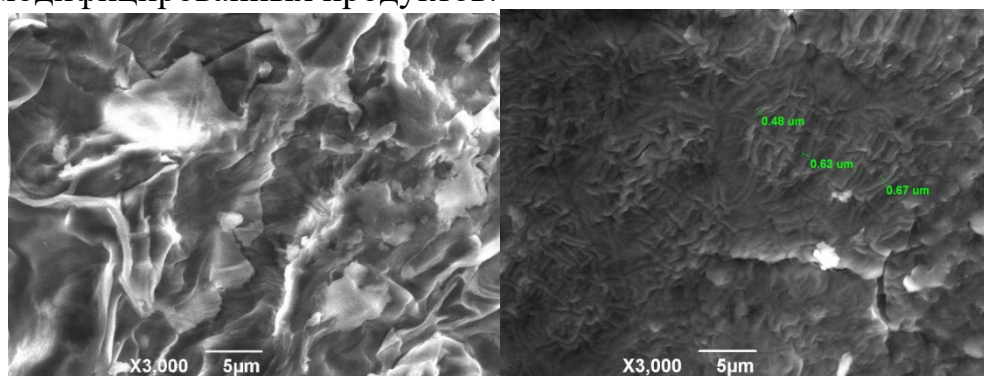
Таблица 2

Физико-химические свойства измельчённой оболочки сои и ПВ, полученных модификацией соевой оболочки

Наименование	Массовая доля влаги, %	Растворимость, г/100 г	Зола, %
Измельчённая соевая оболочка	7,97	0,3679	4,42
Пищевые волокна, полученные модификацией оболочки сои с отмывкой	8,49	0,1548	8,91

Из таблицы видно, что растворимость ПВ, полученных модификацией, уменьшилась по сравнению с исходной измельчённой соевой оболочкой на 42,08 %. Понижение растворимости у ПВ, предположительно, обусловлено тем, что они подвергаются очистке, в результате которой растворимые примеси удаляются в процессе очистки вместе с растворителем.

Содержание золы в пищевых волокнах, полученных модификацией оболочки сои увеличилось в 2 раза (на 101,68 %). Увеличение зольности обусловлено обработкой оболочки метилирующим агентом и недостаточной отмывкой готовых ПВ. Известно, что коммерческие препараты ПВ содержат около 2,5-3% золы [12], что, по-видимому, требует проведения в процессе выработки волокон из соевой оболочки дополнительной отмывки для улучшения потребительских свойств модифицированных продуктов.



а)

б)

Рис. 1 Микроструктура образцов, выработанных модификацией а) и исходной измельчённой соевой оболочкой б)

Для оценки изменений в микроструктуре измельченной соевой оболочки на базе НОРЦ нанотехнологий «Наноцентр» на базе ОмГТУ с помощью электронного сканирующего микроскопа JEOL JCM-5700 (США) были получены изображения поверхности модифицированных образцов оболочки сои и исходной измельченной оболочки (см. рис. 1).

Поверхность частицы исходной оболочки сои (рисунок 1 (а)) представляет собой рыхлую структуру с порами до 7 мкм. Частица состоит из отдельных элементов неправильной формы. Различима волокнистая структура с диаметром исходных волокон сои не более 380 нм. Для модифицированного образца (рисунок 1 (б)) характерным является наличие длинных волокон, шириной, в среднем, около 30 мкм. Таким образом, модификация образца оболочки сои, приводит к изменению микроструктуры, которое заключается в формировании пучков волокон.

6. Выводы

В результате проведенной работы можно сделать вывод, что ПВ, в том числе КМЦ полученная модификацией оболочки сои, имеют рассыпчатую, порошкообразную консистенцию в основном светло-коричневого цвета. Содержание золы в готовых ПВ увеличилось на 101,68 %, а растворимость уменьшилась на 42,08 % по сравнению с измельченной оболочкой сои. По результатам исследования микроструктуры в ПВ установлено наличие характерных длинных и узких (шириной около 30 мкм) волокон.

Практическая значимость проведенных исследований обусловлена широкими возможностями использования ПВ, полученных модификацией соевой оболочки для выработки соевого молока, соевой муки, соевый сыра и ряда других белковых продуктов [13].

Список литературы

1. Игорянова, Н.А. Перспективные источники возобновляемого зернового сырья для создания новых пищевых ингредиентов с заданными свойствами / Н.А. Игорянова, Е.П. Мелешкина, Р.Х. Кандроков: в сб. «Тритикале» // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. //Донской зональный НИИ сельского хозяйства. - Ростов-на-Дону, 2016. - С. 122-127.
2. Пальчикова С.С. Пищевые волокна: свойства, перспективы применения в пищевых технологиях / С. С. Пальчикова, Н. М. Дерканосова. – Текст : непосредственный // Молодежный вектор развития аграрной науки : материалы национальной научно-практической конференции студентов и магистрантов / Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра 1. – Воронеж, 2022. С. 473-477.
3. Удоратина Е.В. Синтез водорастворимых производных целлюлозы из макулатурной массы / Е. В. Удоратина. – Текст : непосредственный // Февральские чтения / Сыктывкарский лесной институт. – Сыктывкар, 2008. С. 395-400.
4. Патент № 1109973648 Китай, МПК А23Л 33/22, А23Л 33/16, А23Л 5/30. Пищевые волокна из овса, а также способ их приготовления в чистом виде и их применение: № 201911246681.9: заявл. 05.12.2019: опубл. 10.04.2020 / Ян Хэчжун, Ян Цзяньцзюнь; заявитель «SINOTOR BIO-TECH CO., LTD.».- 6 с. : ил. – Текст : непосредственный.
5. Патент № 2445780 Российская Федерация, А23L 1/ 0532. Способ получения пищевых волокон из водорослевого сырья : № 2010146763/13 : заявл. 18.11.2010 : опубл.

27.03.2012 / Подкорытова А.В., Игнатова Т.А., Родина Т.В., Чимиров Ю.И.; заявитель ФГУП «ВНИРО».- 7 с. : ил.- Текст : непосредственный.

6. **Патент № 2519823 Россия, МПК A23L 1/20, A23L 1/308.** Способ получения пищевых волокон из створок зеленого гороха : № 20121555/37 : заявл. 21.12.2012 : опубл. 20.06.2020 / Джамбоева А. С. ; заявитель Кабардино- Балкарская Государственная сельскохозяйственная академия имени В.М. Кокова. – 7 с. : ил.- Текст : непосредственный.
7. **Патент № 737404 Союз Советских Социалистических Республик, МПК C08B 11/12.** Способ получения высокомолекулярной карбоксиметилцеллюлозы : № 2343353 : заявл. 02.04.1976 : опубл. 30.05.1980 / Абидханов А, Муинов Б. Х., Орлов Ю. С. : заявитель Институт химии АН Узбекской ССР. – 7 с. : ил. – Текст: нрпосредственный.
8. **Патент № 1028676 Союз Советских Социалистических Республик, МПК C08B 11/12.** Способ получения карбоксиметилцеллюлозы : № 33379221/23-05 : заявл. 03.09.1981 : опубл. 15.07.1983 / Давыдова В.И., Прокофьева М.В., Петренко В.А. и др. ; заявитель «Научно-исследовательский институт синтетических смол». – 3 с. : ил.- Текст : непосредственный.
9. **Патент № 2012564 Российская Федерация, МПК C08B 11/12 (1990.01), C08J11/00 (1990.01).** Способ получения карбоксиметилцеллюлозы : № 915005192 : заявл. 09.07.1991 : опубл. : 10.07. 1993 / Рустамов Я. И.. Эфендиев А. А., Садыхов Ф.М., и др. ; заявитель Институт полимерных материалов АН Азербайджанской республики. – 2 с. : ил.- Текст : непосредственный.
10. **Патент № 608807 Союз Советских Социалистических Республик, МПК C08B 11/12.** Способ получения карбоксиметилцеллюлозы : № 2416882/23-05 : заявл. 03.11.1976 : опубл. 30.05.1978 / Кургульцева Л.И., Рахматуллин Х.А., Кагаловский С.П. и др. ; заявитель -. 3 с. : ил.- Текст : непосредственный.
11. **Патент № 1416491 Союз Советских Социалистических Республик, МПК C08B 11/12.** Способ получения очищенной карбоксиметилцеллюлозы : № 4082263/23-05 : заявл. 03.07.1986 : опубл. 15.08.1988 / Иссерлис В.И., Корох С.Г.. Городнов В.Д. и др. ; заявитель «Московский институт нефти и газа им. И.М. Губкина». – 4 с. : ил.- Текст : непосредственный.
12. **Патент № 4579943 Соединенные Штаты Америки, МПК C08B 11/12.** Производное целлюлозы, обладающее отличными свойствами поглощения жидкости, способ его получения: № 666445: заявл. 30.10.1984 : опубл. 01.04.1986 / Кэндзи Камиде, Икома, Кунихику Кадзима, Такацуки ; заявитель «Asahi Kasei Kogyo Kabushiki Kaisha».- 12с. : ил. – Текст : непосредственный.
13. Тюрина Л. Е. Использование и переработка сои: учебное пособие / Л. Е. Тюрина, Н. А. Табакова. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2008. – 91 с. – Текст : непосредственный.

ВЛИЯНИЕ ОРЕХОВ МАКАДАМИЯ НА АНТИОКСИДАНТНЫЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФРУКТОВОГО ДЕСЕРТА «ЯБЛОЧНЫЙ СЫР»

Я. А. Замесина, М. И. Лесовская

ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»,
г. Красноярск, Россия
yana-zamesina@mail.ru

Аннотация: В статье обсуждается фруктовый десерт «яблочный сыр», относящийся к группе пастильных изделий. Был изготовлен вариант «яблочного сыра» с добавлением мёда и цельных орехов макадамия. Оценены антиоксидантные и органолептические свойства продукта по сравнению с вариантом без орехов.

Ключевые слова: пастильная группа, фруктовый десерт, «яблочный сыр», макадамия, органолептические свойства, антиоксиданты.

MACADAMIA NUTS EFFECT ON the ANTIOXIDANT AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF FRUIT DESSERT "APPLE CHEESE"

Ya.A. Zamesina, M. I. Lesovskaya

Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia

Fruit dessert "apple cheese" belongs to the group of apple pastilles. A variant of "apple cheese" with honey and whole macadamia nuts was made. The antioxidant and organoleptic properties of the product compared to the nut-free version were evaluated.

Key words: *pastille group, fruit dessert, apple cheese, macadamia, organoleptic properties, antioxidants.*

Содействие устойчивому развитию сельского хозяйства, повышение качества питания остаётся в числе приоритетных целей глобального устойчивого развития. В соответствии со Стратегией повышения качества пищевой продукции до 2030 года актуальным направлением развития кондитерской промышленности является расширение исследований в области профилактических свойств пищевой продукции и разработка технологий производства пищевых продуктов с заданными свойствами, в первую очередь с антиоксидантной активностью. Особенно важно разрабатывать технологию производства кондитерских продуктов повседневного спроса с пониженной калорийностью и высоким содержанием антиоксидантов и энтеросорбентов. К природным соединениям, функционально объединяющим оба этих свойства, относятся пектиновые вещества. Известно, что богатым источником пектиновых веществ являются яблоки, являющиеся основой многих традиционных и новых фруктовых десертов.

В связи с климатическими, географическими и экологическими особенностями Красноярского края различные группы населения испытывают сезонный или перманентный дефицит биологически активных нутриентов, что определяет специфику региональной заболеваемости [1]. Это обуславливает необходимость организации производства функциональных продуктов, на основе доступного регионального сырья при минимальной степени его переработки, чтобы сохранить как можно больше природных биологически активных веществ в его составе.

Показано, что запасы доступного плодово-ягодного сырья Красноярского края, включая плоды яблонь различных сортов и видов, достаточны для производства продуктов с функциональными свойствами с наименьшей степенью переработки, что обеспечивает сохранность большей части биологически активных соединений. В ряде исследований подчёркивается важность использования продукции пчеловодства (мёд) для производства продуктов на основе плодово-ягодного сырья [2].

Кроме того, обогащающим компонентом полезных фруктовых десертов могут быть орехи как источник ненасыщенных жирных кислот, обладающих высоким антиоксидантным потенциалом.

В качестве подобных обогащающих добавок могут быть использованы плоды орехового дерева макадамия (сем. Протеиновые), поступающие в продажу под одноимённым торговым наименованием. Плоды макадамия называют австралийским орехом, поскольку его впервые описал австралийский ботаник Фердинанд фон Мюллер, запечатлевший в названии имя химика Джона Макадама.



а



б

Рис. 1. Древесное растение и плоды ореха макадамия

Дерево начинает плодоносить лишь на 7...10-й год после посадки, плоды собирают вручную, а предпродажная подготовка включает нанесение насечек на скорлупу, чтобы вскрывать её с помощью специального ключа. Всё это делает макадамию одним из самых дорогостоящих орехов. При этом питательная ценность макадамии чрезвычайно высока: содержание мононенасыщенных жирных кислот намного выше, чем в миндале, кешью и грецком орехе, а специфический набор МНЖК уникален. Кроме жиров, орехи макадамия содержат 2 г% белка, 4 г% углеводов, 3 г% клетчатки, а также повышенные количества витамина Е и флавоноидов.

Благодаря такому набору биологически активных нутриентов макадамия обладает гипогликемическим, противовоспалительным и иммуностропным действием, что обуславливает высокую антиоксидантную активность этого плода [3]. Немаловажным фактором является сладковатый вкус и специфический ванильно-шоколадный аромат ореха, которые хорошо дополняют фруктовый флейвор и способны придавать продукту новые привлекательные потребительские свойства.

Целью работы было изготовление фруктового десерта «яблочный сыр» (технология подробно описана ранее, [4]) с включением орехов макадамия в состав пищевой матрицы. Задачи работы включали оценку органолептических и антиоксидантных свойств «яблочного сыра» с макадамией в сравнении с вариантом-аналогом без орехов.

Сырьём для изготовления фруктового десерта служили яблоки сорта «Ренет Симиренко» кисло-сладкого вкуса, мёд «Полевое разнотравье» (от пасеки Старчевских, с. Красный Завод Боготольского района Красноярского края) и орехи макадамия. Все ингредиенты были приобретены в розничной торговой сети г. Красноярска. Выбор сорта «Ренет Симиренко» был обоснован результатами ранее проведённых исследований, по итогам которых наилучшие органолептические показатели соответствовали именно этому виду сырья [4].

В работе использован метод хемилюминесцентного анализа для оценки суммарной антиоксидантной активности полученного продукта, методика описана [1]. Для оценки органолептических свойств использовали специально разработанную диагностическую карту и 10-балльную шкалу.

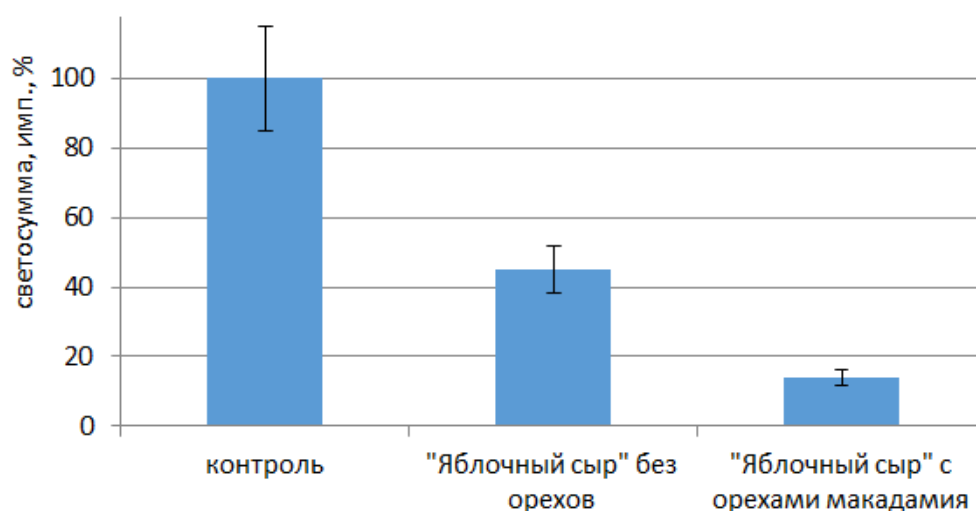


Рис. 2. Влияние орехов макадамия на антиоксидантную активность фруктового десерта «Яблочный сыр»

Результаты органолептической оценки двух вариантов «яблочного сыра» приведены на рис. 3.

Результаты оценки антиоксидантной активности (рис. 2) позволяют видеть, что продукт с добавлением орехов макадамия обладает более высокой ан-

тирадикальной активностью по сравнению с фруктовым десертом. Подобный результат был вполне ожидаемым, поскольку антиоксидантные свойства яблочного пектина и моновенасыщенных жирных кислот описаны в литературе и многократно подтверждены [5]. Принадлежность этих соединений к разным классам органических веществ исключает возможность их конкурентного взаимодействия.

Напротив, объединение в рамках одной пищевой системы антиоксидантов различной химической природы с различными механизмами действия обеспечивает их синергетическое влияние на уровень свободных радикалов [6].

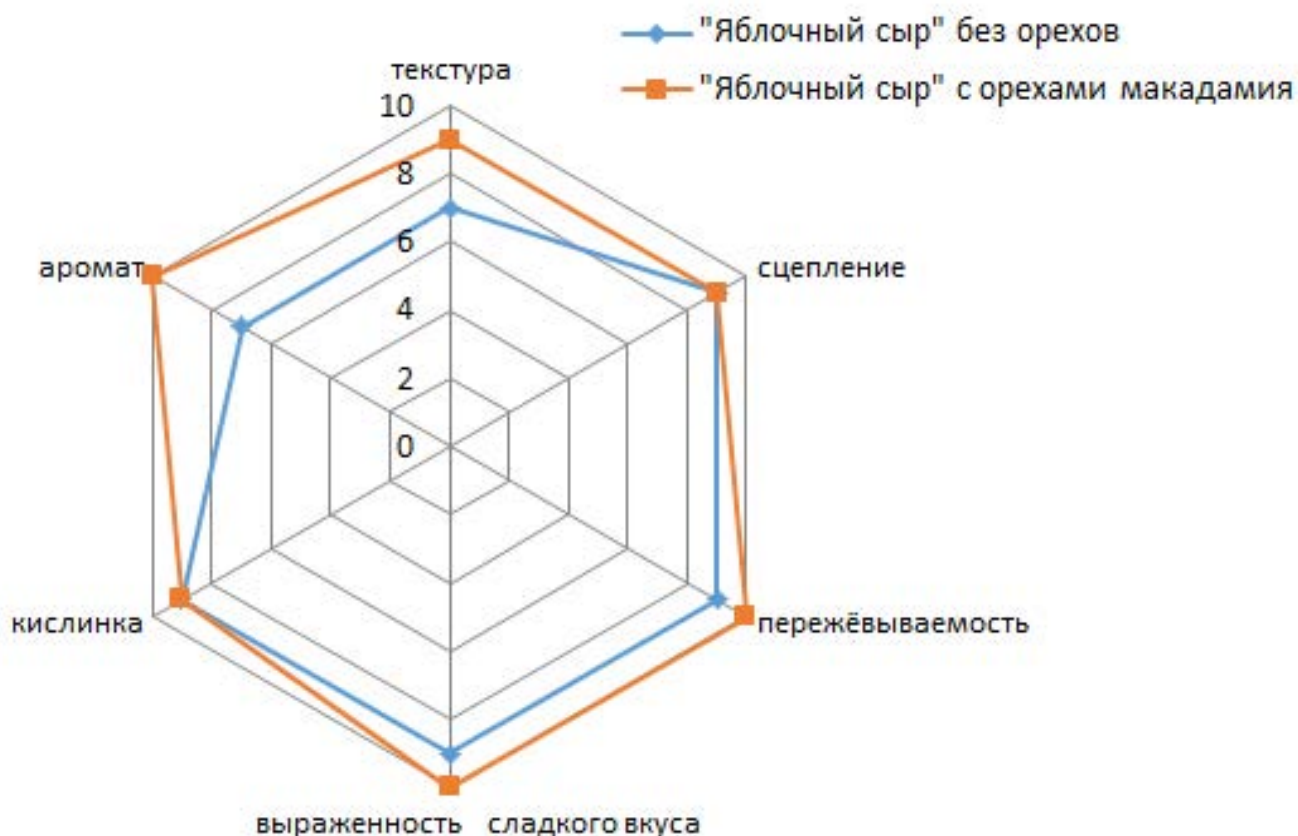


Рис. 3. Профили органолептической оценки фруктового десерта «Яблочный сыр» с орехами макадамия и без орехов

Из приведённого рисунка можно видеть, что оба варианта «яблочного сыра» получили высокие оценки по результатам дегустации, хотя различия тем не менее присутствовали. Вариант фруктового десерта с добавлением орехов макадамия лидировал по результатам дегустационной оценки: суммарный балл 57 (с орехом макадамия) против 50 (без орехов). Более высокие баллы были обеспечены преимуществом по таким сенсорным параметрам, как аромат, текстура и пережевываемость. Очевидно, что крупнодисперсные включения орехов с необычным вкусом положительно отражаются на органолептических свойствах продукта.

Таким образом, по результатам проведённых исследований можно заключить, что внесение орехов макадамия в рецептуру фруктового десерта «яблочный

сыр» повысило органолептические и антиоксидантные свойства целевого продукта. Снижение продукции свободных радикалов под влиянием варианта с орехом макадамия составило 76%, тогда как под влиянием варианта без орехов – 45%. При достоверной антиоксидантной активности обоих вариантов фруктовый десерт с орехом макадамия был выше в два раза.

Список литературы

1. Лесовская, М.И. Информационные технологии в системе управления качеством функционального питания / М.И. Лесовская, З.Е. Шапорова // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. – №1(21). – С. 226-234.
2. Беляев, А.А. Эффективность использования плодово-ягодного сырья Красноярского края при производстве функциональных продуктов / А.А. Беляев, Е.А. Расулова, О.В. Иванова, И.А. Якоцуц // Технология продовольственных продуктов. 2017. – № 4 (49). – С. 88-94.
3. Борисова, А.В. Сравнительная характеристика содержания фенольных веществ и антиоксидантной активности некоторых видов употребляемых в пищу орехов / А.В. Борисова, Н.В. Макарова, Э.Х. Хамтова // Химия растительного сырья. 2022. – № 2. – С. 95-104.
4. Замесина, Я.А. Органолептическая оценка фруктового десерта «яблочный сыр», изготовленного из зеленых и красных яблок / Я.А. Замесина, М.И. Лесовская / Парадигма устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях современных реалий: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию создания ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Красноярск, 24-26 мая 2022 г. – Красноярск: Изд-во Красноярского ГАУ, 2022. – С. 281-284.
5. Лесовская, М.И. Сравнительная характеристика компонентов антиоксидантной системы в составе различных плодовых соков и нектаров / М.И. Лесовская, Я.А. Замесина / Научно-практические аспекты развития АПК: материалы национальной научной конференции. – Красноярск, 12 ноября 2021 г. – Красноярск: изд-во Красноярский ГАУ, 2021. Т. 2. – С. 67-70.
6. Саркисян, В.А. Синергетические взаимодействия антиоксидантов в жировых продуктах / В.А. Саркисян, Е.А. Смирнова, А.А. Кочеткова, В.В. Бессонов // Пищевая промышленность. 2013. – №3. – С. 14-17.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ЯБЛОЧНОГО ЛИКЕРА С ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ

И. Э. Кацьева, Я. В. Малолеткова, А. В. Зимичев

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара, Россия
Yana.maloletkova@yandex.ru

Аннотация: В статье проанализированы ассортимент напитков, исследования по изучению состава экстракта древесной зелени. Также описана экспериментальная возможность добавления экстракта сосновых шишек в яблочный ликер.

Ключевые слова: функциональные добавки, экстракт, сосновые шишки, алкогольные напитки.

DEVELOPMENT OF A RECIPE FOR APPLE LIQUEUR WITH A FUNCTIONAL ADDITIVE

Ya. V. Maloletkova, A. V. Zimichev, I. E. Kacueva

Samara State Technical University, Samara, Russia

Abstract: The article analyzes the range of drinks, studies on the composition of the extract of woody greens. An experimental possibility of adding pine cone extract to apple liqueur is also described.

Keywords: functional additives, extract, pine cones, alcoholic drinks.

Напитки входили в рацион человека с самых ранних этапов развития нашей цивилизации. На протяжении тысяч лет употребление напитков удовлетворяло потребности человека в утолении жажды, получении питательных веществ. При этом всегда вкус и аромат напитков оставались важными потребительскими характеристиками.

В данный момент при анализе рынка алкогольной продукции выделяется спектр различных напитков, которые можно разделить на две группы: напитки, являющиеся результатом брожения; напитки, в которых спирт концентрируется перегонкой/дистилляцией [1].

Несмотря на широкий ассортимент алкогольной продукции со стороны молодых потребителей сохраняется интерес к напиткам с новыми вкусами. При этом современное общество склоняется к употреблению натуральных продуктов. В связи с этим одной из актуальных тем становится изучение возможности внесения растительного сырья в рецептуру напитков.

Исследователями Сибирского государственного технологического университета были проведены эксперименты по изучению состава экстрактов древесной зелени. Было определено, что водные и водно-спиртовые экстракты, полученные из древесной зелени оказывают выраженное противомикробное действие по отношению к условно-патогенным организмам. Следовательно, данные экстракты являются перспективными компонентами для использования в пищевых, и не только, целях [2,3].

Тем не менее распространенность каких-либо напитков в регионе обуславливает доступность сырья. Поэтому для эксперимента, проводимого в Высшей биотехнологической школе Самарского государственного технического университета, мы использовали яблоки, произрастающие в Самарской области и являющиеся недорогим сырьем. Коллегами проводятся исследования по изучению влияния различных показателей на качество сидра [4,5].

На основании проведенных исследований по изучению ассортимента потребительских предпочтений, было выявлено, что ликеры являются популярным напитком. Так же покупатели с интересом относятся к продуктам с новыми вкусовыми характеристиками.

В связи с этим мы начали готовить яблочный ликер по классической технологии (рис. 1).



Рис. 1. Технология приготовления яблочного ликера

Новой вкусовой (функциональной) добавкой нами был выбран водно-спиртовой экстракт сосновых шишек. Был проведен эксперимент для определения оптимальной концентрации экстракта сосновых шишек в яблочном ликере (табл. 1).

Таблица 1

Определение оптимальной концентрации экстракта сосновых шишек

Яблочный ликёр, мл	Экстракт сосновых шишек, мл
9,9	0,1
9,85	0,15
9,8	0,2
9,75	0,25
9,7	0,3
9,6	0,4
9,5	0,5

Для подбора оптимальной дозировки соснового экстракта в сиропе был разработан дегустационный лист, в котором опытная группа оценивала напитки в порядке убывания предпочтений. Таким образом было выяснено, что наиболее предпочтительной является соотношение экстракта в напитке 100:3 мл (рис.2).

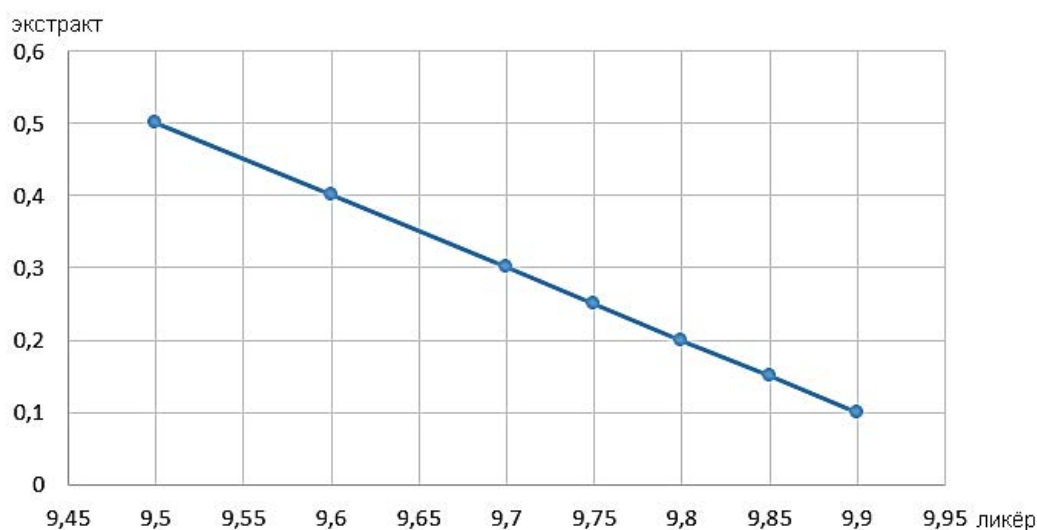


Рис. 2. Соотношение экстракта в напитке

Крепость ликера определили рефрактометрическим методом. Она равно 14%. На данный момент проводятся исследования по уточнению рецептуры напитка.

Список литературы

1. Д.В. Карпенко, М.А. Липатова Подходы к расширению ассортимента слабоалкогольных напитков на зерновой основе Colloquium-journal» №12(64),2020 / TECHNICAL SCIENCE

2. Е.В. Матвееenko, Н.А. Величко, И.В. Боер Антибактериальная активность водных и водно-спиртовых экстрактов древесной зелени можжевельника сибирского, Вестник КрасГАУ, №12, 2014, с. 224-226
3. Е.В. Матвееenko, Н.А. Величко, Г.С. Калачева Химический состав водно-этанольного экстракта древесной зелени *JuniperussibiricaBurgsd*, Химия растительного сырья, №2, 2015, с. 107-111.
4. П.А. Чалдаев, Г.А. Гнездилов Влияние различных штаммов дрожжей на качество традиционного сидра, Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов, №5, 2021, с.99-102.
5. П.А. Чалдаев Особенности брожения сидра, Индустрия напитков, №1, 2022, с. 24-30.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

А. В. Маслов, А. Р. Залялиева, З. Ш. Мингалеева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
maslov-aleksandr95@mail.ru

Аннотация: Одними из основных факторов, влияющими на качество хлеба, являются микробиологические и биохимические процессы, протекающие в тестовых полуфабрикатах в результате жизнедеятельности дрожжей. Данными процессами возможно управлять путем регулирования биотехнологических характеристик дрожжей, что позволяет интенсифицировать технологические операции хлебопекарного производства. Хлебопекарные дрожжи должны иметь высокую ферментативную активность, способность выделять углекислый газ в анаэробных условиях и быстро адаптироваться к изменению состава питательной среды. Данные свойства дрожжей могут быть улучшены с помощью проведения предварительной активации в питательных средах, которые содержат компоненты, интенсифицирующие синтез бродильных ферментов в дрожжевых клетках. Цель работы состояла в исследовании влияния предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в питательной среде с пищевой комплексной добавкой на их биотехнологические характеристики: подъемную силу и ферментативную активность (зимазная, мальтазная). Показано, что оптимальная продолжительность предварительной активации дрожжей составляет 20 мин. Предварительная активация прессованных дрожжей способствовала повышению их биотехнологических характеристик.

Ключевые слова: дрожжи, мальтазная активность, зимазная активность, подъемная сила, предварительная активация, пищевая комплексная добавка.

DEVELOPMENT OF A COMPLEX ADDITIVE TO IMPROVE YEAST *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* BIOTECHNOLOGICAL INDICATORS

A. V. Maslov, A. R. Zalialieva, Z. Sh. Mingaleeva

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
maslov-aleksandr95@mail.ru

Abstract: One of the main factors affecting the quality of bread are the microbiological and biochemical processes occurring in the dough semifinished products as a result of the vital activity of yeast. These processes can be controlled by regulating the biotechnological characteristics of

*yeast, which makes it possible to intensify the technological operations of bakery production. Baking yeast should have high enzymatic activity, the ability to release carbon dioxide under anaerobic conditions, and the ability to quickly adapt to changes in the composition of the nutrient medium. These properties of yeast can be improved by conducting preliminary activation in nutrient media that contain components that intensify the synthesis of fermentation enzymes in yeast cells. The aim of the work was to study the effect of pre-activation of pressed baking yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, in a nutrient medium with a food complex additive on their biotechnological characteristics: lifting force and enzymatic activity (zimase and maltase). It is shown that the optimal duration of pre-activation of yeast is 20 minutes. The preliminary activation of pressed yeast contributed to an increase in their biotechnological characteristics.*

Key words: yeast, maltose activity, zimase activity, lifting force, pre-activation, food complex additive.

Энергетический обмен в клетках дрожжей *S. cerevisiae* происходит путем потребления углеводов, которые метаболизируются по пути гликолиза до этанола и диоксида углерода. При использовании дрожжей в хлебопекарном производстве выделяющийся диоксид углерода разрыхляет тесто. Предпочтительным источником углерода для дрожжей *S. cerevisiae* являются глюкоза и фруктоза, а также сахароза после гидролиза до глюкозы [1]. В пшеничном тесте моно- и дисахариды присутствуют в небольшом количестве. Основным углеводом пшеничного теста является крахмал, который под действием амилолитических ферментов гидролизует до мальтозы. В пшеничном тесте, приготовленном без добавления сахарозы, ранее существовавшие свободные сахара полностью ферментируются в течение первого часа, и в тесте остается только мальтоза, полученная из крахмала. Поэтому дрожжи, используемые при приготовлении теста, должны обладать высокой способностью усваивать не только глюкозу, фруктозу, но и мальтозу [2]. Активность ферментов дрожжевых клеток, участвующих при усвоении углеводов, зависит от наличия в питательной среде соответствующих сахаридов. В частности, известно, что индукция и подавление генов, задействованных при метаболизме глюкозы, зависит от присутствия или отсутствия глюкозы в среде для культивирования дрожжей [4].

Другие исследования показывают, что дрожжи *S. cerevisiae* способны реагировать на присутствие широкого спектра питательных веществ в окружающей среде с помощью сенсорных и сигнальных путей, которые идентифицируют питательные вещества, определяют их приблизительные концентрации, а также объединяют информацию из этих нескольких сигналов для регулирования экспрессии генов, роста, размножения и морфологии клеток [3]. На данный момент в мире накоплен значительный опыт в области создания улучшения биотехнологических свойств дрожжей. Исследования на эту тему ведутся во многих странах мира, и уже существуют некоторые коммерчески доступные продукты. Одна из основных целей таких исследований – улучшение производительности дрожжей и оптимизация производственных процессов, что может привести к более эффективному использованию ресурсов и снижению затрат. Это достигается путем создания комплексных добавок, которые содержат различные питательные вещества, витамины, аминокислоты и другие компоненты. На рынках существуют следующие комплексные добавки для улучшения биотехнологических свойств

дрожжей: Родия Зумесит, Алкотен, Истлайф экстра (Murphy & Son LTD), Истекс (I.E.Siebel Son's Company), Истфилд (S.C. Core S.A), Витамон® Комби, Витамон Ультра (Эрбслё Гайзенхайм АГ) и другие.

Некоторые исследования показывают, что использование комплексных добавок может улучшить такие показатели, как скорость роста дрожжей, выход продукта, содержание этилового спирта и т.д. Кроме того, добавки могут повысить устойчивость дрожжей к различным стрессовым факторам, таким как высокие температуры, высокие уровни спиртов и т.д.

В технологиях хлебопекарного производства применяется предварительная активация дрожжей, которая проводится с целью улучшения их биотехнологических свойств [4]. Предварительная активация заключается в выдержке дрожжей в питательной среде, содержащей компоненты, которые способны ускорить синтез ферментов, задействованных в усвоении дрожжевыми клетками углеводов. Предварительная активация приводит к уменьшению себестоимости хлебопекарной продукции за счет сокращения длительности технологического процесса производства.

В последние годы наблюдается тенденция увеличения интереса к обогащенным пищевым продуктам, проводятся исследования для создания хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности с применением растительного сырья. Обзор литературы показал, что недостаточно широко представлены способы предварительной активации дрожжей с применением пищевых комплексных добавок, предназначенных для повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий.

Цель данной работы состояла в исследовании влияния предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей *S. cerevisiae* в питательной среде с пищевой комплексной добавкой на их биотехнологические характеристики: подъемную силу и ферментативную активность (зимазная, мальтазная).

Пищевая комплексная добавка включает в себя источники биологически активных веществ природного происхождения: пророщенная спельта, мука пшеничная обойная, порошки семян тыквы, грибов вёшенок и ягод крыжовника.

Биотехнологические характеристики дрожжей оценивали путем определения подъемной силы и ферментативной активности (зимазная, мальтазная). Подъемную силу зимазную и мальтазную активность дрожжей оценивали методами, которые описаны в работе [4].

Предварительную активацию дрожжей проводили по методу, описанному в работе [5]. Продолжительность активации составляла 20 мин, 30 мин и 40 мин при температуре 32 °С. В качестве контрольных значений использовали результаты измерения подъемной силы и ферментативной активности дрожжей без выдерживания дрожжей в питательной смеси и без внесения пищевой комплексной добавки (K_1), а также без выдерживания дрожжей в питательной смеси, но с внесением пищевой комплексной добавки (K_2).

Результат представляли в виде среднего значения со стандартным отклонением.

На рис. 1 представлены результаты исследования по определению влияния пищевой комплексной добавки и продолжительности активации на подъемную силу прессованных дрожжей.

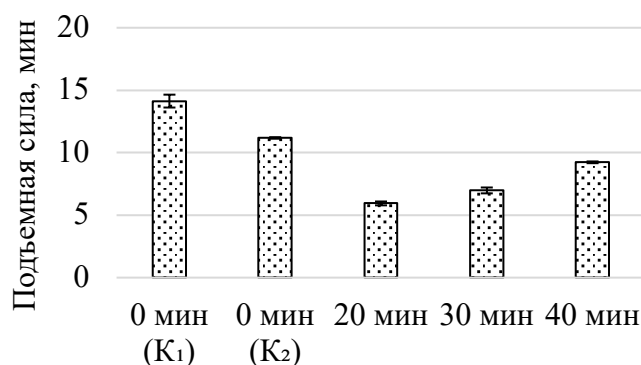


Рис. 1. влияние пищевой комплексной добавки и продолжительности активации на подъемную силу прессованных дрожжей *S. cerevisiae*

Увеличение времени выдерживания дрожжей в питательной среде приводило к увеличению подъемной силы дрожжей. Оптимальная продолжительность предварительной активации дрожжей составляла 20 минут.

В дальнейшем определение влияния предварительной активации дрожжей *S. cerevisiae* на ферментативную активность проводили при оптимальной продолжительности предварительной активации. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Исследования показали, что применение пищевой комплексной добавки способствует увеличению подъемной силы дрожжей *S. cerevisiae*. Как видно, из рисунка 1, внесение пищевой комплексной добавки способствует увеличению подъемной силы дрожжей без выдерживания таковых в питательной среде (K₂). Показатель подъемной силы для данного образца был на 20,8 % выше по сравнению с образцом без добавления пищевой комплексной добавки и без выдерживания в питательной среде (K₁). Полученные результаты свидетельствуют о том, что пищевая комплексная добавка содержит компоненты, которые легко усваиваются дрожжами. Максимальный показатель подъемной силы наблюдался при выдержке дрожжей в питательной среде в течение 20 мин. При этом подъемная сила дрожжей возрастала на 46,9 % по сравнению с K₂. Дальнейшее увеличение времени выдержки вело к снижению подъемной силы. Вероятно, это обусловлено многокомпонентным составом добавки, которая содержит не только сахара, содержащиеся в муке (например, глюкозу), а также другие моно- и дисахариды. В результате предварительной активации ферментный комплекс дрожжевых клеток приспособивался к составу питательной среды. В первую очередь увеличивалась активность ферментов, субстратом для которых выступали основные компоненты питательной среды. Затем, когда основные источники энергии для дрожжей исчерпаны, интенсифицировалась активность ферментов, отвечающих за усвоение остальных компонентов питательной среды. Аналогичные данные, демонстрирующие избирательность в усвоении углеводов дрожжами, приведены в исследовании [1].

Таблица 1

Влияние предварительной активации дрожжей *S. cerevisiae* в питательной среде с комплексной добавкой на ферментативную активность

Продолжительность предвари- тельной активации, мин	Ферментативная активность, мин	
	Зимазная	Мальтазная
0 мин (K ₁)	57,76 ± 1,36	149,52 ± 1,43
0 мин (K ₂)	24,64 ± 0,42	32,23 ± 0,24
20 мин	15,36 ± 0,73	27,92 ± 0,32

Показатель подъемной силы является обобщённым показателем. В хлебопекарном производстве используются более специфичные показатели, характеризующие способность дрожжей усваивать конкретные сахара. Например, зимазная и мальтазная активности [4, 5].

Результаты исследования демонстрируют положительное влияние предварительной активации дрожжей *S. cerevisiae* на зимазную и мальтазную активности (таблица 2). Зимазная активность образца дрожжей с пищевой комплексной добавкой и без активации K₂ на 57,3 % выше по сравнению с образцом дрожжей без добавки и без предварительной активации K₁. При этом зимазная активность дрожжей *S. cerevisiae*, прошедших предварительную активацию, на 73,4 % и 37,7 % выше по сравнению с K₁ и K₂, соответственно. Сопоставимые данные получены относительно мальтазной активности. Так, мальтазная активность K₂ на 78,4 % выше по сравнению с K₁. Мальтазная активность предварительно активированных дрожжей *S. cerevisiae* на 81,3 % и 13,4 % выше по сравнению с K₁ и K₂, соответственно. Полученные данные подтверждают данные о положительном влиянии предварительной активации прессованных дрожжей на их биотехнологические показатели, полученные в исследованиях авторов [4].

Практическая значимость исследования заключается в оптимизации процесса предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей *S. cerevisiae* с использованием пищевой комплексной добавки. Применение предварительной активации дрожжей на хлебопекарных предприятиях будет способствовать сокращению технологического цикла производства продукции, что приведет к увеличению производительности, снижению затрат и улучшению качества продукта. Однако перед внедрением в производство такой добавки необходимо провести обширные исследования, чтобы подтвердить ее эффективность и безопасность. Кроме того, необходимо определить наилучшие способы применения и дозировки этой добавки для различных производственных процессов.

Список литературы

1. Struyf, N. Investigating the impact of α -amylase, α -glucosidase and glucoamylase action on yeast-mediated bread dough fermentation and bread sugar levels / N. Struyf, J. Verspreet, K. J. Verstrepen, C. M. Courtin // Journal of Cereal Science. – 2017. – Т. 75. – С. 35-44.
2. Naumov, G. I. Molecular genetic differentiation of yeast α -glucosidases: maltase and iso-maltase / G. I. Naumov, D. G. Naumoff // Microbiology. – 2012. – Т. 81. – С. 276-280.

3. Expression, purification and characterization of maltase from «quick» baker's yeast / C. Zhang [et al.] // Springer, Berlin, Heidelberg. – 2015. – Advances in Applied Biotechnology. – P. 265-275.

4. The study of the possibility of using the additive of plant origin for improvement the quality of yeast and wheat bread / E. V. Savelyeva [et al.] // Journal of Environmental Treatment Techniques. – 2019. – Vol. 7, Special Issue. – P. 1036-1040.

5. Маслов, А. В. Биотехнологические аспекты производства хлеба повышенной пищевой ценности / А. В. Маслов, А. И. Биктагирова, З. Ш. Мингалеева // Продовольственная безопасность как фактор повышения качества жизни: материалы Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Орел, 29 сентября 2021 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2021. – С. 163-168.

6. Dubkova, N. Z. Using Jerusalem artichoke powder in functional food production / N. Z. Dubkova, V. V. Kharkov, M. R. Vakhitov // Foods and Raw Materials. – 2021. – Vol. 9, № 1. – P. 69-78.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЯБЛОЧНЫХ ВЫЖИМОК

С. Т. Минзанова¹, Г. Д. Миннебаева², Е. В. Чекунков¹, Л. Г. Миронова¹,
В. А. Миллюков¹

¹Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия, e-mail: minzanova@iopc.ru

²ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» Казань, Россия, e-mail: minnebaeva-98096@yandex.ru

Аннотация. Яблочные выжимки являются многотоннажным отходом пищевой промышленности. Ежегодно во всем мире образуется около 5-7 млн. тонн. Разработаны научные основы и технологические аспекты комплексной переработки яблочных выжимок для максимального повышения экономической эффективности процесса и расширения спектра получаемых продуктов из яблочных выжимок. В едином технологическом цикле получены функциональные продукты для пищевой и биотехнологической промышленности (пектин и моносахариды).

Ключевые слова: яблочный жом, комплексная переработка, кислотный гидролиз, лимонная кислота, ферментативный гидролиз, Целлолюкс-А, пектин, моносахариды

SCIENTIFIC BASES OF COMPREHENSIVE PROCESSING OF APPLE POMACE

S. T. Minzanova¹, G. D. Minnebaeva², E. V. Chekunkov¹, L. G. Mironova¹, V. A. Milyukov¹

¹Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia, e-mail: minzanova@iopc.ru

²Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia,
e-mail: minnebaeva-98096@yandex.ru

Abstract. Apple pomace is a large-tonnage waste of the food industry. Every year about 5-7 million tons are produced all over the world. The scientific foundations and technological aspects of the complex processing of apple pomace have been developed to maximize the economic efficiency of the process and expand the range of products obtained from apple pomace. In a single technological cycle, functional products for the food and biotechnological industries (pectin and monosaccharides) were obtained.

Keywords: apple pomace, complex processing, acid hydrolysis, citric acid, enzymatic hydrolysis, Cellolux-A, pectin, monosaccharides

Актуальность. Яблочные выжимки являются многотоннажным отходом пищевой промышленности. Ежегодно во всем мире образуется около 5-7 млн. тонн. Высокая влажность яблочных выжимок, способствующая к их быстрому

загниванию, с одной стороны, и их ценный химический состав, с другой стороны, обуславливают целесообразность комплексной переработки яблочных выжимок, что решает двудеиную задачу ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Из литературы известно [1-3], что применение яблочных выжимок можно разделить на две категории, включающие обычные способы как использование в качестве добавки в корма для животных и продукты питания или их компостирование, или получение дорогостоящих продуктов, включающих в себя функциональные ингредиенты (углеводы, фенольные соединения и др.), а также производство ценных продуктов (органические кислоты, пигменты, биотопливо). В связи с этим, необходимо разработать научные основы комплексной переработки яблочных выжимок для максимального повышения экономической эффективности процесса и расширения спектра получаемых продуктов из яблочных выжимок.

Цель исследований – разработка малоотходного способа переработки яблочных выжимок, позволяющего в едином цикле получать функциональные продукты для пищевой и биотехнологической промышленности (пектин и моносахариды).

Материалы и методы исследования

Объекты исследования: яблочные выжимки после отделения сока.

Реактивы: лимонная кислота, использованная в качестве гидролизующего агента; комплексный ферментный препарат Целлолюкс-А, продуцируемый микробной культурой *Trichoderma viride (reesei)*. Оптимальные условия: температура 50-60 °С, pH 4.0-6.0.

NaOH и другие реактивы по степени чистоты имели квалификацию ч.д.а.

Физико-химические свойства яблочного пектина определяли согласно ГОСТ 29186.

Идентификация сахаров в ферментоллизате проведена методом ВЭЖХ на жидкостном хроматографе с рефрактометрическим детектором Shimadzu RID-10A на колонке ReproSil-Pur NH₂ (250 x 4 мм) фирмы «Dr. Maisch GmbH».

Результаты и их обсуждение

Экспериментальная работа проведена в ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленном структурном подразделении ФИЦ КазНЦ РАН (Технологическая лаборатория).

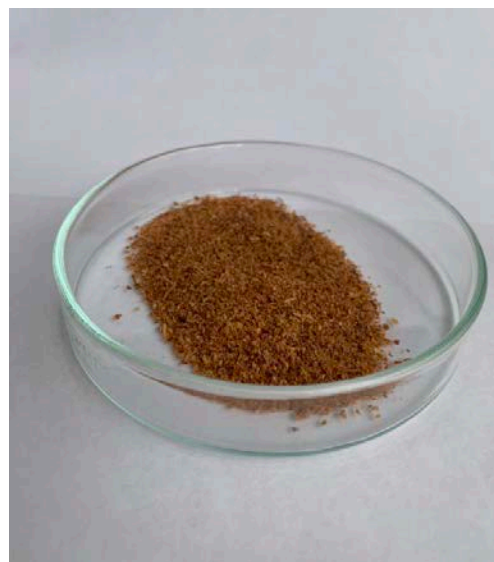
В рамках проведенных исследований была разработана экологически безопасная лабораторная технология получения функционального продукта – пектина из яблочных выжимок, состоящая из следующих стадий: предварительная обработка сырья (яблочных выжимок), гидролиз-экстракция, фильтрование экстракта с последующим его концентрированием, осаждение пектина, отделение пектина от жидкой фазы путем центрифугирования, сушка и измельчение готового продукта. Основным этапом технологии выделения пектина является процесс гидролиза-экстракции пектина, который проводился обработкой яблочных выжимок 0.5%-ным раствором лимонной кислоты в течение 5 часов при температуре бани 60 °С. Для оценки зависимости выхода конечных продуктов от временного фактора в работе проводился отбор проб из реакционной массы с после-

дующим определением содержания сухих веществ весовым методом через определенные промежутки времени (1, 2, 3, 4, 5 ч) и пектина кальций-пектатным методом. Выход пектина из яблочных выжимок на АСВ сырья при этом составил 7.96%. Выделенные пектины являются высокомолекулярными (83.66 кДа) и высокоэтерифицированными (66.6%).

Яблочный жом после выделения пектина высушивали, измельчали и просеяли через сито (фр. ≤ 1 мм, рис. 1).



А



Б

Рис. 1. Процесс просеивания обеспектиненного яблочного жома (А), измельченный жом ($d = 1$ мм, Б)

Ферментативный гидролиз (рис. 2) обеспектиненного яблочного жома проводили в течение 24 часов ($55\text{ }^{\circ}\text{C}$, рН 4) на магнитной мешалке (250 об/мин).



Рис. 2. Принципиальная схема ферментативного гидролиза обеспектиненного яблочного жома

Исследована зависимость концентрации сухих веществ от продолжительности проведения процесса ферментативного гидролиза (рис. 3). С использованием йодометрического метода найдено, что в конечном ферментолизате (24 ч) выход сахаров составляет 8.23% на АСВ исходного сырья – яблочных выжимок.

Идентификация сахаров в ферментолизате проведена методом ВЭЖХ, установлены следующие моно- и дисахарида: глюкоза, фруктоза и целлобиоза.

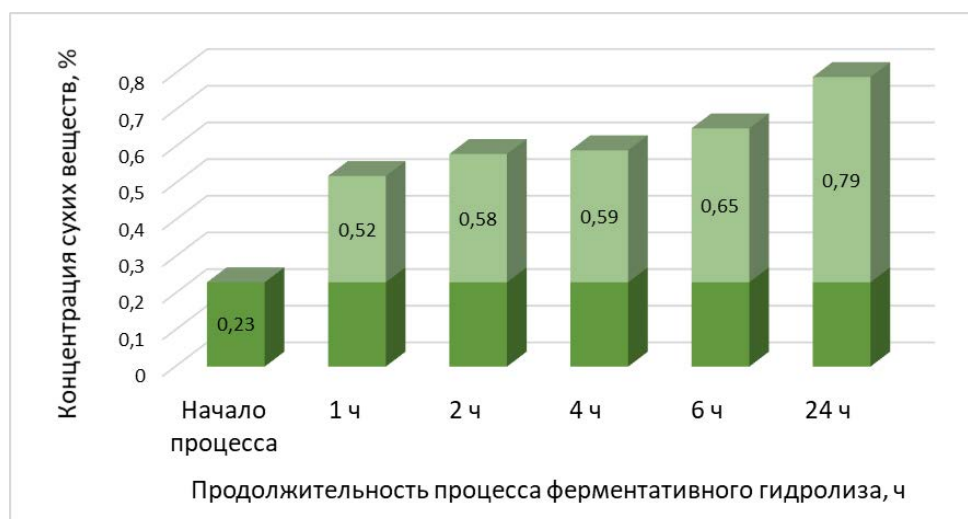


Рис. 3. Зависимость концентрации сухих веществ от продолжительности процесса ферментативного гидролиза обеспектиненного яблочного жома

Таким образом, найдены рациональные параметры процесса гидролиза-экстракции пектина из яблочных выжимок (гидромодуль – 1:7, температура бани – 60 °С, продолжительность 3 ч), обеспечивающие выход на АСВ сырья, равный 7.96%. Следует подчеркнуть, что способ получения пектина с использованием лимонной кислоты является экологически безопасным, при этом данный способ позволяет использовать в качестве целевых продуктов как пектин в виде аморфного порошка, так и пектиновый концентрат. Кроме того, найдены рациональные параметры процесса ферментативного гидролиза обеспектиненного яблочного жома: Целлолюкс-А, 55 °С, 6 ч, обеспечивающие выход сахаров на АСВ исходного сырья, равный 7.4%.

В рамках комплексной переработки яблочных выжимок, жом после извлечения практически ценных соединений (пектин, моно- и дисахарида) можно применять в качестве кормовых добавок для сельскохозяйственных животных или в качестве органического субстрата для получения биогаза в анаэробных условиях. После переработки в аэробных условиях оставшийся яблочный жом можно применять в качестве потенциального удобрения.

Список литературы

1. Fan Zhang, Tao Wang, Xin Wang, Xin Lü. Apple pomace as a potential valuable resource for full-components utilization: A review // Journal of Cleaner Production, 2021. Vol. 329. – P. 129676-129689. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129676. ISSN 0959-6526.

2. Noreen, A., Nazli, H., Akram, J., Rasul, I., Mansha, A., Yaqoob, N., Iqbal, R., Tabasum, S., Zuber, M., Zia, K.M. Pectins functionalized biomaterials; a new viable approach for biomedical applications: A review // *Int. J. Biol. Macromol*, 2017. – P. 254-272. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.03.029
3. S.T. Minzanova, V.F. Mironov, D.M. Arkhipova, A V. Khabibullina, L.G. Mironova, Y.M. Zakirova, V.A. Milyukov. Biological Activity and Pharmacological Application of Pectic Polysaccharides: A Review // *Polymers*, 2018. 10(12). – P. 1407. DOI:10.3390/polym10121407.

ПРИМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧЕНЬЯ

А. А. Наумова, О. В. Старовойтова, А. Р. Сафиуллин, Т. Н. Чурекеева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
Starovoitova-oks@mail.ru

Аннотация: Изучено влияние порошка из ягод крыжовника на показатели качества печенья. Отмечено, что органолептические и физико-химические показатели изделий с применением порошка из ягод крыжовника не уступали по качеству традиционным, а по ряду показателей были выше относительно контрольных. Рекомендована оптимальная дозировка порошка из ягод крыжовника 5 % к массе пшеничной муки при производстве печенья. Разработана технология производства нового печенья «Интрига» с применением порошка из ягод крыжовника в оптимальной концентрации к массе пшеничной муки.

Ключевые слова: показатели качества, кондитерские изделия печенья, порошок из ягод крыжовника, нетрадиционное сырье.

USING OF THE VEGETABLE AND BERRY RAW MATERIALS IN THE PRODUCTION OF COOKIES

A. A. Naumova, O.V. Starovoitova, A.R. Safiullin, T. N. Churekeeva

Kazan National Research Technological University", Kazan, Russia

Abstract: The influence of gooseberry berry powder on cookie quality indicators has been studied. It was noted that the organoleptic and physico-chemical indicators of products using gooseberry powder were not inferior in quality to traditional ones, and in a number of indicators were higher relative to the control ones. The optimal dosage of gooseberry berry powder of 5% by weight of wheat flour in the production of cookies is recommended. The technology of production of a new cookie "Intriga" has been developed with the use of gooseberry berry powder in an optimal concentration to the weight of wheat flour.

Keywords: quality indicators, confectionery cookies, gooseberry powder, non-traditional raw materials.

На сегодняшний день овощи, плоды и ягоды играют важную роль в питании человека. Ягоды являются источниками углеводов, витаминов и минеральных веществ. Здоровое питание предполагает внесение в рацион человека продукты, содержащие макро-и микронутриенты [1]. Ягоды крыжовника – это достаточный источник разнообразных витаминов такие как А, С, Р. При этом плоды спелого крыжовника содержат большое количество фолиевой кислоты, микроэлементы кобальт, фосфор, железо, кальций, калий, цинк, натрий и марганец. Плоды крыжовника широко используется при профилактике атеросклероза,

гипертонии и сердечно-сосудистых заболеваний. В связи с этим крыжовник применяют при производстве продуктов питания для повышения их пищевой ценности.

Цель работы заключалась в разработке мучного кондитерского изделия печенья с применением нетрадиционного сырья растительного происхождения – порошок из ягод крыжовника.

При проведении исследований при производстве печенья использовали порошок из ягод крыжовника в дозировках 1-5 % к массе муки в тесте. Печенье готовили на хлебопекарных дрожжах. Опытными считали образцы с внесением порошка из ягод крыжовника, контрольными – без порошка из ягод крыжовника.

В рецептуру опытных образцов вносили порошок из ягод крыжовника, полученный из местного сырья в вибрационной вакуумной сушилке-мельницы на кафедре оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО КНИТУ [2].

Результаты исследования по влиянию порошка из ягод крыжовника на подъемную силу хлебопекарных дрожжей показали (рисунок 1), что при увеличении дозировки порошка до 5 % в опытных образцах, существенно не оказывает влияние на подъем шарика теста, замешенного из муки, хлебопекарных дрожжей, воды и порошка из ягод крыжовника.

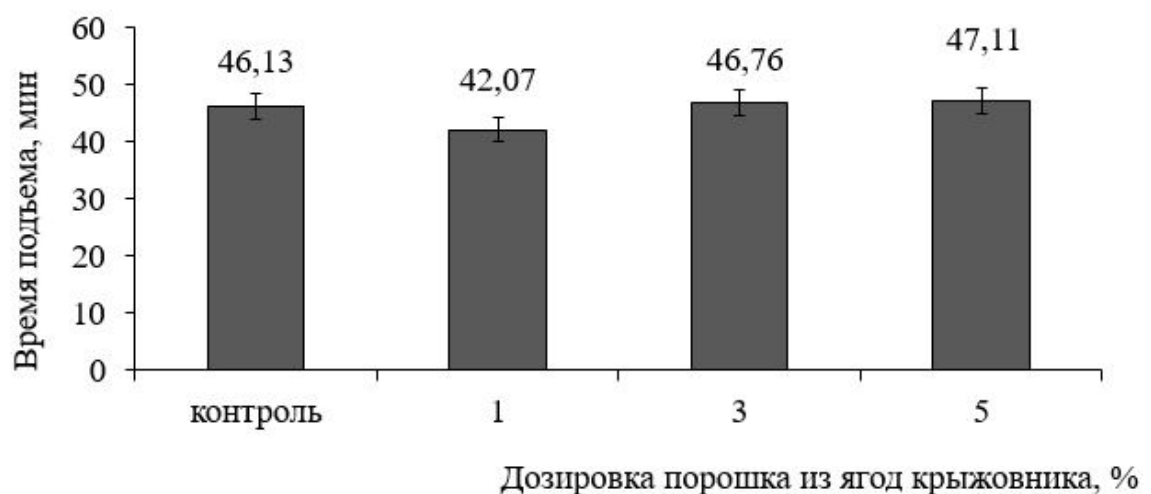


Рис. 1. Значение подъемной силы дрожжей в зависимости от дозировки порошка из ягод крыжовника

В опытных образцах, содержащих 1 % порошка из ягод крыжовника, показатель подъемная сила дрожжей снижался на 8,8 % относительно контроля, что свидетельствует о повышении бродильной активности хлебопекарных дрожжей. По-видимому, это связано с тем, что порошок из ягод крыжовника содержит сахара, витамины, макро- и микроэлементы, органические кислоты. Которые обеспечивают дополнительное поступление питания для дрожжевых клеток и активацию бродильных ферментов. Максимальное увеличение времени подъема шарика менее чем на 1 минуту отмечено в опытных образцах, при добавлении порошка из ягод крыжовника в дозировке 5 % от массы муки.

Результаты органолептических исследований печенья проводились с учетом балльной оценки (рисунок 2). Дегустационная оценка выявила, что добавление порошка из ягод крыжовника в изделия усиливает вкусовые качества продукции и придает изделиям фруктовый запах. Это обусловлено тем, что порошок из ягод крыжовника содержит большое количество кислот, которые способствуют образованию вкуса и аромата. При внесении порошка из ягод крыжовника, особенно в дозировке 5 % к массе муки, происходило увеличение оценочного балла органолептических показателей.

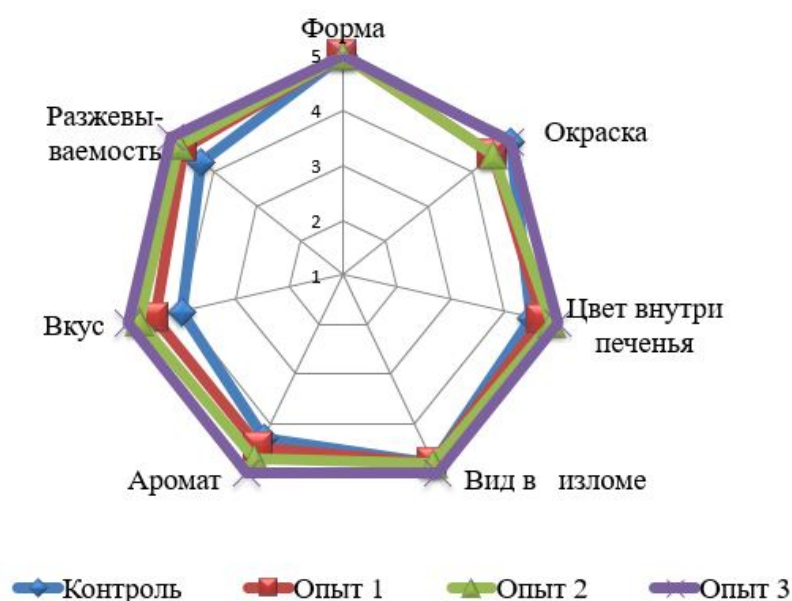


Рис. 2. Оценка показателей качества печенья

С учетом балльной органолептической оценки выявлено, что печенье с дозировкой 5 % порошка к массе пшеничной муки имело наибольший оценочный балл.

Установлено, что с увеличением дозировки порошка из ягод крыжовника в опытных образцах, увеличивалась влажность готовых изделий (таблица 1).

Показатель намокаемость опытных образцов печенья с дозировкой 1 % порошка из ягод крыжовника увеличивалась на 15 %, с дозировкой 3 % порошка - на 9 % и 5 % - на 11 % относительно контроля. Намокаемость характеризует пористость изделия. Чем быстрее печенье намокает, тем его качество считается лучшим. Внесение порошка из ягод крыжовника также влияло на показатель плотности печенья всех образцов печенья.

Таблица 1

Физико-химические показатели печенья

Наименование показателя	Контроль	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Влажность, %	11,02	12,24	12,82	13,13
Намокаемость, %	150	176	164	169
Плотность, г/см ³	0,62	0,63	0,61	0,85

Важным показателем качества все мучных изделий, в том числе и печенья, является длительность их хранения. На сроки хранения исследовали все контрольные и опытные образцы печенья, содержащие порошок из ягод крыжовника.

Выявлено, что при хранении контрольных образцов масса печенья за 45 суток уменьшается на 10 %. При хранении печенья с дозировкой 1 % порошка из ягод крыжовника к массе пшеничной муки масса печенья на протяжении всего срока хранения уменьшается только на 6 %. При хранении печенья с дозировкой 3 % порошка из ягод крыжовника масса печенья уменьшается на 8 %, а масса печенья с дозировкой 5 % порошка из ягод крыжовника уменьшалась на 7 % относительно первых суток хранения. Выявлено, что при внесении добавки порошка из ягод крыжовника снижается интенсивность потери влаги в процессе хранения опытных изделий.

Разработано новое печенье «Интрига» с применением порошка из ягод крыжовника. Пищевая ценность печенья характеризуется химическим составом пищевого продукта и включает энергетическую, биологическую, физиологическую и органолептическую ценности, усвояемость и доброкачественность продукта. Энергетическая ценность кондитерских изделий печенье по традиционной рецептуре составляет 381 ккал, что на 35 ккал больше, чем у нового печенья «Интрига», энергетическая ценность которого составила 346 ккал. Пищевая ценность новых мучных кондитерских изделий пряники «Интрига» повышается. По макро- и микроэлементам (расчетный метод) значительно увеличивается содержание железа, кремния, меди, а так же калия, кальция, селена и цинка. Значительно увеличилось количество витаминов С, А, К, Е и витаминов группы В (В2, В5, В6, В9) и холина по сравнению с изделием по традиционной рецептуре.

Список литературы

1. Щербакова Н.А. Создание мучных кондитерских изделий с улучшенным пищевым профилем за счет моделирования их рецептурного состава с использование натуральных функциональных пищевых ингредиентов / Н.А. Щербакова, С.Ю. Мистенева // Товаровед продовольственных товаров. – 2022. – №5.
2. Нуриахметова И.А. Вибрационная сушилка – мельница для получения порошковых продуктов / И.А. Нуриахметова, Н.З. Дубкова // Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2018». МНТК «ИМТОМ 2018». – 2018. – С.80-83.

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА МОРКОВИ НА ПРОДУКТЫ КОРМОВОГО, ПИЩЕВОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

К. Р. Сибгатуллина, Ю. Д. Сидоров

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
sibgatullin.6599@mail.ru

Аннотация: в данной статье был рассмотрен процесс комплексной переработки морковного сырья на продукты кормового, пищевого и технического назначения. Объяснена популярности и важность морковной культуры в сельском хозяйстве, а также предоставлен химический анализ состава моркови, объясняющее его полезные свойства. Описаны основные этапы переработки морковного сырья для использования его в качестве корма и добавок, ингредиентов пищевой промышленности и для технического назначения.

Ключевые слова: морковное сырье, комплексная переработка, хранение, полезные свойства, сельское хозяйство.

COMPLEX PROCESSING OF CARROTS FOR FORAGE, FOOD AND TECHNICAL PRODUCTS

K. R. Sibgatullina, Y. D. Sidorov

Kazan National Research University of Technology

Abstract: in this article, the process of complex processing of carrot raw materials for feed, food and technical products was considered. The popularity and importance of carrots in agriculture is explained, and a chemical analysis of the composition of carrots is provided, explaining its beneficial properties. The main stages of the processing of raw carrots for use as feed and additives, food industry ingredients and for technical purposes are described.

Keywords: carrot raw materials, complex processing, storage, useful properties, agriculture.

Одно из лидирующих по важности и полезности овощей в овощеводстве занимает морковь. Данный представитель семейства сельдерейных является наиболее распространенной. Причиной такой популярности моркови можно назвать её полезные свойства, позволяющие применять данный вид овощей во многих сферах овощеводства. Так, например, морковь является эффективным средством профилактики при заболеваниях глаз, анемии, а также болезней зубов. Например, морковное пюре имеет большую популярность в качестве ингредиентов для детского питания, производстве яблочно-морковных соков и нектаров, а также в промышленной переработке [1]. Есть множество способов применения моркови, однако основными его назначения являются производство кормов, пищи и техническое назначение. Именно поэтому данная статья является актуальной на сегодняшний день.

В сельском хозяйстве морковь принято применять в трех назначениях: в качестве корма или добавок для скота, как ингредиент пищевой промышленности и техническое применение данного продукта. Все дело в том, что морковь богата огромным количеством полезных витаминов и питательных веществ. Благодаря многочисленным химическим исследованиям можно сделать вывод, что в 100 граммах моркови содержатся следующие элементы: натрий (21 миллиграмм), хлор (63 мг), калий (200 мг), магний (38 мг), фосфор (55 мг), кальций (27 мг), 6 мг серы, 0,7 мг железа, 0,4 цинка, 5мкг (микрограмм) йода, 80 мкг меди, 0,2 мкг марганца, 0,1 мкг селена, 3 мкг хрома и т.д [2]. Также, благодаря данному химическому составу, в 100 граммах моркови формируются следующие соединения: витамин А (2000 микрограмм), β -каротин (12 мг), рибофлавин (0,07 мг), филлохинон (13,2 мкг), пиридоксин (0,1 мг), тиамин (0,06 мг), витамин РР (1 мг), фолиевая кислота (9мкг), биотин (0,06 мкг), витамин Е (0,04 мкг), витамин Е (5 мг). Основываясь на исследованиях НИИ питания РАМН можно сделать выводы, что необходимым элементом процессов возобновления эпителиальной и косной тканей является витамин А. Дефицит витамина А в организме может вести не только к ухудшению способности организма восстанавливаться, но и может привести к нарушению темновой адаптации и уменьшению ороговения эпителия. Однако при внесении моркови и натуральной морковной продукции в рацион человека на долгосрочной основе позволит обогатить организм человека множеством витаминами и микроэлементами, что приведет к улучшению самочувствия, улучшению иммунитета, а также будет являться профилактикой многих от болезней.

Благодаря таким ценным свойствам, морковь стала целью многочисленных селекционеров из-за чего был выведены разнообразные сорта данной культуры. Для кормовых целей выращивают столовые сорта моркови: Шантене 2461. Шантене Сквирская, Бирючукская, Бесподобная, Лосиноостровская и Витаминная. Именно эти сорта моркови известным высоким содержанием каротина, что делают их ценнейшими продуктами для питания человека и животного. В кормовом производстве всего 100 килограмм моркови составляют целые 12 кормовые порции, что является источником 800 грамм перевариваемого протеина, 14,7 грамм каротина, 31 грамм кальция, 40 грамм фосфора. Это позволяет достигать высоких показателей в скотоводстве натуральным способом, без применения химических добавок и генетически модифицированных организмов, не теряя качества результата скотоводческой деятельности.

Для кормовых целей листья моркови используют в свежем, сушеном и силосованном виде. Урожайность кормовой моркови достигает 30-50 тон/гектар. Данный высокий уровень урожайности достигается благодаря высокой степени холодостойкости и стойкости к недостатку влаги. Так, семена кормовой моркови способны прорасти при температуре 2-4 градусов Цельсия, а всходы способны выдержать заморозки -6 градусов Цельсия [2].

Однако, такой высокий уровень урожайности создает немаловажную задачу для сельскохозяйственной деятельности, а именно необходимо перерабатывать высокий объем сырья, а также хранить её для обеспечения качества переработанной моркови. С развитием науки удалось разработать методы хранения и

переработки, которые позволяют сократить потери продукции. В результате этого расходы на хранение сведены к минимуму.

С наступлением промышленной и научно-технической революций также изменились и способы сохранения пищевого сырья и продукции. С появлением современных контейнеров, ящиков, полиэтиленовых пакетов и т.д., процессы и результаты консервирования стали заметно эффективнее. Консервирование – это процесс, целью которой является увеличение срока хранения пищевой продукции путем уничтожения микроорганизмов, чей жизненный процесс может нанести вред целостности продукта и вызвать гниение. Благодаря многим способам и технологиям обработки пищевого сырья ценность морковной продукции возросла в разы, а также появилась возможность применять биологически активные вещества для обогащения морковосодержащие корма. Важнейшим компонентом в консервировании пищевого сырья является его стерилизация. Это позволяет сохранить пищевую ценность, органолептические свойства, безопасность продукта для потребителя и создает необходимые предпосылки для длительного хранения консервов надлежащего качества. Традиционным видом стерилизации является термообработка – воздействие высоких температур позволяет уничтожать до 90% всех микроорганизмов на поверхности моркови. Однако, стоит отметить, что необходима строгое соблюдение норм термообработки, ведь при меньших температурах выживает огромное количество вирусов и бактерий, а при уровне температуры выше нормы теряется качество продукции. Поэтому данный процесс выполняется технологическими аппаратами, а за правильностью протекания процесса тщательно наблюдается ответственным лицом. Немаловажной частью сохранения длительности хранения продукции является его упаковка. Автоматизированные системы уже давно используются для герметизации упаковок. Это связано с тем, что в некачественно герметизированной упаковке способны попадать и развиваться микроорганизмы. Такую продукцию нельзя применять ни для продажи в качестве пищи, ни в качестве корма или для технологических целей.

Для комплексной переработки морковного сырья применяются производственные алгоритмы, которые включают в себя следующие этапы: приемка сырья и материалов (входной контроль), хранение сырья, мойка и очистка от механических примесей с помощью барабанной моечной машины, паротермическая чистка кожицы с помощью паротермического агрегата и щеточной моечной машин, инспекция и доочистка сырья с помощью роликового транспортёра и душевой установки, дробление, предварительная термообработка, измельчение на пюре, гомогенизация и деаэрация, стерилизация и охлаждение, асептический розлив и этап хранения [3]. Благодаря данной тщательной переработке морковного сырья сокращается вероятность гниения, высыхания и порчи конечного продукта, что имеет большое значение как для применения его в кормовом, пищевом и техническом назначении. В результате переработки данное сырье можно применять как для изготовления кормов для животных, в качестве пищи человеку, а также изготовление технической продукции, такие как: сок с мякотью, соки с мякотью купажируемые, яблочно-морковные, морковно-яблочные

и другие купажированные, морковные напитки и каши, овощефруктовые и морковные пасты.

Таким образом, морковь является одним из полезнейших овощных культур, включающее в себя огромное количество витаминов и питательных элементов, которые благотворно влияют на организм человека, а также являются средствами профилактики анемии, заболеваний глаз, болезней зубов. Однако основным применением морковного сырья является создание кормов, пищи и техническое производство. Использование морковного сырья в производственных масштабах связано с его высокой урожайностью, которая достигается благодаря холодостойкости и стойкости при отсутствии влаги, что позволяет засаживать данную культуру повсеместно. Для хранения и переработки морковного сырья применяются такие методы, как консервирование. Существует алгоритм переработки морковного материала, благодаря которому сырье пригодно для применения во всех видах назначения и включает в себя 12 этапов обработки моркови от разрушающих факторов.

Список литературы

1. Чимонина И.В., Кочярян С.А., Биотехнологические особенности использования моркови и ее влияние на состояние организма человека // Мир науки, культуры, образования. – 2014. – № 3 (46). – С. 419-420.
2. Барабанов И.В. Совершенствование элементов технологии переработки моркови на пюре для здорового питания: автореф. дис. канд. сел. хоз. наук: 05.18.01. – Мичуринск, 2014. – 23 с.
3. Папикян Т.А., Разработка комплексной пробиотической кормовой добавки на основе вторичного сырья переработки моркови // Аллея науки. – 2017. – №12. – С. 262-265.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК НА КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Р. Т. Тимакова, И. А. Ледяев

Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург,
Россия
timakrt@usue.ru

Аннотация: Опытным путем обоснована возможность использования яблочного порошка и соевой муки в качестве источников витаминов в хлебобулочных изделиях. Осуществлена оценка органолептических показателей опытных образцов с внесением в рецептуру компонентов: 2,5%; 5,0% и 7,5% яблочного порошка и 2,5%; 5,0% и 7,5% соевой муки. Установлено оптимальное содержание яблочного порошка – 5% и соевой муки – 5%. В результате исследования содержания водорастворимых витаминов методом высокожидкостной хроматографии установлено увеличение количества аскорбиновой кислоты, тиамина, рибофлавина и пантотеновой кислоты.

Ключевые слова: яблочный порошок, соевая мука, хлебобулочные изделия, водорастворимые витамины

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF HERBAL ADDITIVES ON THE QUALITY OF BAKERY PRODUCTS

R. T. Timakova, I. A. Ledyayev

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russian Federation, timakrt@usue.ru

Abstract: The possibility of using apple powder and soy flour as sources of vitamins in bakery products has been experimentally substantiated. The organoleptic parameters of the prototypes were evaluated with the addition of components to the formulation: 2.5%; 5.0% and 7.5% apple powder and 2.5%; 5.0% and 7.5% soy flour. The optimal content of apple powder is 5% and soy flour is 5%. As a result of the study of the content of water-soluble vitamins by high-liquid chromatography, an increase in the amount of ascorbic acid, thiamine, riboflavin and pantothenic acid was found.

Key words: apple powder, soy flour, bakery products, water-soluble vitamins

Введение

Хлебобулочные изделия являются незаменимым продуктом в рационе россиян. Однако химический состав хлебобулочных изделий не соответствует требованиям нутрициологии из-за присутствия легкоусвояемых углеводов и незначительного содержания пищевых волокон, витаминов и макро- и микроэлементов [1].

Продукты переработки плодов и овощей, находящиеся в сухом виде (выжимки, кусочки, порошки), в перспективе могут выступать в качестве сырьевых источников для обогащения хлебобулочных изделий, поскольку содержат незаменимые биологически активные вещества [2].

Использование продуктов переработки растительного сырья даёт возможность улучшать качество муки в результате корректирования её хлебопекарных свойств, а также усиления функциональной направленности и пищевой ценности в результате обогащения пектиновыми веществами и витаминами, присутствующими в легкоусвояемой форме в фитопорошках из яблок или яблочных выжимок [3].

Применение яблочного сырья в виде порошков отличается своей технологической доступностью в производстве, а также хорошей растворимостью в воде [4].

Добавление в рецептуру хлебобулочных изделий соевой муки – ценного источника питательных веществ ведёт к улучшению качественных характеристик хлебобулочных изделий и повышению пищевой и биологической ценности. Хлебобулочные изделия с добавлением соевой муки отличаются повышенным содержанием, витаминов, макро- и микроэлементов, пищевых волокон, липидов и белка, также сбалансированным аминокислотным составом и лучшей усвояемостью [5,6].

В связи с тем, что обогащение хлебобулочного изделия яблочным порошком и соевой мукой влияет на изменение содержания витаминного комплекса, целью данной работы является исследование влияния рецептурного состава хлебобулочного изделия на содержание водорастворимых витаминов.

Методы и материалы

Были сформированы 4 группы сырьевых компонентов для производства батона студенческого. Для первой группы (контрольная) применяется стандартная рецептура батона студенческого: мука пшеничная первого сорта – 200 г, дрожжи прессованные 2 г, соль поваренная 3 г, сахар 4 г, маргарин 9 г, в рецептуру трех опытных групп вносились в разных концентрациях яблочный порошок (после отжима сока прессованием свежих яблок разных помологических сортов: Настенька, Уралец, Фермер и Янтарь и дальнейшего высушивания яблочного жмыха при температуре +45°C, до влажности 4-6%) и дезодорированной полуобезжиренной соевой муки. В рецептуру второй, третьей и четвёртой опытных групп были внесены 2,5%; 5,0% и 7,5% яблочного порошка соответственно и соевой муки в количестве 2,5 %; 5,0 % и 7,5% от массы пшеничной муки первого сорта.

Тесто для батона студенческого заводили опарным способом, используя густую опару. Оценку качества готовых изделий осуществляли по органолептическим показателям согласно ГОСТ 27844-88 «Изделия булочные. Технические условия»; определение содержания водорастворимых витаминов согласно ГОСТ 34258—2017 на высокоэффективном жидкостном хроматографе Agilent 1260 Infinity в соответствии методикой, разработанной на базе ЕЛК УрГЭУ. Суть методики заключалась в гомогенизации 5 г навески образца мякиша батона студенческого в гомогенизаторе при 200000 Гц в течении 3 минут, с последующим фильтрованием экстракта через бумажный фильтр и очисткой с помощью шприцевого фильтра 0,45 мкм, после чего экстракт анализировался на жидкостном хроматографе.

Результаты и обсуждение

После замеса опары, с внесением яблочного порошка и соевой муки в различных дозировках, её брожения, дальнейшего внесения всего количества муки и остальных компонентов и последующего формования изделий, предварительной расстойки, раскатывания пластов, их скручивания и далее идущей окончательной расстойки, осуществлялась выпечка батонов.

По окончании выпечки и остывания батонов была проведена органолептическая оценка (таблица 1).

Таблица 1

Органолептические показатели батона студенческого с добавлением и без добавления яблочного порошка и соевой муки

Наименование показателя	Контрольный образец 1-я группа	Опытные группы с внесением яблочного порошка и соевой муки		
		2-я	3-я	4-я
Внешний вид	Форма продолговато-овальная, четко очерченная, без притисков, с одним продольным надрезом, поверхность гладкая.			
	Цвет светло-коричневый			Цвет коричневый
Состояние мякиша	Пропечённый, эластичный, без следов непромеса, пористость, в 4-м образце мякиш слегка влажный			
Вкус и запах	Свойственный, чистый			Слабый яблочный привкус и запах

В образцах хлеба контрольной группы и опытных поверхность и цвет мякиша с повышением дозировки ставились темнее. Пропечённость, пористость, промес, вкус и запах в 1-й, 2-й и 3-й группах соответствовали нормативным требованиям, в 4-й группе образцов мякиш был слегка влажным и аромат и появился характерный яблочный привкус и запах. Все выпеченные образцы по органолептическим показателям соответствовали требованиям ГОСТ 27844-88 «Изделия булочные. Технические условия». В образцах четвертой группы было выявлено несоответствие по такому показателю, как пропечённость.

По результатам органолептической оценки наиболее предпочтительным для исследования опытных образцов по содержанию водорастворимых витаминов был выбран образец 3-й группы, поскольку обладает наиболее предпочтительными органолептическими характеристиками, положительно характеризующими его, а также наибольшей концентрацией яблочного порошка и соевой муки, не сказывающимися на изменении органолептических показателей вкуса и запаха батона студенческого, по сравнению с образцами контрольной группы.

В таблице 2 представлены результаты исследования витаминного состава.

В результате проведённого исследования водорастворимых витаминов в образце контрольной группы (без внесения добавок) и опытной группы батона студенческого с добавлением яблочного порошка и соевой муки в концентрациях 5 и 5% соответственно было установлено увеличение количества витамина С в образцах 3-й опытной группы – на 7,2 %, витамина В1 – на 29,5 %, витамина

В2 – на 49,0 %, витамина В5 – на 34,7 %, содержание витамина В6, В9 и РР не изменилось.

Таблица 2

Содержание витаминного комплекса в батоне студенческом с добавлением и без добавления яблочного порошка (5 %) и соевой муки (5 %), мг/100 г

Наименование витамина		Контроль- ный образец	Опытный образец 3-я группа
1.	С (аскорбиновая кислота)	4,70±0,08	5,04±0,09
2.	В1 (тиамин)	3,92±0,03	5,08±0,06
3.	В2 (рибофлавин)	0,53±0,01	0,79±0,02
4.	В5 (пантотеновая кислота)	6,70±0,06	9,03±0,04
5.	В6 (пиридоксин)	0,04±0,01	0,04±0,01
6.	В9 (фолиевая кислота)	0,09±0,01	0,09±0,01
7.	РР (никотиновая кислота)	0,04±0,01	0,04±0,01

Визуализация полученных результатов представлена на рисунке 1.

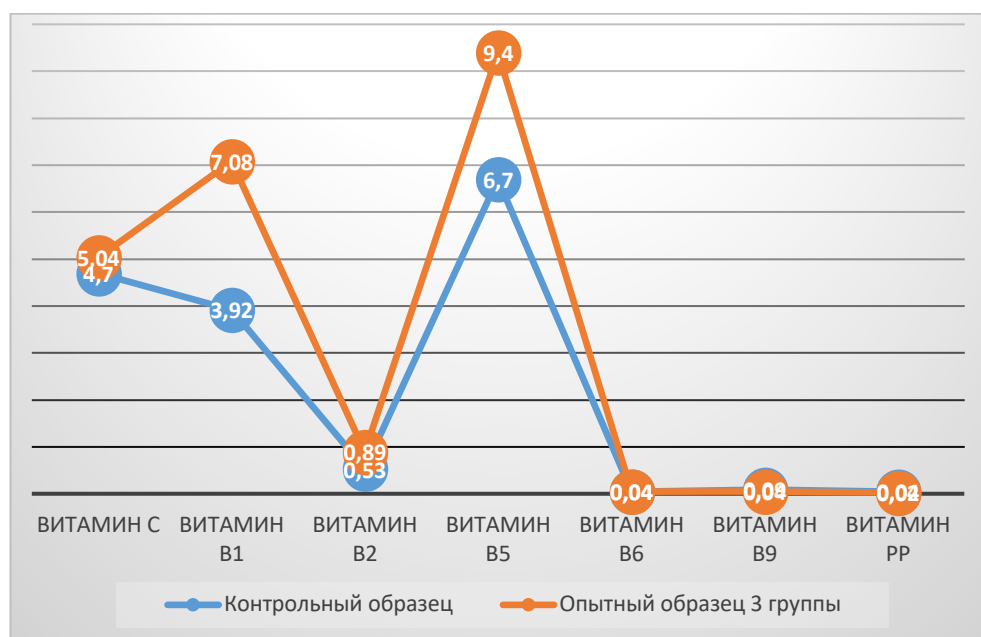


Рис. 1. Содержание витаминного комплекса в батоне студенческом с добавлением и без добавления яблочного порошка (5 %) и соевой муки (5 %), мг/100 г

Заключение

Внесение в рецептуру булочного изделия яблочного порошка и соевой муки в различных концентрация (2,5 %; 5 % и 7,5% к массе муки в тесте) ведет к изменению органолептических показателей готового изделия, в опытных образцах 2-й и 3-й группах не показали существенных отличий от образцов 1-й контрольной группы по исследуемым показателям, образец 4-й группы имел привкус и запах характерный для одной из вносимых добавок, а именно яблочный

привкус и запах. Данный параметр может негативно повлиять отношение потребителя к продукту. Результаты при определении содержания водорастворимых витаминов путём жидкостной хроматографии, у образца контрольной группы и у образца отобранного по результатам органолептического анализа (образец 3 группы, с внесением 5% яблочного порошка и 5% соевой муки), свидетельствуют о положительном влиянии внесения в рецептуру булочного изделия пищевых добавок, так в результате обогащения рецептуры произошло увеличение витаминов С, В1, В2, В5. Результаты исследования отличаются практической применимостью в современном хлебопечении и научная значимость определена в исследовании возможности применения натуральных продуктов переработки яблочного сырья для витаминизации хлебобулочных изделий.

Список литературы

1. Шмайлова Т.А., Сидельникова Н.А. Мониторинг технологических свойств муки различных производителей //Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С.1650–1657.
2. Акулич, А. В. Разработка компонентного состава сухих композитных смесей для заварных сортов хлеба улучшенной пищевой ценности / А. В. Акулич, Т. Д. Самуйленко, Р. Т. Тимакова // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 4. С. 158-171.
3. Тимакова, Р. Т. Оценка качества пшеничного хлеба, обогащенного натуральным яблочным сырьем / Р. Т. Тимакова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2020. № 2(44). С. 22-28.
4. Сидельникова, Н. А. Перспективы использования фитопорошков для улучшения технологических свойств муки / Н. А. Сидельникова, Т. А. Шмайлова // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 9. № 12. С. 91-96.
5. Ефремова Е.Н., Зенина Е.А., Шершнев А.А. Влияние соевой муки на качество пшеничного хлеба // Вестник КрасГАУ. 2020. №3 (156).
6. Кубанкова Г.В. совершенствование технологии и товароведная характеристика хлеба, обогащённого мукой из вторичного соевого сырья // Вестник ТГЭУ. 2022. №2 (102).

ПРОИЗВОДСТВО ХЛЕБА С ДОБАВЛЕНИЕМ ОТРУБЕЙ

**Л. А. Фролова, Л. И. Агзамова, Р. З. Агзамов, Г. М. Габдуллина,
З. Ш. Мингалеева**

ОАО «Нижекамский хлебокомбинат», г. Нижнекамск, Россия
 Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)
 ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
 технологический университет», г. Нижнекамск, Россия
 ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
 технологический университет», г. Казань, Россия
liliya.sch@mail.ru

Аннотация. В работе показана целесообразность применения пшеничных отрубей в качестве рецептурного компонента при производстве хлебных изделий.

Ключевые слова: отруби пшеничные, пищевые волокна, хлеб из пшеничной муки первого сорта.

PRODUCTION OF BREAD WITH THE ADDITION OF BRAN

L. A. Frolova¹, L. I. Agzamova², R. Z. Agzamov², G. M. Gabdullina¹, Z. S. Mingaleeva³

¹The Company «Nizhnekamskiy khlebocombinat», Nizhnekamsk, Russia

²Nizhnekamsk Institute of Chemical Technology (branch)
 Kazan National Research Technological University, Nizhnekamsk, Russia

³Kazan National Research Technological University", Kazan, Russia

Abstract. The paper shows the feasibility of using wheat bran as a prescription component in the production of bread products.

Keywords: wheat bran, dietary fiber, bread made from wheat flour of the first grade.

В настоящее время, согласно современным предпочтениям потребителей, на хлебопекарных предприятиях наблюдается тенденция к увеличению объема производства продукции, в том числе за счет расширения ассортимента хлебобулочных изделий с повышенной пищевой ценностью и улучшенными показателями качества. Предусматривается также разработка и выпуск продукции с применением нетрадиционных видов сырья растительного происхождения [1, 2].

Известно, что отруби злаковых культур, являющиеся вторичным продуктом мукомольного производства, богаты ценными пищевыми нутриентами и могут применяться для создания лечебно-профилактических и специализированных продуктов питания на зерновой основе.

Пшеничные отруби являются полноценным источником пищевых растительных волокон, отличаются богатым витаминно-минеральным комплексом и

относятся к незаменимым компонентам рациона питания современного человека. Отруби зерна пшеницы, содержащие в своем составе клетчатку, гемицеллюлозу и другие волокнистые полисахариды, способствуют интенсификации процесса обмена веществ, а также подавляют накопление токсикантов в организме человека. Кроме того, технология получения пшеничных отрубей является достаточно простой и рентабельной, поскольку может быть реализована на мукомольных предприятиях на этапах дробления зерна и просеивания сортовой муки от побочных продуктов [3].

Целью исследования является изучение возможности применения пшеничных отрубей как рецептурного компонента при производстве хлеба из пшеничной муки первого сорта.

В таблице 1 представлен химический состав отрубей пшеничных.

Таблица 1

Химический состав отрубей пшеничных диетических

Наименование компонента	Содержание
Белки	10-18
Крахмал, %, не более	15
Пищевые волокна, %, не менее	45-47
в том числе:	-
целлюлоза, %	10-12
гемицеллюлоза, %	22-26
пектиновые вещества, %	4-6
лигнин, %	11-13
Калорийность ккал/100 г продукта	150

В работе в качестве контроля использовались образцы хлеба из пшеничной муки первого сорта, выпеченные по традиционной технологии, а в качестве опытных образцов – хлебные изделия, приготовленные с частичной заменой сортовой муки пшеничными отрубями (таблица 2). Необходимо также отметить, что качество отрубей пшеничных соответствовало требованиям нормативной документации на данный вид продукции [4].

Таблица 2

Замена пшеничной муки на диетические пшеничные отруби

Наименование образца	Содержание диетических пшеничных отрубей, % к массе пшеничной муки
Контроль	-
Опыт № 1	10
Опыт № 2	20

При проведении эксперимента образцы хлеба вырабатывались подовыми на густой опаре в виде целого изделия массой 0,25 кг. Пшеничные отруби вносились после предварительного просеивания на стадии замеса теста.

Органолептические и физико-химические показатели качества хлебных изделий представлены в таблицах 3 и 4.

Органолептические показатели качества образцов хлебных изделий

Наименование показателя	Характеристика образца		
	Контроль	Опыт № 1	Опыт № 2
Внешний вид:			
форма	округлая, не расплывчатая, без притисков и боковых выплывов		продолговато-овальная
поверхность	без крупных трещин и подрывов	шероховатая с небольшим включением отрубей и дробленой пшеничной крупки	с подрывами и наличием отрубей и дробленой пшеничной крупки
цвет корки	золотистый, без подгорелости	золотисто-коричневый, без подгорелости	коричневый, без подгорелости
Состояние мякиша:			
пропеченность	пропеченный, эластичный	слегка влажный на ощупь, малоэластичный	слегка влажный на ощупь, неэластичный
промес	без комочков и следов непромеса		
пористость	тонкостенная, равномерная, развитая, без пустот и уплотнений		мелкая, плотная
цвет	кремовый		светло-коричневый
Вкус	свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	слабовыраженный, приятный привкус пшеничных отрубей	выраженный привкус пшеничных отрубей
Запах	свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	слабовыраженный, приятный запах пшеничных отрубей	выраженный запах пшеничных отрубей

Сравнительный анализ данных таблиц 3 и 4 позволяет сделать вывод о том, что хлеб с добавлением отрубей в количестве 10 % к массе муки (опыт № 1) по органолептическим и физико-химическим показателям качества соответствует требованиям нормативной документации [5]. Увеличение дозировки исследуемой добавки в рецептуре хлебного изделия приводит к снижению качественных показателей и потребительских свойств хлебного изделия: ухудшая пористость и повышается общая кислотность готовой продукции. Кроме того, дегустационная оценка исследуемых образцов показала, что замена пшеничной муки первого сорта отрубями в количестве 10 % к массе муки способствует улучшению вкуса и аромата выпеченных изделий.

Таким образом, показана целесообразность применения пшеничных отрубей в качестве рецептурного компонента при производстве хлебных изделий. Хлеб с добавлением пшеничных отрубей может быть рекомендован как лечебно-профилактический для групп потребителей, нуждающихся в коррекции рациона питания по содержанию пищевых волокон.

Таблица 4

Физико-химические показатели качества образцов хлебных изделий

Наименование показателя	Значение показателя для образца			
	Норма по ГОСТ Р 56631- 2015	Контроль	Опыт № 1	Опыт № 2
Влажность мякиша, % не более	45,0	44,0	43,4	43,0
Кислотность мякиша, град., не более	4,0	3,1	3,3	3,7
Пористость, %, не менее	65	75	73	64

Список литературы

1. Маслов, А.В. Применение методов обобщенного приведенного градиента и дробного факторного эксперимента при оптимизации состава пищевой комплексной добавки для хлеба повышенной пищевой ценности / А.В. Маслов, А.И. Биктагирова, Л.И. Агзамова, З.Ш. Мингалеева // Индустрия питания – 2021. – Т 16 (№ 3). – С. 5-14.
2. Мингалеева, З.Ш. Использование янтарной кислоты в технологии хлеба из ржано-пшеничной муки / З.Ш. Мингалеева, Л.И. Агзамова, О.А. Решетник // Хлебопродукты. – 2016. – № 4 – С. 42-43.
3. Ваницкая, Т.В. Сравнительная характеристика химического состава зерна пшеницы и продуктов его переработки по традиционной и разработанной технологии // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2010. – № 2-3. – С. 26-27.
4. ГОСТ 7169-2017. Отруби пшеничные. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2018. – 6 с.
5. ГОСТ Р 56631-2015. Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016. – 16 с.

Секция 2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ

ОБОРУДОВАНИЕ, ПРОЦЕССЫ

И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ

ПРОИЗВОДСТВ

BIOGAS PURIFICATION FROM CARBON DIOXIDE IN VORTEX MULTI-STAGE ABSORBERS

M. R. Vahitov, A. N. Nikolaev, N. Z. Dubkova, E. G. Khakimova

Kazan national research technological university, Kazan, Russia.

andr_nik_nik@rambler.ru

Abstract: *It is noted that with a high content of carbon dioxide in biogas, which is a non-combustible component, it is advantageous to extract it from biogas by chemical absorption with ethanolamine solutions. In this case, high cleaning efficiency can be achieved through the use of multi-stage vortex apparatuses. A mathematical model of the process has been developed and a numerical study of the effect of operating parameters and the number of contact stages on the process efficiency has been carried out.*

Keywords: *carbon dioxide, biogas purification, multistage vortex apparatus, mathematical model.*

ОЧИСТКА БИОГАЗА ОТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ВИХРЕВЫХ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ АБСОРБЕРАХ

М. Р. Вахитов, А. Н. Николаев, Н. З. Дубкова, Е. Г. Хакимова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия

Аннотация: *Отмечено, что при высоком содержании в биогазе диоксида углерода, который является негорючим компонентом, выгодно его извлекать из биогаза путем химической абсорбции растворами этаноламинов. В этом случае высокая эффективность очистки может быть достигнута за счет применения многоступенчатых вихревых аппаратов. Разработана математическая модель процесса и проведено численное исследование влияния на эффективность процесса режимных параметров и числа ступеней контакта.*

Ключевые слова: *диоксид углерода, очистка биогаза, вихревой многоступенчатый аппарат, математическая модель.*

Biogas, formed as a result of anaerobic fermentation of various waste products of agro-industrial and forestry complexes, is a valuable fuel that can be used by the same enterprises that produce biogas. The value of biogas increases in remote regions located far from energy supply facilities. However, the composition of the resulting biogas includes carbon dioxide, which is not a combustible gas, the content of which in the crude gas can reach 40% by volume or more [1].

The release of carbon dioxide from biogas can be carried out by chemical absorption of it with aqueous solutions of ethanolamines (for example, mono-ethanolamine or methyldiethanolamine). With a high CO₂ content in the source gas and low pressure, significant process efficiency can be achieved only with the organization of

multi-stage contact, and in this case multi-stage vortex apparatuses (Fig.1) with high throughput in the gas phase may be preferable [2,3].

In the diagram (Fig.1), L and G are the liquid and gas flow rates, y and x are the concentrations of the component in the gas and liquid, E is the cleaning efficiency, the numbers indicate the contact degree numbers, the index “en” indicates the entrance, “ex” – exit, “c” – circulation.

The degree of carbon dioxide extraction from the initial biogas for the i -th contact stage of the apparatus can be represented as

$$E_i = (y_{eni} - y_{exi}) / y_{eni}, \quad (1)$$

where y_{eni} and y_{exi} are the concentrations of carbon dioxide at the entrance to the contact stage and at the exit from it. For a single contact stage we can write

$$y_{exi} = y_{eni}(1 - E_i) \quad (2)$$

and for n contact stages, respectively,

$$y_{exn} = y_{eni} \prod_{i=1}^n (1 - E_i) \quad (3)$$

Biogas purification efficiency in multistage vortex apparatus is

$$E_{ap} = \frac{y_{en} - y_{ex}}{y_{en}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - E_i). \quad (4)$$

As a result of processing the numerical data presented in [3], a dependence for calculating the efficiency of a single stage in a vortex apparatus was obtained.

$$E_{ap} = \frac{0,495(L_m/G_m)}{y_{eni}^{0,6}}. \quad (5)$$

In the intervals of the operating parameters values: the ratio the liquid and gas phases mass flow rates at the stage $L_m/G_m = 0,5 - 2,0$; the concentration of carbon dioxide in the initial biogas $y_{eni} = 0,05 - 0,55$ molar fractions and at the initial carbonization degree of the absorbent $\alpha = 0.15$ kmol / kmol, the latter equation has an error in calculating the intensity of carbon dioxide absorption within 2%. Experimental and numerical studies of carbon dioxide absorption in vortex contact elements have shown that the values of mass transfer efficiency in single vortex elements do not exceed 0,5, which does not meet the requirements for the degree of biogas purification.

The use of devices with several vertically connected vortex stages in series makes it possible to significantly increase the efficiency of the biogas purification process (Fig.2).

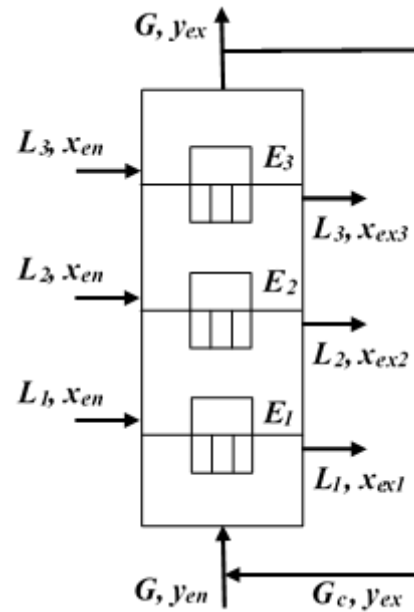


Fig. 1. Diagram of a multi-stage vortex apparatus with input, output and circulation flows

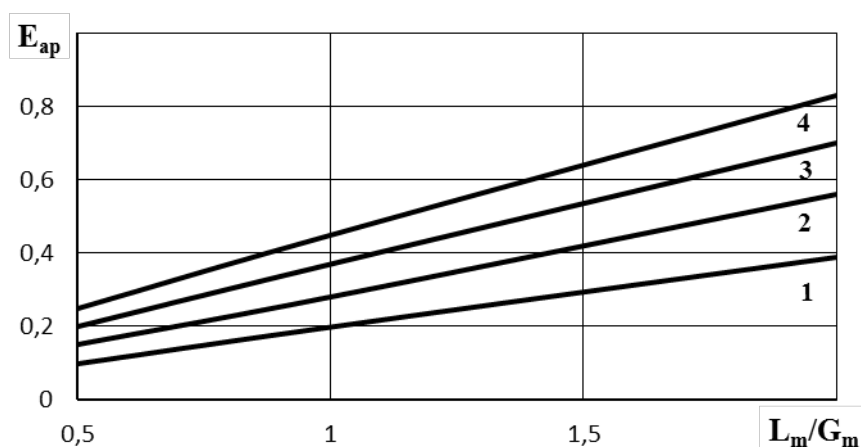


Fig. 2. The dependence of biogas purification process efficiency in vortex apparatus on irrigation degree at various numbers of steps
 $\alpha = 0.15 \text{ kmol/kmol}$, $y_{eni} = 0,3$ molar fractions, n : 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4, 4 – 5

With an increase in the number of steps, the overall efficiency of the process in the apparatus increases with an equal degree of irrigation of the steps. Thus, with an increase in the number of steps from 2 to 5, the efficiency of biogas purification increases by about 2 times. Figure 3 shows the effect of the entranced concentration of carbon dioxide in the initial biogas on the purification efficiency. With an increase in the entranced concentration, the efficiency of the process decreases significantly and the high efficiency of biogas purification (over 0,95) can be achieved only with a small initial CO_2 molar concentration ($y_{en} < 0,15$). It should also be noted that an increase in the number of vortex stages leads to a significant increase in hydraulic losses in the apparatus and, based on these considerations, it is not advisable to make the number of stages in the apparatus more 5.

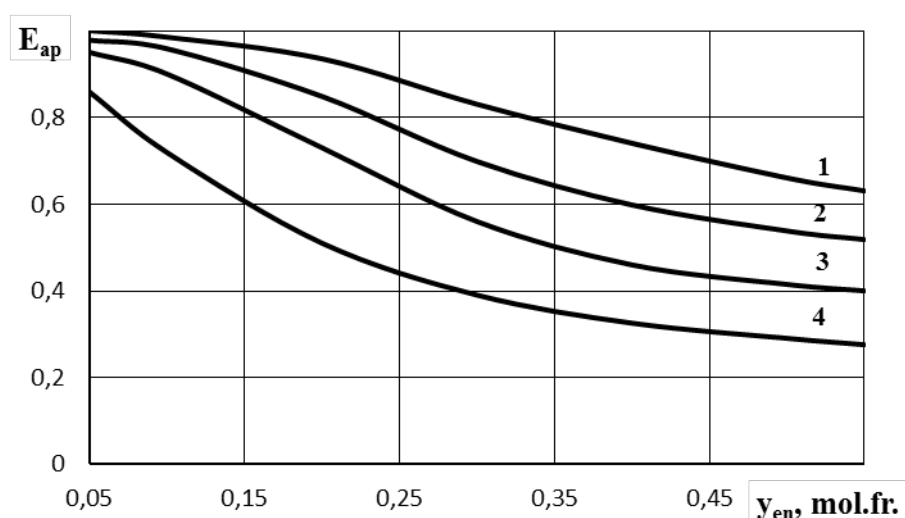


Fig. 3. The dependence of biogas purification process efficiency in vortex apparatus on initial concentration at various numbers of steps
 $\alpha = 0.15 \text{ kmol/kmol}$, $y_{eni} = 0,3$, n : 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4, 4 – 5

Reducing of the contact stages number can be achieved by using a recirculating gas flow (Fig.1). In this case, part of the gas leaving the apparatus returns to its inlet, which will reduce its concentration at the entrance to the vortex apparatus. We introduce the concept of multiplicity of circulation $K = G_c/G$, then we can write down the material balance for the circulation circuit.

$$Gy_{en} + GK y_{ex} = y_{en1}(G + GK) \quad \text{или} \quad y_{en1} = \frac{Gy_{en} + GK y_{ex}}{G + GK} = \frac{y_{en} + K y_{ex}}{1 + K}. \quad (6)$$

After substituting equation (6) into (3):

$$y_{ex} = y_{exn} = \frac{y_{en} + K y_{ex}}{1 + K} \cdot \prod_{i=1}^n (1 - E_i). \quad (7)$$

Overall efficiency of biogas purification at a recirculating plant is

$$E_p = (y_{en} - y_{ex})/y_{en} \quad \text{or} \quad 1 - E_p = y_{ex}/y_{en}. \quad (8)$$

After dividing the right and left sides of equation (7) by the initial gas concentration and simple transformations, we obtain

$$E_p = \frac{(1 - K) \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - E_i) \right)}{1 + K \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - E_i) \right)} = \frac{(1 + K) E_{ap}}{1 + K E_{ap}}. \quad (9)$$

The dependences of the biogas purification from carbon dioxide efficiency in a multi-stage vortex apparatus and a recirculation plant as a whole on multiplicity of circulation are shown in Figure 4.

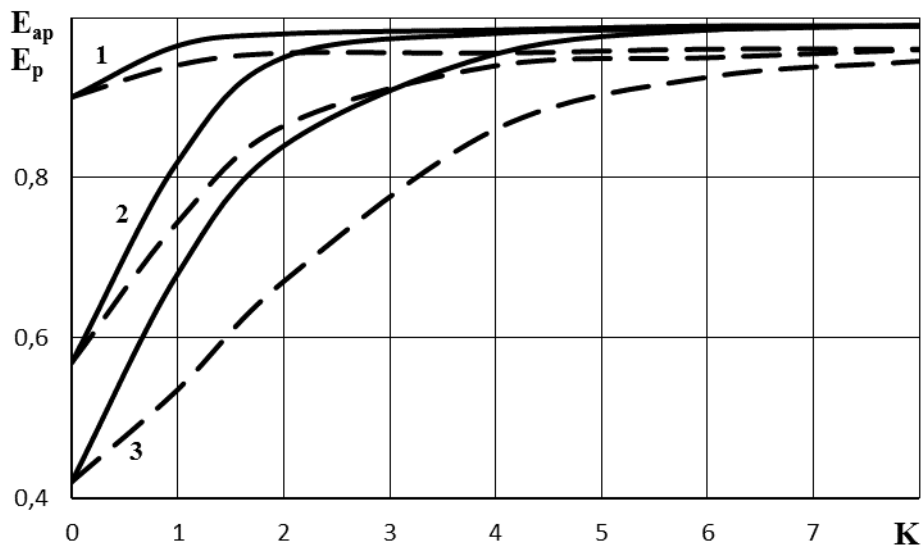


Fig. 4. The dependences of the biogas purification from carbon dioxide efficiency in a multi-stage vortex apparatus and a recirculation plant as a whole on multiplicity of circulation

$\alpha = 0.15$ kmol/kmol, $n = 3$, y_{eni} , molar fract.: 1 – 0,1, 2 – 0,3, 3 – 0,5.

An increase in the multiplicity of circulation leads to an increase in both types of efficiency, since with an increase in the flow rate of the returned gas, the concentration at the inlet to the apparatus is significantly reduced. With an increase in the multiplicity of circulation, the efficiency values of the vortex apparatus approach a certain maximum value, which is associated with the presence of gas slip zones in the vortex contact elements. At the same time, the overall efficiency of the installation tends to 1.

References list

1. Гелетуха, Г.Г. Современные технологии анаэробного сбраживания биомассы / Г.Г. Гелетуха, С.Г. Кобзарь // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2002. – №4. – С.3-9.
2. Вахитов, М.Р. Сравнительная оценка вихревых аппаратов с многоэлементными и одноэлементными контактными ступенями / М.Р. Вахитов, А.Н. Николаев // Вестник технологического университета. – 2016. – Т.19. – №17. – С.51-53.
3. Николаев, А.Н. Численное исследование процесса очистки промышленных газовых выбросов в многоступенчатых аппаратах вихревого типа / А.Н. Николаев, О.В. Козулина, А.А. Овчинников, Р.Р. Фатыхов // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – №11. – С.82-90.

INTENSIFICATION OF MASS TRANSFER IN HOLLOW VORTEX TYPE APPARATUSES

O. S. Dmitrieva, I. N. Madyshev, A. N. Nikolaev

Kazan national research technological university, Kazan, Russia.

andr_nik_nik@rambler.ru

Abstract: *Hollow vortex apparatuses with higher productivity compared to traditional types of apparatuses can be successfully used for cleaning of industrial, flue and aspiration gases in the food industry. A mathematical model of mass transfer in a hollow vortex apparatus for the purification of gases from gaseous impurities by absorption method is proposed. A numerical study of the purification processes revealed the reasons for the decrease in the efficiency of gas purification in the apparatuses. A method for mass transfer intensifying in a vortex apparatus by discrete outlet of a liquid film from the inner surface of the apparatus body outside the mass transfer zone is proposed.*

Keywords: *hollow vortex device, gas cleaning, spray pattern, droplet trajectories, uniform irrigation.*

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МАССООБМЕНА В АППАРАТАХ ПОЛОГО ВИХРЕВОГО ТИПА

О. С. Дмитриева, И. Н. Мадышев, А. Н. Николаев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия

Аннотация: *Полые вихревые аппараты, обладающие большей производительностью по сравнению с традиционными типами аппаратов, могут быть с успехом использованы для очистки промышленных, дымовых и аспирационных газов в пищевой промышленности. Предложена математическая модель массообмена в полом вихревом аппарате при очистке газов от газообразных примесей методом абсорбции. Численное исследование процессов очистки выявило причины снижения эффективности очистки газа в аппаратах. Предложен способ интенсификации массообмена в вихревом аппарате путем дискретного вывода пленки жидкости с внутренней поверхности корпуса аппарата за пределы зоны массообмена.*

Ключевые слова: *hollow vortex apparatus, absorption, mass transfer in film and liquid droplets, gas purification efficiency.*

One of the problems of modern industrial production is the atmosphere pollution by gaseous emissions of industrial enterprises containing significant amounts of sulfur dioxide, nitrogen oxides, hydrocarbons, halogens, ammonia, carbon monoxide and dioxide. The volumes of gases emitted by enterprises into the atmosphere, especially in such industries as the chemical industry, energy and metallurgy, can amount to hun-

dreds or even millions of cubic meters. The food industry is no exception, as the volume of gaseous emissions from this industry is an order of magnitude lower. The traditional equipment used for gas cleaning cannot cope with such volumes of gases. The maximum permissible gas velocity in the spray countercurrent and packing column types does not exceed the values of 1–2 m/s. This causes either extremely large overall dimensions of the devices, or a large number of them.

The most promising equipment for cleaning large volumes of industrial gas emissions are hollow-type vortex apparatuses [1,2], one of the designs of which is shown in Figure 1.

Apparatuses of this type work stably in a wide range of liquid and gas loads, have low hydraulic resistance and allow gas phase velocities of 20 – 40 m/s. Both the absorption process and the separation of the dispersed liquid phase are carried out within the working area of the devices.

The purified gas enters the vortex apparatus through the nozzle of the tangential swirler 2 and acquires rotational motion. Making a translational-rotational movement in the apparatus and contacting with the liquid, the gas moves to the lower outlet pipe 5.

A small hydraulic resistance is provided by the equality of the diameters of the working area of the apparatus and the outlet pipe. The absorbent is fed into the apparatus from the axial zone through a perforated tubular distributor 3.

Liquid jets fed into the swirling gas stream are crushed into droplets to form a spray that fills the entire working area of the device. The droplets deposited on the inner wall of the housing form a film of liquid flowing down and out of the apparatus through the nozzle 4.

The droplets of the sprayed liquid interact with the gas phase in the cross-current mode, and the film – in the direct flow mode, respectively.

The device can be equipped with various devices 6 for removing excess liquid from the film outside the mass transfer zone. Partial or complete removal of the liquid film can be carried out both discretely and continuously.

Mass transfer in hollow vortex apparatuses is carried out both through the surface of droplets forming a polydisperse spray and through the surface of a swirling liquid film. When modeling mass transfer in a hollow vortex apparatus, two basic assumptions can be accepted with a sufficient degree of accuracy. The first assumption implies a model of complete mixing along the radius of the apparatus. It is due to the high intensity of turbulence of the gas flow and the small value of the ratio of the diameter of the apparatus to its height (less than 0.15). In addition, the model neglects the displacement of droplets along the axis of the device when they move to the wall

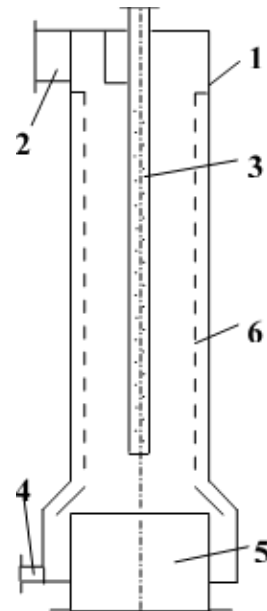


Fig. 1. Hollow vortex apparatus
1 – housing, 2 – tangential gas inlet pipe,
3 – liquid inlet node, 4 – liquid outlet,
5 – gas outlet, 6 – separation grid

of the housing. The latter assumption was made based on the results of calculations published in [3, 4].

The flow structure diagram in a hollow vortex apparatus is shown in Fig. 2.

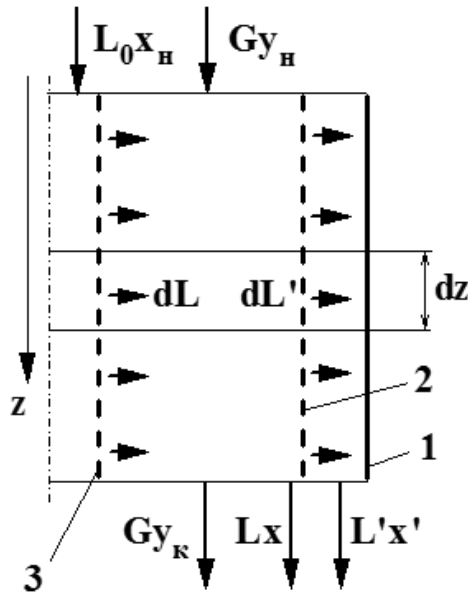


Fig. 2. Flow directions in the hollow vortex apparatus
1 – housing, 2 – separation grid, 3 – liquid distributor

Select a volume element in the contact zone of the apparatus with a height dz and a cross section equal to the cross section of the working area of the apparatus, and enter a dimensionless longitudinal coordinate $\xi = z/H$, where H is the height of apparatus working area, z is the current distance along the axis of the apparatus from the lower section of the swirler. The amount of absorbent flowing from the inlet node into the selected volume element is

$$dL = L_0 l(\xi) d\xi, \quad (1)$$

where L_0 is the total flow rate of liquid entering the irrigation apparatus, $l(\xi)$ is the distribution function of the liquid flowing from the sprinkler along the height of the apparatus. In case of uniform distribution of the supplied liquid along the height – $l(\xi) = 1$.

The presence of a separation grid in the proposed design of the apparatus allows for partial or complete removal of the liquid phase from the working space, the amount of absorbent withdrawn within the allocated elementary volume of the apparatus is

$$dL' = L_0 l'(\xi) d\xi, \quad (2)$$

where $l'(\xi)$ is the distribution function of the discharged liquid along the height of the apparatus.

The most difficult task is to take into account the reverse longitudinal mixing, however, a number of authors [4] indicate that at values of the Pe number > 10 , the longitudinal mixing of the gas does not have a noticeable effect and the mass transfer efficiency can be calculated by taking the ideal displacement along the length of the apparatus.

If the longitudinal mixing of the gas is neglected, the system of equations will be written as

$$\begin{aligned} \frac{d\psi}{d\xi} + \left[\frac{l(\xi)}{\lambda} \int_a v_\tau(a) E_d da + N_y \right] \psi &= N_y \eta, \\ p(\xi) \frac{d\eta}{d\xi} + \eta [l(\xi) + \lambda N_y] &= \psi \left[\lambda N_y + l(\xi) \int_a v_\tau(a) E_d da \right]. \end{aligned} \quad (3)$$

The boundary conditions in this case will have the form

$$\xi = 0, \quad \psi = \psi_h, \quad \eta = \psi_h \int_a v_\tau(a) E_d da. \quad (4)$$

In last equations $\psi = y - y^*(x_s)$, $\eta = m(x - x_h)$ are modified variables, y and x – the concentration of the component in gas and liquid, the index "h" means the initial value, and the sign * – the equilibrium value, $v_\tau(a)$ – volumetric droplet size distribution function, $p(\xi) = \frac{L}{L_0} = \int_0^\xi [l(\xi) - l'(\xi)] d\xi$ – liquid distribution function in the film, $N_y = K_y^f F / G$ – number of transfer units for the film, L and G – liquid and gas flow rates, F – the film surface area, m – the equilibrium coefficient, $\lambda = Gm / L_0$ – the mass transfer factor, K_y^f – the mass transfer coefficient in the film. The efficiency of mass transfer in droplets E_d is calculated as a result of numerical solution of the equations of motion of a single drop [3] together with the equation of mass transfer in a drop.

A mathematical model was used to determine the influence of geometric and regime parameters on the efficiency of mass transfer in a hollow vortex apparatus on the example of ammonia absorption by water. The analysis was carried out with different diameters of the apparatus (from 0,1 to 1 m), the ratio of liquid and gas mass flow rates (from 0,5 to 2) and with various methods of the liquid film removing from the working area of mass transfer through a separation grid.

Fig. 3 shows the results of efficiency calculations for two limiting cases: the complete removal of the liquid film from the contact zone ($l'(\xi) = 1$, $p(\xi) = 0$) and the operation of the apparatus without the removal of the film ($l'(\xi) = 0$, $p(\xi) = \xi$), which allowed us to determine the contribution to the total mass transfer of the wall film and the volumetric dispersed liquid pattern. In devices of small diameter (less than 0,3 m), the mass transfer efficiency when operating in the mode of full removal of the liquid film from the gas contact zone is lower than in the mode of operation without removal of the film, which is due to the small contribution of sprayed liquid droplets to the overall efficiency of ammonia absorption. This effect is explained by the short lifetime of single droplets and the low degree of their saturation with ammonia. In devices with a larger diameter, the contribution of droplets becomes more significant, the degree of saturation of droplets is high, which leads to a significant decrease in the driving force of mass transfer between the gas and the film. In the lower apparatus part, the driving force may become negative at all (Figure 4) and the process of desorption of ammonia from the film back into the cleaned gas may begin.

The relative driving force of the mass transfer process was defined as

$$\bar{X} = (x^*(y) - x) / (x^*(y) - x_h). \quad (5)$$

The phenomenon of a decrease in the driving force of the mass transfer process below zero values was observed in hollow vortex apparatuses with a diameter of more than 0.4 m and led to a decrease in the overall efficiency of mass transfer. With an increase in the diameter of the vortex apparatus, the height of the negative driving force zone increases. It is possible to eliminate the negative influence of the liquid film on

the mass transfer process by organizing of the full discrete discharge of the film liquid through the separation grid along the device height.

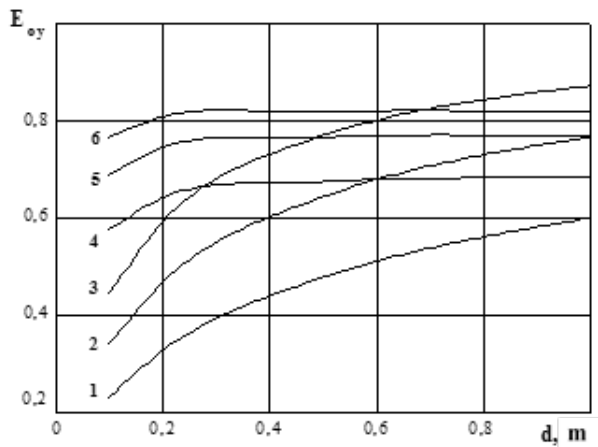


Figure 3 – Dependence of mass transfer efficiency on the diameter of the apparatus at different ratios of liquid and gas loads (L_m/G_m)

1,2,3 – complete removal of the liquid film from the working area of the apparatus;
4,5,6 – without removal of the film. L_m/G_m , kg/kg: 1,4 – 1,0; 2,5 – 1,5; 3,6 – 2,0.

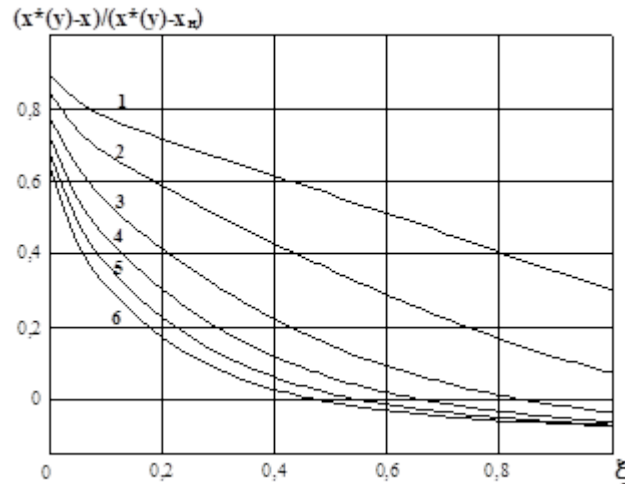


Figure 4 – Change in the relative driving force of mass transfer in the liquid film along the length of the apparatus

$L_m/G_m = 1,5$. d , m: 1 – 0,1; 2 – 0,2; 3 – 0,4; 4 – 0,6; 5 – 0,8; 6 – 1,0.

When organizing such type of fluid removal, the height the device working area is divided into a few sections with a height of s , and at the end of each section a complete removal of liquid from the contact zone is performed. Within each section $p(\xi) = \xi$ and varies from 0 to s/H . The case when $s/H = 0$ corresponds to the complete removal of the film from the working area, and $s/H = 1$ corresponds to the operation of the device without removing the film. The calculations considered the case when the length of all sections is the same ($s = \text{const}$) (Fig. 5).

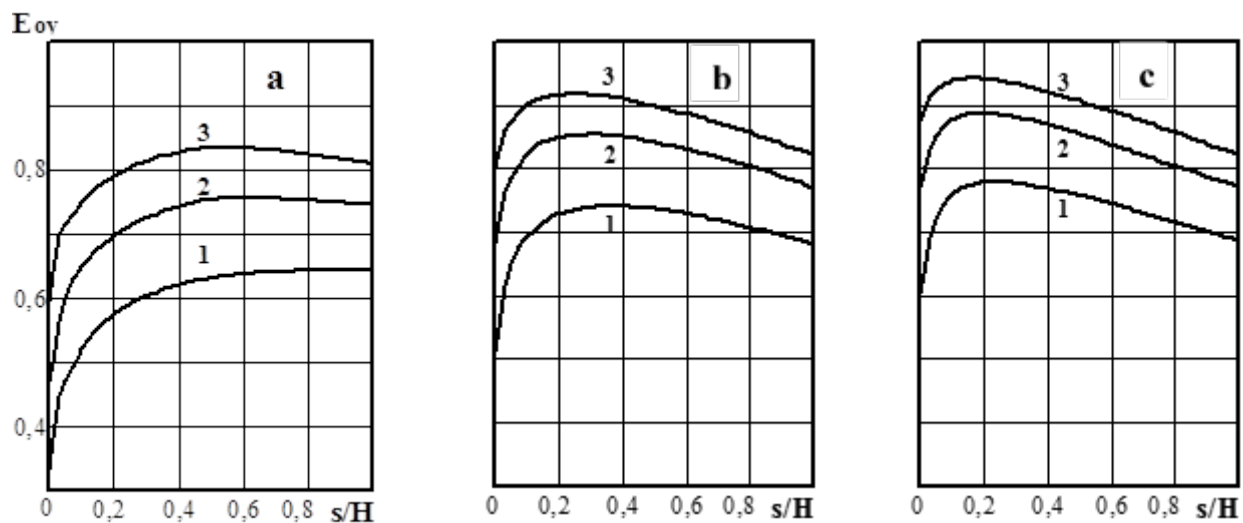


Figure 5 – Dependence of the mass transfer efficiency in a hollow vortex apparatus on the relative distance between the sections of the liquid discharge from the film in the case of discrete full discharge

d , m: a – 0,2; b – 0,6; c – 1,0; L_m/G_m , kg/kg : 1 – 1; 2 – 1,5; 3 – 2.

An increase in the efficiency of mass transfer in hollow vortex apparatuses using discrete full removal of the liquid film is observed only when the diameter of the apparatuses is more than 0.2 m. Moreover, the maximum increase in efficiency corresponds to the ratio s/H (distance between the points of removal of the film / height of the working area of the apparatus), the value of which decreases with increasing diameter of the apparatus and the ratio of mass flows of liquid and gas.

The driving force of mass transfer with discrete full removal of the liquid film varies stepwise along the height of the working area of the apparatus and increases with increasing s/H ratio (Figure 6).

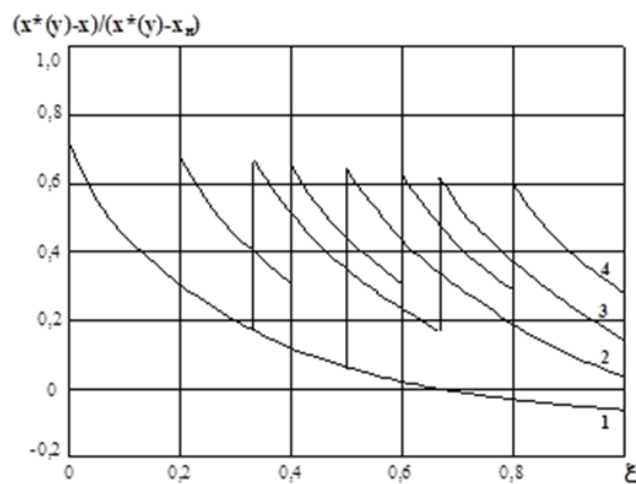


Fig. 6. Change in the relative driving force of the mass transfer to the liquid film along the length of the hollow vortex apparatus at different relative distances between the sections of the liquid discharge from the film in the discrete discharge case $L_m/G_m=1,5$; $d=0,6$ m; s/H : 1 – 1; 2 – 0,5; 3 – 0,333; 4 – 0,2.

The proposed method of discrete fluid removal makes it possible to increase the driving force of the process and prevent the appearance of areas with a negative driving force in the lower part of the working area of the apparatus, which, in turn, will increase the efficiency of the process by up to 15%.

References list

1. Сабирзянова, Л.Р. Очистка промышленных газовых выбросов от пыли в полых вихревых аппаратах / Л.Р. Сабирзянова, А.А. Уриев, В.В. Харьков, А.Н. Николаев // Вестник технологического университета. – 2017. – Т.20. – №8. – С.50-52.
2. Сагадеев, В.В. Исследование толщины закрученного пристенного слоя жидкости в аппаратах вихревого типа / В.В. Сагадеев, А.В. Дмитриев, А.Н. Николаев // Вестник технологического университета. – 2017. – Т.20. – №23. – С.36-38.
3. Харьков, В.В. Численное исследование траекторий движения капель в вихревом аппарате для концентрирования фруктовых соков / В.В. Харьков, А.Н. Николаев // Вестник Казанского технологического университета, 2014. – Т.17. – №16. – С.191-193.
4. Cengel, Yunus A. Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications / Yunus A. Cengel, Afshin J. Ghajar. – NY: McGraw Hill Education, 2015. – 1207 pp.

ВОДОПОДГОТОВКА – ВАЖНЕЙШИЙ ЦИКЛ В ПИЩЕВОЙ ОТРАСЛИ

Г. А. Давлетшина, И. Р. Касимов

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
ilshatkasimov@mail.ru

Аннотация: Рассмотрены основные и актуальные аспекты водоподготовки и очистки воды. Проанализирована промышленность Республики Татарстан по услугам проектирования и обслуживания систем подготовки и производства воды.

Ключевые слова: безалкогольные напитки, нормативные документы, система водоподготовки, производство.

WATER TREATMENT IS THE MOST IMPORTANT CYCLE IN THE FOOD INDUSTRY

G. A. Davletshina, I. R. Kasimov

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: The main and actual aspects of water treatment and water purification are considered. The industry of the Republic of Tatarstan for the design and maintenance of water treatment and production systems is analyzed.

Keywords: soft drinks, regulatory documents, companies, water treatment system, production.

Потребление и производство безалкогольных напитков на территории Российской Федерации остается не только неизменным, но и значительно растет в последние годы. Аналитики отмечают не только рост спроса потребителей на отечественную продукцию, но и увеличение объемов экспорта безалкогольных напитков и воды на 15 % в 2022 году. С учетом геополитических реалий ассортимент отечественной безалкогольной продукции значительно расширился. Вода, являясь важным компонентом продуктов питания, составляет до 98 % от всего объема питьевого продукта и необходимо ответственно подходить к процессам ее очистки и подготовки, поскольку некоторые химические элементы, содержащиеся в неподготовленной воде, могут оказывать токсическое воздействие на живой организм. Вода не относится к нутриентам, не обладает энергетической и пищевой ценностью, но является главной биологической жидкостью. Она задействована в биохимических процессах живых организмов, в том числе человека, участвует во множестве реакций метаболизма [1–3].

Устаревшая инфраструктура систем муниципального водоснабжения, побочные продукты дезинфекции и другие проблемы влияют на качество и доступность воды. В последние годы актуальными задачами являются очистка воды от

токсинов водорослей и PFAS (пер- и полифторалкильные вещества, имеющие антропогенное происхождение). Последние являются очень стойкими веществами в окружающей среде и организме человека и их распространение в быту и промышленности чрезвычайно велико. PFAS попадают в воду из различных источников - например, отработанный промышленный воздух с их содержанием рассеивается в близлежащих грунтах и водоемах, с помощью осадков далее эти загрязнители уже разносятся в подземные грунтовые воды и поверхностные водоемы. В производстве напитков вода является основным сырьем и использование неподготовленной воды, воды ненадлежащего качества может привести не только к нестабильной работе оборудования, но и получению готовой продукции ненадлежащего качества. То есть профессиональная водоподготовка на производстве – это залог стабильного бизнеса за счет выпускаемой высококачественной продукции и бесперебойной работы оборудования [4, 5].

В отрасли безалкогольных напитков разрешается использовать воду из различных источников – поверхностные и подземные воды, из городского водоснабжения. Поверхностные источники, в силу наибольших затрат по ее подготовке, являются не лучшим решением. Как правило, чаще используются подземные источники и муниципальные системы водоснабжения. Поскольку состав воды сильно разнится от источника к источнику, практически не встречаются одинаковые по составу, то и каждая задача водоподготовки является индивидуальной, зависящей не только от исходных параметров, но и от планируемого продукта.

Для производства безалкогольных напитков, соответствующих стандартам качества, соков из овощных и плодово-ягодных концентратов необходимо стабилизировать состав воды. Это очень важно для сохранения вкуса соковой продукции, поскольку минеральный состав воды может влиять на органолептические свойства готовой продукции. Качество напитков сильно зависит от концентрации ионов в воде из естественных источников. Например, некоторые ионы влияют на вкус, в то время как другие вызывают образование осадка и опалесценцию.

Специалисты, занимающиеся подготовкой воды для приготовления безалкогольных напитков должны иметь соответствующие компетенции в:

- оптимизации органолептических показателей, в частности, уменьшении цветности, устранении помутнения и запаха, осветлении воды;
- коррекции минерального состава за счет полной или частичной деминерализации;
- снижении щелочности и жесткости воды;
- удалении ионов железа и марганца;
- обеззараживании;
- удалении солей тяжелых металлов, радона и других радиоактивных веществ;
- нормализации параметра pH.

Как правило, на предприятиях используют многоступенчатую систему очистки воды для обеспечения стабильного, стандартного качества воды. Оборудование для этого представлено следующими типами:

- фильтр грубой очистки;
- сорбционный фильтр;
- оборудование для смягчения;
- фильтр тонкой очистки;
- бактерицидные установки;
- установки для регулирования pH среды;
- ионообменные установки;
- обратноосмотические установки.

Одним из основных и важных пунктов при производстве питьевой бутилированной воды является обеспечение бактериальной чистоты не только самой воды, но и водоочистных систем. Бутилированная вода подразделяется на питьевую, минеральную и дистиллированную. При производстве каждой из них реализуются различные технологические схемы, но общим этапом является обеззараживание - УФ-дезинфекция, озонирование или хлорирование. Особым требованием к системам очистки воды на производстве является соблюдение микробной чистоты. Использование систем обратного осмоса также актуально в данном случае, поскольку они удаляют более 99 % всех микроорганизмов, одновременно снижая щелочность, жесткость и окислительную способность воды.

Требования к воде в пищевой промышленности регламентируются строгими отраслевыми нормативами. Существуют несколько документов, на которые можно ориентироваться при подготовке и очистке воды:

- для подтверждения качества бутилированной воды, находящейся в обращении на рынке ЕАЭС, проводится обязательная оценка в соответствии с ТС ЕАЭС 044/2017;
- ISO 22000 (ХАССП) регулирует требования, предъявляемые к производству пищевых продуктов, включая воду;
- ISO 14001 устанавливает требования к экологическому менеджменту. Стандарт актуален для организаций, деятельность которых связана с добычей минеральных вод;
- ГОСТ 28188-2014 Безалкогольные напитки;
- ГОСТ 54316-2020 Натуральная минеральная питьевая вода. Общие технические условия.

В республике Татарстан существует компании, которые занимаются проектированием и оснащением предприятий необходимым оборудованием для водоподготовки. Так, компания "ВОДЕКО", расположенная в Казани, является одним из ведущих российских предприятий в области водоочистки и водоподготовки с многолетним опытом. Компания "Национальный центр водных технологий" с 2010 года реализовала более 400 проектов в области водоподготовки. У компании «Фильтроматика» огромный опыт - более 1000 завершенных объектов бытового, коммерческого и промышленного назначения, так же предлагают сервисное и постгарантийное обслуживание. «Акваконтроль», «Аква Профи Казань», «Prof Water» и многие другие компании позиционируют индивидуальный подход при проектировании, включающий анализ состава воды и подбор подходящих систем очистки и подготовки.

В Татарстане существует также ряд компаний по добыче и подготовке минеральной воды, например:

- в ООО "Торгово-производственная фирма Изыскатель" организовано производство лечебно-минеральной столовой воды "Мензелинская" и питьевой столовой воды "Мензелинка". Завод располагается в экологически чистом районе республики, где отсутствует негативное влияние крупных промышленных предприятий – городе Мензелинск;

- Компания "Пласт" занимается производством натуральной минеральной воды более 20 лет. Распологается на территории национального парка федерального значения "Нижняя Кама";

- "Тарханское» месторождение славится сразу четырьмя типами минеральных вод. Все три источника отличаются по составу и лечебно-профилактическому воздействию на организм человека;

- Компания ООО «Черемшан СУ» производит под торговой маркой «Хан-СУ» минеральную лечебно-столовую и питьевую воду.

Вода всегда остается самым необходимым для человека, она обеспечивает доступ ко всем клеткам организма питательных веществ и кислорода, участвует в регулировании температуры тела и биохимических реакциях преобразования питательных веществ в энергию, является основой реакций метаболизма. Качество воды в производстве продуктов питания, а особенно напитков – важный технологический момент, при этом оборудование и инновационные технологии подготовки воды играют важную роль.

Список литературы

1. А.И «Очистка воды при производстве напитков. Пиво и напитки», 1997г, №1. - С.109-110.
2. О.Л Буткова, А.В Орещенко «Качество минеральной воды, безалкогольных напитков и особенности очистки воды при их производстве. Пищевая промышленность», 1998г, №11. - С.61-62.
3. Е.Т Зуева, Г.С Фомин ! «Питьевая и минеральная вода. Требования к международным и европейским стандартам качества и безопасности», издательство "Защитник", 2003г.- С.31-33.
4. А.В. Орещенко, В.В Рудольф, Н.Ф Берестем «Влияние качества воды на физико-химические и органолептические параметры безалкогольных напитков. Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья», 1999г, №1. - С. 12-15.
5. Е.Т. Зуева, В.И Гурьев, С.А караваева, А.Ф Золотнов «Технология очистки воды при производстве безалкогольных и слабоалкогольных напитков». - С.78-90.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКА ЯГОД РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ВИБРАЦИОННОМ АППАРАТЕ

Д. Д. Соловей, Н. З. Дубкова, Е. Г. Хакимова, М. Г. Кузнецов

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
dianka.solovey@mail.ru

Аннотация: Растительное сырье является богатейшим источником ценных компонентов, которые обладают выраженным терапевтическим действием на организм человека. Основными активными компонентами плодов рябины являются полифенолы, в том числе проантоцианидины, кофейлхиновые кислоты и флавонолы. Качественные исследования рябины позволили идентифицировать от 13 до 36 полифенольных соединений, в том числе до 7 олигомерных процианидинов, 4–9 производных гидроксициннамата и 2–13 флавонолов в зависимости от исследования, происхождения плодов, пробоподготовки и типа экстракта. Предложено получить порошок лесной рябины вакуумной сушкой с одновременным измельчением в вибрационном аппарате.

Ключевые слова: лесная рябина, сушка, порошок

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR PRODUCING POWDER OF FOREST ROWAN BERRIES IN A VIBRATION DEVICE

D. D. Solovey, N. Z. Dubkova, E. G. Khakimova, M. G. Kuznetsov

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Vegetable raw materials are the richest source of valuable ingredients that have a pronounced therapeutic effect on the human body. In folk medicine, rowan berries are used to treat gastrointestinal disorders, bronchitis, and for their diuretic, anti-inflammatory, vasodilator, anti-diabetic properties, and source of vitamins. Qualitative studies of mountain ash made it possible to identify from 13 to 36 polyphenolic compounds, including up to 7 oligomeric procyanidins, 4–9 hydroxycinnamate derivatives, and 2–13 flavonols, depending on the study, fruit origin, sample preparation, and type of extract. It is proposed to obtain forest ash powder by vacuum drying with simultaneous grinding in a vibrating apparatus.

Keywords: forest rowan, drying, powder

Пищевые противомикробные препараты представляют собой химические соединения, которые естественным образом присутствуют в пищевых продуктах или непосредственно добавляются для подавления роста патогенных микроорганизмов или микроорганизмов, вызывающих порчу, с целью обеспечения безопасности и качества пищевых продуктов. Одобренные пищевые противомикробные препараты классифицируются как химические консерванты, которые

также включают антиоксидантные соединения, целью которых является исключение порчи пищевых продуктов. Различные синтетические противомикробные препараты (бензоаты и пропионаты натрия, сорбиновая кислота, сульфиты, хлориды, нитриты, аскорбиновая кислота, лимонная кислота, винная кислота и др.) были одобрены регулирующими органами и используются в качестве пищевых консервантов. Однако использование некоторых из них представляет угрозу для питания или здоровья потребителя.

Помимо химических противомикробных препаратов, продукты питания могут подвергаться различным физическим процессам, которые классифицируются как термическая и нетермическая обработка. Термические технологии являются наиболее широко используемыми методами консервирования в пищевой промышленности благодаря их высокой эффективности. Однако интенсивность, необходимая для достижения высокого уровня безопасности, приводит к нежелательным изменениям органолептических и питательных свойств некоторых пищевых продуктов.

Более того, среди потребителей растет неприятие использования синтетических добавок, а также потребность в более качественных продуктах питания, свободных от искусственных консервантов, но с сохранением их длительного срока хранения. Хороший природный противомикробный препарат должен отвечать определенным требованиям, таким как: быть активным при низких концентрациях в натуральной форме; недорогим; не влиять на органолептические свойства; подавлять порчу и патогенные микроорганизмы и быть нетоксичным.

Растительные нутрицевтики (такие как терпеноиды и полифенолы) используются в качестве естественных антимикробных средств для консервирования пищевых продуктов. Было установлено, что фенольные соединения растительного происхождения обладают различными антимикробными эффектами. В последние годы растительные полифенолы стали использоваться в качестве нового природного источника в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности.

Sorbus aucuparia L. (рябина европейская или рябина европейская) – широко распространенное лиственное дерево, обычно выращиваемое как декоративное растение. Рябина обыкновенная, произрастающая в странах Северной Европы нашла применение в виде использования ее ягод, которые перерабатывались целиком или использовались в качестве функциональной добавки в джемы, кондитерские, молочные и хлебобулочные изделия, сиропы и ликеры. В народной медицине ягоды рябины используются для лечения желудочно-кишечных расстройств, бронхита, а также в качестве мочегонных, противовоспалительных, сосудорасслабляющих, антидиабетических средств и источника витаминов. Ягоды рябины богаты органическими кислотами, каротиноидами, микроэлементами, аскорбиновой кислотой и фенольными соединениями, особенно фенолокислотами [1].

Многочисленные исследования показали, что фитохимические вещества ягод, особенно фенольные соединения, демонстрируют широкий спектр биологических свойств, таких как антидиабетические, противораковые, антиоксидантные, противовоспалительные и регулирующие клетки эффекты. Инициация и

развитие рака были связаны с окислительным стрессом, который может вызвать окислительное повреждение клеточных макромолекул, включая ДНК, РНК, белки и липиды. Экзогенные антиоксиданты, такие как фенольные соединения, которые могут удалять активные формы кислорода, хелатировать металлы и активировать ферментативные и неферментативные системы, рассматривались как многообещающие защитные и даже терапевтические средства для лечения патологий, опосредованных окислительным стрессом. Антиоксидантный эффект ягод напрямую связан с их противораковым потенциалом.

Плоды после обработки охотно употребляют в виде джемов, желе, соков, сиропов, алкогольных напитков (вина, настойки, ликеры) и т. д. Они также являются источником натуральных пищевых полифенолов, которые часто связывают с профилактикой болезней. Действительно, рябина также является традиционным растительным лекарственным средством, используемым преимущественно для лечения сахарного диабета и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

В качестве важного фактора оздоравливающих свойств рябины указана значительная антиоксидантная активность, превышающая активность многих популярных фруктов, включая яблоки, вишню, сливу, клубнику и чернику. Основными активными компонентами плодов рябины являются полифенолы, в том числе проантоцианидины, кофеилхиновые кислоты и флавонолы, но между отчетами существуют значительные качественные и количественные различия. Например, качественные исследования рябины позволили идентифицировать от 13 до 36 полифенольных соединений, в том числе до 7 олигомерных процианидинов, 4–9 производных гидроксициннамата и 2–13 флавонолов в зависимости от исследования, происхождения плодов, пробоподготовки и типа экстракта.

Микробная безопасность пищевых продуктов вызывает все большую обеспокоенность общественного здравоохранения во всем мире. Более того, резистентные заболевания пищевого происхождения являются одной из важнейших проблем общественного здравоохранения, связанной с риском появления в пищевой цепи штаммов бактерий с множественной лекарственной устойчивостью. Следовательно, растет спрос на натуральные растительные консерванты и противомикробные соединения. Ягоды и их компоненты, такие как фенольные соединения и органические кислоты, могут ингибировать рост бактериальных патогенов.

Переработка ягод в сок приводит к тому, что примерно 20–30% жмыха содержат большое количество пищевых волокон и биологически активных соединений, что делает его привлекательным, хотя в настоящее время малоиспользуемым источником фитонутриентов. Извлечение этих биоактивных соединений из ягодных выжимок очень желательно из-за их применения в пищевых продуктах, нутрицевтиках, фармацевтических и косметических продуктах.

Водный экстракт из жмыха рябины, богатый хлорогеновыми кислотами и гликозидами кверцетина, использовали для производства рыбожелатиновых пленок с антиоксидантной и антимикробной активностью. Также экстрактная добавка из рябины может значительно увеличить антиоксидантные свойства печени.

Разработан способ получения порошка как из цельных ягод лесной рябины, так и ее выжимок по щадящей технологии, способствующей максимальному сохранению ценных компонентов исходного сырья [2]. Процесс протекает в вибрационной сушилке-мельнице, в которой одновременно протекают процессы сушки при пониженном давлении и измельчение мелющими телами [3]. Понижение давления в аппарате способствует снижению температуры испарения влаги сырья. Измельчение мелющими телами, подобранными по размеру, исходя из реологических свойств перерабатываемого сырья, способствуют испарению поверхностной влаги практически до получения готового порошка [4].

Схема лабораторной установки представлена на рис. 1. Установка имеет цилиндрический корпус (6) с тепловой рубашкой, внутри которой циркулирует горячая вода, подающаяся из бойлера с термостатом (10). Корпус установлен на упругих опорах (8), сквозь него проходит вал с дебалансами (9), соединенный с валом электродвигателя (11). Вакуум внутри сушилки создается вакуумным насосом (1). Испаренная влага конденсируется в конденсаторе (2), собирается в сборнике конденсатора (3), регулируется дроссельным краном (4).

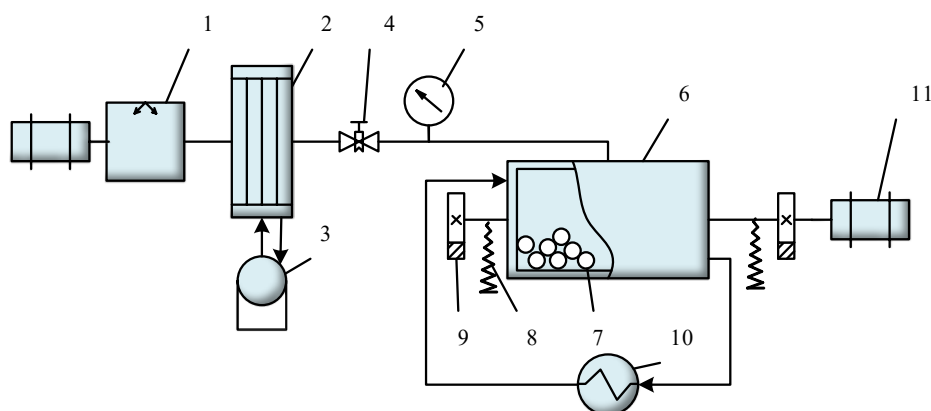


Рис. 1. Схема лабораторной вибрационной вакуумной сушилки-мельницы

Были проведены экспериментальные исследования кинетики сушки как цельных ягод лесной рябины, так и ее выжимок. Результаты исследований показали, что по предложенной технологии время сушки снижается в 3-4 раза, подтверждая тем самым эффективность предложения.

Список литературы

1. Ториков, В. Е. Лекарственная ценность овощных, плодово-ягодных, полевых растений и дикоросов / В. Е. Ториков. – Брянск : Брянский государственный аграрный университет, 2013. – 292 с.
2. Study of power consumption in vibromixing apparatus during Jerusalem artichoke drying / M. G. Kuznetsov, N. Z. Dubkova, V. V. Kharkov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 072006.
3. Патент на полезную модель № 14649 U1 Российская Федерация, МПК F26B 17/30. Вибрационная сушилка-мельница : № 2000106932/20 : заявл. 21.03.2000 : опубл. 10.08.2000 / Н. З. Дубкова, З. К. Галиакберов, Н. А. Николаев, Г. И. Иванова.
4. Дубкова, Н. З. Влияние формы и поверхности мелющих тел на кинетику сушки в технологии пищевых порошков / Н. З. Дубкова, В. Ф. Шарафутдинов, А. Н. Николаев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 7. – С. 8-11. – EDN NCNDIP.

К МОДЕЛИ СУШКИ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА В РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШИЛКЕ

В. В. Харьков, М. Р. Вахитов, А. Н. Николаев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г.Казань, Россия
Казань, Россия, v.v.kharkov@gmail.com

Аннотация: В работе рассматривается актуальная задача по прогнозированию процесса сушки термолабильных жидкостей в установках распылительного типа. Приводятся детали к моделированию процесса распылительной сушки обезжиренного молока, основанного на морфологической эволюции одиночной капли на протяжении всего процесса как в период постоянной, так и падающей скорости сушки.

Ключевые слова: сушка, испарение, морфология, капля.

TO THE MODEL OF DRYING SKIMMED MILK IN SPRAY DRYER

V. V. Kharkov, M. R. Vakhitov, A. N. Nikolaev

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: The paper considers an urgent problem of predicting the drying process of thermolabile liquids in spray-type installations. Details are given for modeling the spray drying process of skimmed milk, based on the morphological evolution of a single drop throughout the process, both in the period of constant and decreasing drying rate.

Keywords: drying, evaporation, morphology, droplet.

Сушка является одним из наиболее распространенных и энергопотребляющих операций, которая используется при производстве сухих порошков. Поэтому, развитие эффективности современных сушильных установок заключается в тенденции к сокращению энергетических и материальных ресурсов, а также в совершенствовании процесса обезвоживания с сохранением высокого качества готовой продукции [1].

Распылительная сушка является самым распространенным экономически эффективным методом преобразования исходной жидкости в сухой порошок путем ее распыления в горячую основную среду. Как правило, распылительная сушилка находит в конце технологической линии, поэтому это значительный аспект для получения желаемого качества конечного продукта. Небольшое время пребывания капель в распылительной сушилке позволяет поддерживать температуру капли на низком уровне, поэтому допустимо использование греющего газа с высокой температурой без отрицательного влияния на качество продукции [2, 3].

Несмотря на то, что техника и технология распылительной сушки развивается относительно длительное время, полное теоретическое описание механизма формирования твердой частицы из жидкой капли внутри сушильной камеры не изучено в полной мере. Кроме того, необходимо установить, как расчетные параметры и режим работы сушилки влияют друг на друга, чтобы оптимизировать двухфазный поток для достижения лучшей производительности сушки и для получения желаемого качества продукта.

В литературе можно найти множество различных стратегий для моделирования процессов сушки [4, 5]. Среди разнообразных теоретических моделей и экспериментов, до сих пор не было достигнуто общего согласия между исследователями, какой фактор кинетики сушки преобладает, поскольку различные материалы показывают довольно разное поведение миграции влаги. Большинство моделей основаны на экспериментальных данных, что является фактором, сдерживающим их будущее применение. Правильная концепция механизма миграции влаги, вывод основных уравнений для тепло- и массопереноса внутри капли и их численное решение являются базисной точкой развития большинства передовых моделей сушки для одиночной капли.

Целью данной работы является описание подхода к моделированию сушки капли обезжиренного молока по модели «усадки ядра» в распылительной установке.

Модель сушки сферических капель содержащих твердых включения, развиваемая в этом исследовании это механистическая модель усадки, основанная на отступании фронта испарения, который включает четыре отдельные стадии, показанные на рис. 1.

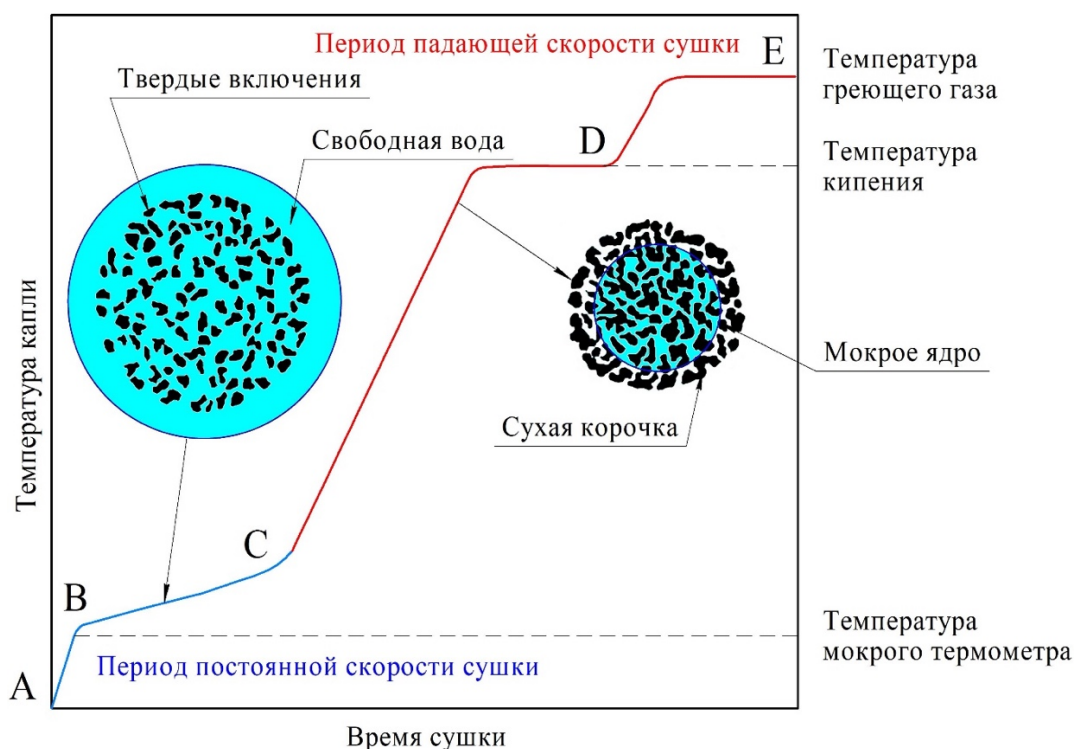


Рис. 1. Стадии сушки одиночной капли: AB – подогрев; BC – квазиравновесное испарение; CD – формирования корочки и кипение; DE – сушка пористых частиц

При моделировании приняты следующие допущения для периодов постоянной и падающей скоростей сушки:

- капля сохраняет сферическую форму и эксцентриситет в течение нагрева и испарения;
- теплопередача тепла внутри капли осуществляется за счет теплопроводности;
- пары влаги удаляются путем конвекции с поверхности капли потоком сушильного воздуха;
- параметры окружающего воздуха (давление, скорость, влажность и т.д.) должны быть постоянными;
- температура капли остается равной температуре мокрого термометра;
- отсутствуют химико-физические реакции между твердыми включениями и влагой внутри капли;
- радиальные поля распределения температуры и твердых частиц;
- на границе испарения выполняются условие равновесия температуры и концентрации;
- капиллярные эффекты и внутренняя циркуляция внутри капли игнорируются.

В период постоянной скорости сушки изменение влажности в единицу времени остается постоянным. На этом этапе капля, содержащая большое количество воды, входит в горячую газовую среду, нагревается до температуры мокрого термометра, а затем испарение с поверхности капли приводит к сокращению диаметра капли. В определенный момент времени концентрация воды на поверхности капли достигает минимального значения и в этой области первые твердые частицы формируют агломерированную оболочку, погруженную в жидкость. Во время сушки эта оболочка в конечном итоге обнажается на поверхности капли и вырастает до сухой пористой корочки. В данный момент капля превращается во влажную частицу и первый этап сушки заканчивается.

Принятые допущения в период постоянной скорости сушки приведены ниже:

- процесс усадки выражается в убывающем радиусе капли;
- конец этой стадии наблюдается тогда, когда нет свободной воды на поверхности капли;

В период падающей скорости сушки, предполагается, что испарение должно иметь место на отступающей границе фаз, которая движется к центру капли, так что корковый слой над поверхностью капли создаёт дополнительное сопротивление для процессов тепло- и массообмена.

Принятые допущения в период падающей скорости сушки приведены ниже:

- предполагается, что существует отступающая граница фаз, которая разбивает одиночную капли на внутреннее мокрое ядро и наружную область сухой корочки;
- что удаление влаги из пор капли ожидается с отступающей граница фаз ядро-корочка;

- радиус капли имеет постоянное значение на этом этапе сушки;
- водяной пар проникает в поры твердой корочки, наполненные воздухом и будут удалены с поверхности капли конвекцией;
- стадия продолжается пока не достигнуты частицы с желаемой средней влажностью или точки с минимально возможной влажностью частиц.

Вычисления модели испарения будут выполнены с использованием решателя EvaporationReactingParcelFoam. Этот решатель является новым приложением OpenFOAM, внедренный специально для этого исследования. Данное программное обеспечение предоставляет широкий спектр возможностей для решения задач сжимаемых и несжимаемых потоков, осложненных горением и химическими реакциями, многофазных течений, пористых сред, тепло и массопередачи, турбулентности (LES, RANS, DES, DNS, и т.д.), частиц методы (метод дискретных элементов, прямое моделирование Монте-Карло, молекулярная динамика) и лагранжевых частиц для отслеживания механики деформируемых твердых тел, акустики и электромагнетизма. Оригинальная библиотека Лагранжа для моделирования жидких капель была расширена с целью включения присутствия твердой фазы.

Планируется получение профилей для скорости газа, температуры, профилей концентрации водяного пара, а также характеристик дисперсной фазы, таких как профили температуры и содержание влажности. Кроме того, результаты численного моделирования будут сравнены с экспериментальными данными [6] для оценки точности модели «усадки ядра».

Список литературы

1. Dubkova, N. Z. Using Jerusalem artichoke powder in functional food production / N. Z. Dubkova, V. V. Kharkov, M. R. Vakhitov // Foods and Raw Materials. – 2021. – Vol. 9. – No. 1. – P. 69-78. – DOI 10.21603/2308-4057-2021-1-69-78.
2. Харьков, В. В. Разработка и исследование аппарата вихревого типа для концентрирования фруктовых соков / В. В. Харьков, А. Н. Николаев // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 14. – С. 445–448.
3. Харьков, В. В. Особенности кинетики реакций термического разложения материала при концентрировании во взвешенном слое / В. В. Харьков, А. Н. Николаев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2017. – № 5. – С. 33-37. – DOI 10.24153/2079-5920-2017-7-5-33-37.
4. Харьков, В. В. Выбор модели кинетики сушки дисперсных материалов для вычислительного эксперимента / В. В. Харьков, А. Н. Николаев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 9. – С. 7-11.
5. Харьков, В. В. Моделирование тепло- и массообмена при концентрировании соков в вихревой камере / В. В. Харьков // Научно-технический вестник Поволжья. – 2016. – № 1. – С. 37–44.
6. Nesic, S. Kinetics of droplet evaporation / S. Nesic, J. Vodnik // Chemical Engineering Science. – 1991. – Vol. 46 (2). – P. 527–537.

ВЛИЯНИЕ РАСХОДА ОРОШАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ НА ТЕПЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГИБРИДНОЙ ГРАДИРНИ

В. В. Харьков, О. С. Дмитриева, И. Н. Мадышев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
v.v.kharkov@gmail.com

Аннотация: В работе рассматривается актуальная задача охлаждения оборотной воды теплового оборудования пищевых предприятий. В работе проводится расчет тепловых параметров градирни гибридного типа с трубчатым радиатором при изменении расхода жидкости, орошающей его трубы.

Ключевые слова: охлаждение, гибридная градирня, термическое сопротивление.

INFLUENCE OF WETTING LIQUID RATE ON THERMAL PARAMETERS OF HYBRID COOLING TOWER

V. V. Kharkov, O. S. Dmitrieva, I. N. Madyshev

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: The paper considers the actual problem of cooling of circulating water for thermal equipment of food enterprises. The heat parameters of a hybrid type cooling tower with a tubular radiator are calculated under changes of the flow rate of the liquid irrigating its tubes.

Keywords: cooling, hybrid cooling tower, thermal resistance.

Наличие системы оборотного водоснабжения на промышленном предприятии важнейшим показателем его технического уровня, соответствующего современным экологическим требованиям [1]. В силу специфики пищевой промышленности, здесь оборотное водоснабжение используется только для охлаждения технологического теплового оборудования. Эффективным оборудованием для проведения процесса охлаждения оборотной воды является градирня.

Ранее авторами была разработана новая конструкция градирни гибридного типа для охлаждения оборотной воды [2, 3] (рис. 1). В качестве оросителя градирни использовались наклонные металлические пластины с перфорированными гофрами. Характерной особенностью конструкции разработанной градирни является использование внутреннего трубчатого радиатора для течения оборотной воды по «сухому» типу. Таким образом обеспечивается снижение контакта оборотной воды с охлаждающим атмосферным воздухом, что приводит к минимизации загрязнения воды и снижению затрат на ее очистку. Также наружная поверхность трубчатого змеевика непрерывно смачивается орошающей (охлаждающей) жидкостью («мокрый» тип). Целью данной работы является

исследование влияния расхода орошающей жидкости на тепловые характеристики гибридной системы охлаждения с трубчатым радиатором.



Рис. 1. Фотография гибридной градирни

В работе [4, 5] была построена математическая модель для определения режимных параметров разработанной градирни, на основе которой были получены результаты, представленные на рис. 2–5.

Анализ величины тепловой мощности, отводимой внутренним трубчатым радиатором гибридной градирни показал, что изменение расхода охлаждающей жидкости приводит к пропорциональному увеличению мощности для температур орошающей воды от 26 до 34 °С (рис. 2). Показано, что при увеличении температуры орошающей воды на 1 °С тепловая мощность увеличивается в среднем на 0,253 кВт.

Далее был проведен расчет по исследованию изменения коэффициента теплоотдачи от орошающей жидкости к наружной стенке трубы внутреннего радиатора градирни в зависимости от расхода этой жидкости. Найдено, что при увеличении массового расхода жидкости, орошающей поверхность радиатора, происходит уменьшение коэффициента теплоотдачи на 12,2 Вт/(м²·К) в исследуемом диапазоне расхода воды от 0,03 до 0,09 кг/с (рис. 3).

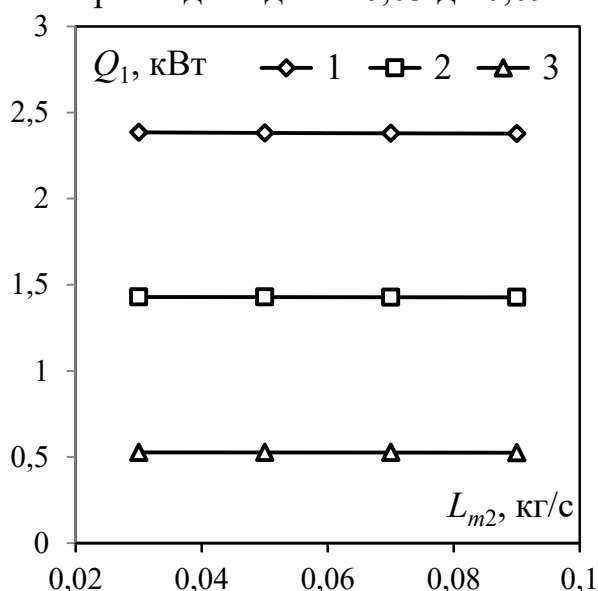


Рис. 2. Изменение тепловой мощности градирни Q_1 , отводимой от поверхности трубчатого радиатора в зависимости от массового расхода орошающей жидкости L_{m2} при вариации ее средней температуры, °С: 1 – 26; 2 – 30; 3 – 34

На рис. 4 представлен график изменения линейного коэффициента теплопередачи с учетом термического сопротивления стенки трубчатого радиатора при изменении расхода и температуры жидкости для орошения его труб. Выявлено, что при изменении расхода орошающей жидкости от 0,03 до 0,09 кг/с значение линейного коэффициента теплопередачи остается постоянным для всех исследуемых температур воды. При этом уменьшение температуры орошающей жидкости с 34 до 30 °С приводит к увеличению коэффициента теплопередачи на 27%, тогда как с 30 до 26 °С – только на 8%.

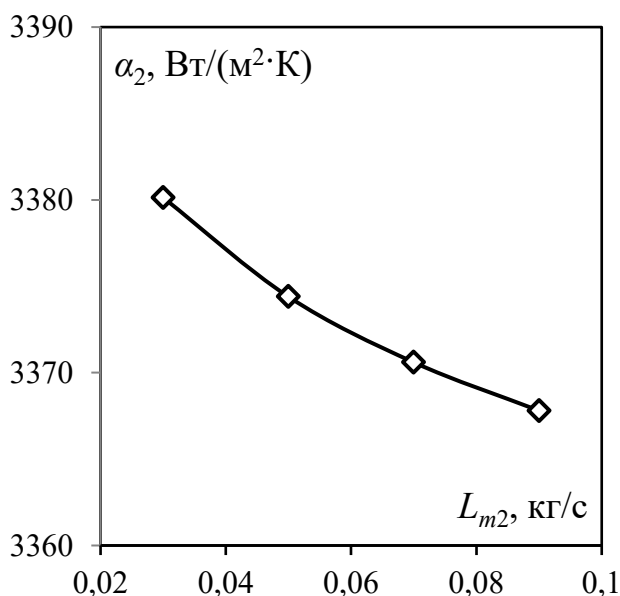


Рис. 3. Изменение коэффициента теплоотдачи α_2 в зависимости от массового расхода орошающей жидкости L_{m2}

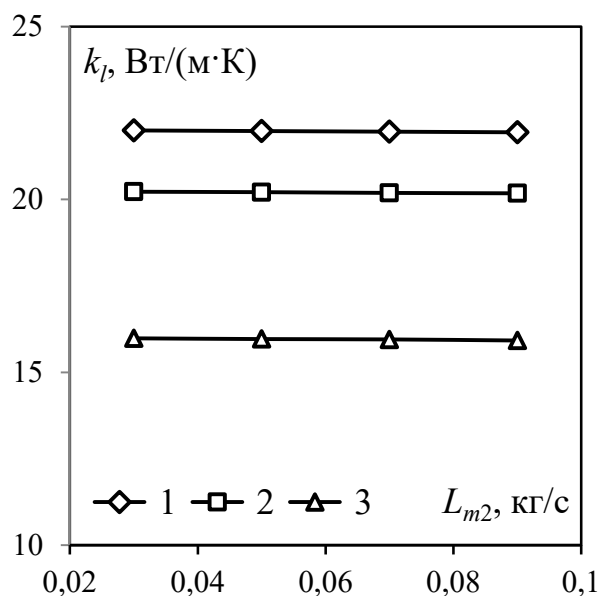


Рис. 4. Зависимость линейного коэффициента теплопередачи k_l от массового расхода орошающей жидкости L_{m2} при изменении ее температуры: 1 – 26; 2 – 30; 3 – 34

Распределение линейного термического сопротивления теплоотдачи от оборотной воды к стенке трубчатого радиатора $R_{l,\alpha1}$ и линейного термического сопротивления теплоотдачи от стенки к орошающей $R_{l,\alpha2}$ жидкости существенно зависит от температуры орошающей жидкости, что показано на рис. 5. Так, при увеличении температуры орошающей жидкости с 26 до 34 °С отношение $R_{l,\alpha1}/R_\Sigma$ растет в 2,32 раза, а $R_{l,\alpha2}/R_\Sigma$ уменьшается в 1,38 раз. Отмечается, что при температуре охлаждающей жидкости 34 °С значения линейных термических сопротивлений теплоотдачи $R_{l,\alpha1}$ и $R_{l,\alpha2}$ стремятся к 0,5.

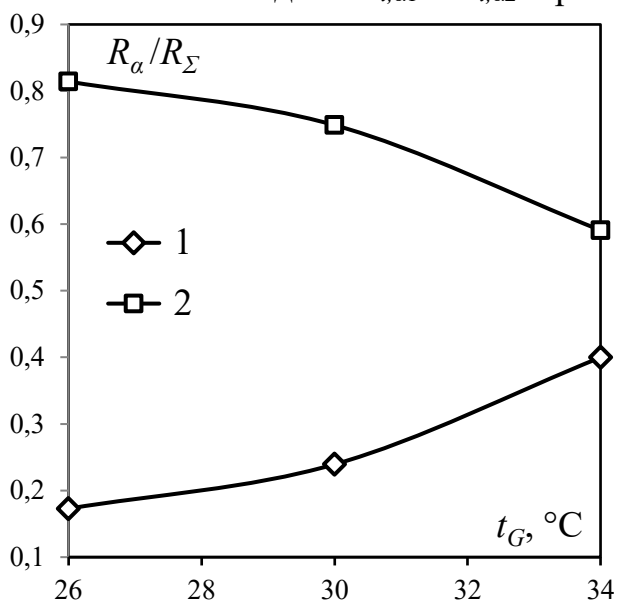


Рис. 5. Отношение линейного термического сопротивления теплоотдачи $R_{l,\alpha1}$ (1) и $R_{l,\alpha2}$ (2) к общему линейному термическому сопротивлению теплопередачи R_Σ от средней температуры орошающей жидкости t_G

Таким образом, в работе был проведен анализ влияния расхода жидкости, орошающей поверхность трубчатого радиатора, на тепловые характеристики гибридной системы охлаждения. Рекомендуется для увеличения линейного коэффициента теплопередачи требуется значительно увеличить расход орошающей жидкости.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам СП-2152.2022.1.

Список литературы

1. Якимов, Н. Д. Сравнительный анализ градиент с противоточным и поперечноточным взаимодействием потоков воды и воздуха / Н. Д. Якимов, О. С. Дмитриева, В. В. Харьков // Вестник технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 3. – С. 93-96.
2. Kharkov, V. V. Experimental study of heat transfer in tube-type radiator of hybrid cooling tower / V. V. Kharkov, I. N. Madyshev, M. G. Kuznetsov, A. N. Nikolaev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – 1045(1). – P.012131.
3. Мадышев, И. Н. Интенсификация тепломассообменных процессов в испарительных градирнях / И. Н. Мадышев, В. В. Харьков, А. Н. Николаев. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2022. – 92 с.
4. Мадышев, И. Н. Исследование термического сопротивления трубчатого радиатора гибридной системы охлаждения оборотной воды / И. Н. Мадышев, В. В. Харьков, В. Э. Зинуров // Инженерно-физический журнал. – 2023. – Т. 96. – № 3.
5. Мадышев, И. Н. Определение гидравлического сопротивления и объемных коэффициентов тепло- и массоотдачи при охлаждении оборотной воды в многоступенчатой вихревой камере / И. Н. Мадышев, О. С. Дмитриева, В. В. Харьков, А. О. Маясова // Теплоэнергетика. – 2022. – Т. 12. – № 12. – С. 64-72.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОГО ПРОФИЛЯ

В. В. Харьков, М. Р. Вахитов, А. Н. Николаев, О. С. Дмитриева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
andr_nik_nik@rambler.ru

Аннотация: Предложены варианты организации абсорбционной очистки воздуха в производственных помещениях пищевых предприятий от парогазообразных загрязнителей. В качестве абсорбера предлагается полый вихревой аппарат, обладающий высокой производительностью. Получены соотношения для расчета минимальной производительности очистной системы, при которой обеспечивается удовлетворительная очистка воздуха. На примере очистки воздуха от аммиака проведено сравнение автономной системы очистки и системы, встроенной в приточно-вытяжную систему аспирации.

Ключевые слова: очистка воздуха, полый вихревой аппарат, эффективность очистки, степень циркуляции, минимальная производительность.

ORGANIZATION OF CIRCULATING AIR PURIFICATION IN THE PRODUCTION PREMISES OF FOOD PROFILE ENTERPRISES

V. V. Kharkov, M. R. Vahitov, A. N. Nikolaev, O. S. Dmitrieva

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Variants of the air purification process organization by absorption of vapor-gas pollutants in the production premises of food enterprises are proposed. A hollow vortex apparatus with high performance is offered as an absorber. The relations for calculating the minimum performance of the purification system, at which satisfactory air purification is provided, are obtained. Using the example of air purification from ammonia, a comparison of an autonomous purification system and a system integrated into the supply and exhaust aspiration system was carried out.

Keywords: air purification, hollow vortex apparatus, cleaning efficiency, circulation degree, minimum productivity.

Для поддержания состояния воздуха в производственных помещениях пищевых предприятий, соответствующего санитарным нормам, предусматривается организация приточной и вытяжной вентиляции. В этом случае пары веществ, в том числе вредных (аммиак, фреон и др.), попадающие в воздух помещений в результате утечек из технологического оборудования, выбрасываются вытяжной вентиляцией за пределы производственных помещений, что ведет к загазо-

ванности воздуха на территории предприятия. Этот воздух вновь частично засасывается приточной вентиляцией, снижая тем самым эффект вентилирования помещений.

В связи с этим представляется целесообразным использование компактной малогабаритной абсорбционной установки с использованием полого вихревого аппарата [1,2]. Схема такой установки представлена на рис. 1.

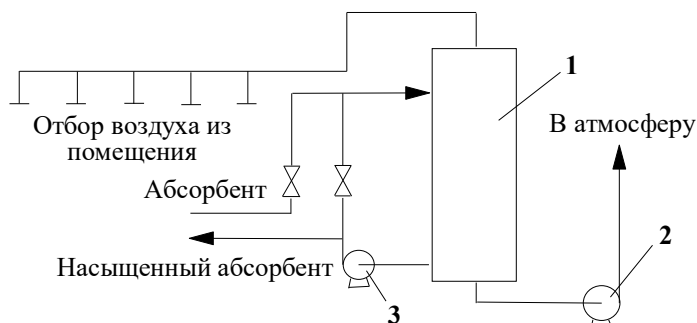


Рис. 1. Принципиальная схема очистки воздуха производственных помещений. 1 – полый вихревой аппарат, 2 – воздуходувка, 3 – насос

Воздух, содержащий парогазообразные примеси, прокачивается воздуходувкой 2 через полый вихревой аппарат 1, где осуществляется процесс абсорбции жидким поглотителем. Абсорбент, содержащий поглощенное вещество, может частично подаваться на рециркуляцию на вход аппарата насосом 3. Возможны два варианта работы установки. Согласно первому варианту установка работает параллельно и независимо от вытяжной вентиляции. В этом случае выходящий из установки воздух частично поступает в помещение, а частично – возвращается на вход установки очистки. По второму варианту установка совмещается с системой вытяжной вентиляции. В этом случае воздух, прошедший очистку выбрасывается за пределы помещения. Схема потоков газа в аммиачной компрессорной с автономной работой установки очистки воздуха от паров аммиака показана на рис. 2.

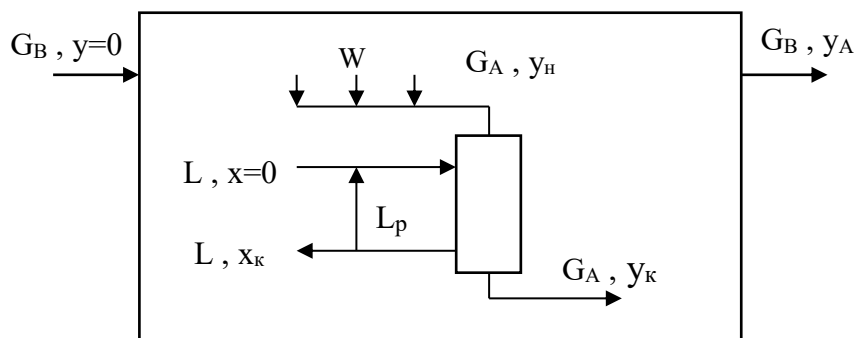


Рис. 2. Схема потоков газа в помещении с автономной работой установки очистки

На схеме: G_B – производительность вентиляционной установки приточно-вытяжной вентиляции, $\text{м}^3/\text{с}$; y_A – концентрация загрязнителя в воздухе, выбрасываемом из цеха, $\text{кг}/\text{м}^3$; W – количество выбросов из источников загрязнения (например, сальниковых уплотнений компрессоров), $\text{кг}/\text{с}$; G_A – расход воздуха в

вихревой аппарат, м³/с; L – расход абсорбента в вихревой аппарат, м³/с; L_p – расход абсорбента на циркуляцию, м³/с; y_n и y_k – начальная и конечная концентрации загрязнителя в воздухе на входе и выходе установки очистки, кг/м³; x_k – конечная концентрация загрязнителя в воде, кг/м³.

Введем коэффициент рециркуляции жидкости $R = L_p/L$. Расход жидкой фазе в полном вихревом аппарате составит $L_a = L_p + L = L(R + 1)$.

Концентрация поглощаемого вещества в воздухе на входе в вихревой аппарат может быть определена из материального баланса:

$$G_a y_a + W = G_a y_n. \quad (1)$$

При малых содержаниях загрязнителя в воздухе $G_a \approx G_c$, где G_c – расход смеси воздуха и загрязнителя. Из выражения (1) можно получить

$$y_n = y_a + W/G_a. \quad (2)$$

Если считать, что все выбросы попадают в систему очистки, то есть в полный вихревой аппарат, тогда баланс по загрязнителю в помещении

$$G_g \cdot 0 + G_a y_k = G_a y_a + G_g y_a. \quad (3)$$

Если правую и левую часть выражения (3.5) разделить на G_a , то получим

$$y_k = y_a(1 + 1/K), \quad (4)$$

где $K = G_a/G_g$ – соотношение производительностей вихревого аппарата и приточно-вытяжной вентиляции.

Концентрация аммиака в жидкости на входе в вихревой аппарат определяется из материального баланса по жидкости и составляет

$$x_n = x_k R/(R + 1). \quad (5)$$

Баланс аммиака в вихревом аппарате можно записать в виде следующего уравнения

$$G_a y_n + L(R + 1)x_n = G_a y_k + L(R + 1)x_k. \quad (6)$$

После подстановки (5) в (6) получим

$$G_a(y_n - y_k) = L(R + 1)x_k \left(1 - \frac{R}{R + 1}\right), \text{ или } G_a(y_n - y_k) = Lx_k. \quad (7)$$

Технологическая эффективность вихревого аппарата

$$E_y = \frac{y_n - y_k}{y_n - mx_n}, \quad (8)$$

где m – коэффициент равновесия.

В результате преобразования балансовых соотношений получено выражение для минимальной производительности автономной системы очистки, включающей полный вихревой аппарат, при которой обеспечивается соответствие ПДК воздуха, выбрасываемого приточно-вытяжной системой в атмосферу.

$$G_a = \left(\frac{W}{y_a} - G_g \right) \left(R\lambda + \frac{1}{E_y} \right) - \frac{W}{y_a}. \quad (9)$$

Здесь $\lambda = G_a m / (L(R + 1))$ – фактор массопередачи для полого вихревого аппарата. После деления правой и левой частей уравнения (9) на G_g получим зависимость для K

$$K = \frac{W}{G_a y_a} \left(R\lambda + \frac{1}{E_y} - 1 \right) - R\lambda - \frac{1}{E_y}. \quad (10)$$

Схема для второго варианта очистки воздуха производственного помещения (аспирационный отбор воздуха) показана на рис.3.

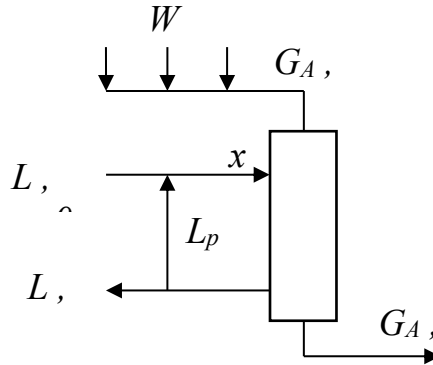


Рис. 3. Схема аспирационного отбора воздуха в производственном цехе

В случае аспирационного отбора воздуха загрязненный воздух забирается вблизи источников выбросов, проходит очистку в полном вихревом аппарате и выбрасывается не в помещение, а за его пределы в окружающую среду.

Баланс по загрязнителю для помещения будет выглядеть в этом случае как

$$W = G_a y_n, \quad (11)$$

Баланс по загрязнителю для вихревого аппарата будет выглядеть как

$$G_a (y_n - y_k) = L x_k. \quad (12)$$

В этом случае вывод уравнения для минимальной производительности системы очистки дает выражение

$$G_a = \frac{W}{y_a} \left(1 - \frac{E_y}{E_y R\lambda + 1} \right) \text{ или } G_a = \frac{W}{y_a} \frac{R\lambda + 1/E_y - 1}{R\lambda + 1/E_y}. \quad (13)$$

Расчеты проводились на примере аммиачной компрессорной с приточно-вытяжной вентиляцией. Производительность приточно-вытяжной системы принята 500 м³/час. Количество выбросов аммиака из сальниковых узлов компрессоров принято для расчета равным 0,5 мг/с. Целью расчета было определение коэффициента K циркуляции воздуха через очистную систему с полным вихревым аппаратом. В процессе расчетов варьировались значения эффективности полого вихревого аппарата, а также коэффициента рециркуляции R жидкости через полный вихревой аппарат. Результаты расчетов представлены на рисунке 4.

Было проведено сопоставление двух вариантов организации очистки воздуха в помещении аммиачной компрессорной: автономная от приточно-вытяжной вентиляции работа системы очистки на основе полого вихревого аппарата (№1) и включение вихревого аппарата в систему приточно-вытяжной вентиляции (№2). При этом сравнивалась минимальная достаточная производительность по воздуху систем очистки, при которой обеспечиваются требования ПДК по аммиаку, составляющие 0,2 мг/м³. Результаты расчета представлены на рисунке 5.

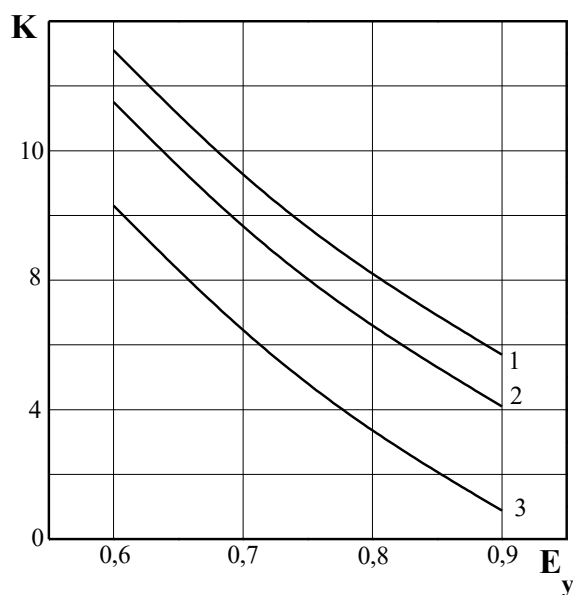


Рис. 4. Зависимость кратности циркуляции воздуха через полый вихревой аппарат
 R : 1 – 0; 2 – 0,5; 3 – 1.

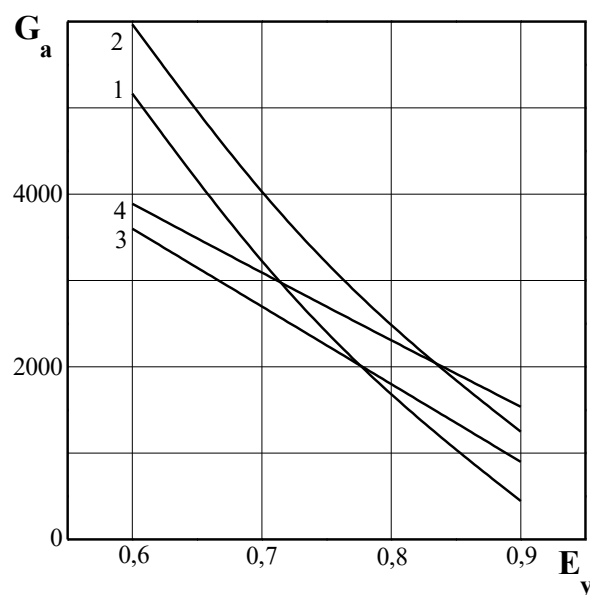


Рис. 5. Минимальная производительность системы очистки воздуха от аммиака
 1,2 – вариант №1; 3,4 – вариант №2. 1,3 – $R = 0$; 2,4 – $R = 0,2$.

Расчеты показали, что при высоких значениях эффективности очистки газа в полном вихревом аппарате (0.75 и выше), более экономичным является первый вариант, так как обеспечивает содержание загрязнителя в воздухе ниже значения ПДК при меньшем расходе воздуха через систему очистки. При низких значениях эффективности полого вихревого аппарата более экономичным оказывается второй вариант.

Список литературы

1. Зиярова, И.Р. Интенсификация процесса очистки газов в полых аппаратах вихревого типа /И.Р. Зиярова, К.А. Багаева, Г.Р. Мингалеева, М.Р. Вахитов, А.Н. Николаев // Вестник технологического университета. – 2017. – Т.20. – №13. – С.53-55.
2. Николаев, А.Н. Интегральные характеристики закрученных течений в газоочистном оборудовании вихревого типа /А.Н. Николаев, В.В. Харьков // Вестник Казанского технологического университета, 2015. –Т.18. – №18. – С.130-132.

Секция 3

БИОТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

СОСТАВ ГРИБА *LAETIPORUS SULPHUREUS* И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А. А. Абржина, М. А. Бурмасова, М. А. Сысоева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
abrzhinaalina@gmail.com

Аннотация: В данной статье приведены литературные данные по химическому составу и биологическим свойствам представителя базидиальных грибов - серно-желтого трутовика *Laetiporus sulphureus*. Показано, что плодовое тело и мицелий гриба *Laetiporus sulphureus* являются источниками биотехнологических продуктов, таких как белки, полисахариды, липиды, пигменты и др. На их основе могут быть разработаны биологически активные добавки направленного действия. Рассмотрены перспективные сферы применения полученных биотехнологических продуктов.

Ключевые слова: серно-желтый трутовик, базидомицеты, белки, полисахариды, липиды, пигменты.

STUDY OF THE COMPOSITION OF THE FUNGUS *LAETIPORUS SULPHUREUS* AND ASSESSMENT OF THE PROSPECTS FOR ITS USE

A. A. Abrzhina, M. A. Burmasova M. A. Sysoeva

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: This article presents the literature data on the chemical composition and biological properties of a representative of basidial fungi - sulfur-yellow tinder *Laetiporus sulphureus*. It has been shown that the fruit body and mycelium of the fungus *Laetiporus sulphureus* are sources of biotechnological products such as proteins, polysaccharides, lipids, pigments, etc. Biologically active additives of directed action can be developed on their basis. Promising areas of application of the obtained biotechnological products are considered.

Keywords: sulfur-yellow tinder, basidiomycetes, proteins, polysaccharides, lipids, pigments.

Перспективным биотехнологическим объектом может служить *Laetiporus sulphureus* – серно-желтый трутовик, широко распространенный представитель базидиальных (трубчатых) грибов, относящийся к семейству Полипоровые (*Polyporaceae*). Гриб является древоразрушающим факультативным сапрофитом, способным вызывать гниль листовенных и некоторых хвойных пород.

С древнейших веков *L. sulphureus* использовался во многих странах в традиционной медицине в качестве жаропонижающего, отхаркивающего и противоревматического средства. В настоящее время ведутся обширные исследования экстрактов серно-желтого трутовика и отдельных соединений, входящих в его состав [1].

В составе плодовых тел *L. sulphureus* присутствуют различные классы соединений. В них обнаружены следующие биологически активные вещества: алкалоиды (0,3-0,4 %), тритерпены (до 0,5 %) и фенольные соединения (до 4 %), водорастворимые полисахариды (до 2,5 %), щелочерастворимые полисахариды (24-62 %), хитин (до 5 %), многоатомные спирты (до 2 %), аминокислоты (до 6,5 %), органические кислоты (до 8 %), белки (12,8-45,1 %), липиды (до 1 %), макро- и микроэлементы (до 9 %). Также в составе присутствуют каротиноиды, стерины, смолистые вещества, витамины [2]. Такой химический состав предполагает проявление широкого спектра биологической активности.

Важными компонентами, как плодовых тел, так и мицелия базидиомицетов являются полисахариды и пектиновые вещества. Клеточная стенка плодовых тел *L. sulphureus* на 78-88 % состоит из (1–3)- α -D-глюкана, также в ней обнаружены хитин и (1–3)- β -D-глюкан. Содержание глюкозы в составе полисахаридов серно-желтого трутовика достигает 98,8 %. Исследователи выделяют в базидомицетах две фракции щелочерастворимых полисахаридов и пять фракций водорастворимых полисахаридов. Определено, что состав водорастворимых полисахаридов мицелия *L. sulphureus* входят, редко встречающиеся в грибах – латипоран А и латиглюкан 1. Полисахариды, выделенные из серно-желтого трутовика, могут быть использованы, например, в качестве компонента лекарственных препаратов с противоопухолевой активностью [3, 4].

Представители ксилотрофов могут быть использованы для получения белковой биомассы. Мицелий гриба *L. sulphureus*, выращенный в глубинной культуре (выход биомассы около 43 % от массы субстрата), характеризуется высоким содержанием белка. По аминокислотному составу трутовик отличается большим количеством лейцина, фенилаланина и тирозина. В нём также обнаружены изолейцин, лизин, метионин и цистин, треонин и валин. Однако, в биомассе *L. sulphureus* отсутствует триптофан. Благодаря высокому содержанию незаменимых аминокислот мицелий серно-желтого трутовика можно использовать в качестве биологически активных добавок (БАД) для обогащения продуктов питания аминокислотами [5].

В погруженной культуре базидиальных грибов определены липиды в количестве 0,60-1,03 %. В составе этой фракции преобладают ненасыщенные жирные кислоты, преимущественно олеиновая и линолевая, пальмитоолеиновая и цис-вакценовая кислоты. Среди насыщенных жирных кислот можно отметить большое содержание пальмитиновой кислоты. Насыщенные жирные кислоты *L. sulphureus* также представлены лауриновой, миристиновой, маргариновой, стеариновой и др. Разнообразны и фосфолипиды серно-желтого трутовика: сфингомиелин, фосфатидилхолин, лизофосфатидилхолин, кардиолипин и фосфатидиловая кислота. Состав грибных липидов зачастую сходен с составом растительных масел, что дает возможность использовать липиды *L. sulphureus* в пищевой промышленности в качестве продуктов питания или же в энергетической отрасли в качестве биотоплива [3, 6].

Ещё одним значимым компонентом в составе *L. sulphureus* являются пигменты. Биомасса гриба богата каротиноидными комплексами. Выявлены 3 фрак-

ции каротиноидных пигментов, которые по своей природе являются кетокаротиноидными кислотами. Основной пигмент серно-желтого трутовика – лэтипорксантин (около 87 %). У спиртовых экстрактов мицелия гриба, содержащих каротиноидные комплексы, проявляется высокая антиоксидантная активность (70–90 % по отношению к ионолу), поэтому их можно использовать, например, в качестве БАД в косметических средствах [7].

Учеными установлено, что в составе мицелия гриба *L. sulphureus* (Bull.: Fr.) Murr присутствует и меланиновый комплекс. Он был выделен из гриба водной экстракцией при кипячении (модуль 1 : 50; 4-кратная экстракция по 60 мин) и затем подкислении соляной кислотой до значения pH 2.0. После проведения щелочной деструкции меланина методом ВЭТСХ обнаружены 4-гидроксibenзойная (85 % от массы продуктов гидролиза), 3,4-диметоксибензойная (5 %) и 3,5-диметокси-4-гидроксibenзойная (7 %) кислоты. Благодаря химическим и спектральным методам определено, что меланин *L. sulphureus* принадлежит к ди-гидронафталиновому типу и характеризуется преобладанием конденсированных фенольных частей. Меланины данного гриба можно рекомендовать для использования в качестве антиоксиданта для пищевой или фармацевтической промышленности [8].

Водный экстракт плодового тела гриба *L. sulphureus* демонстрировал действие против следующих штаммов: *Bacillus cereus*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli* и др [1]. Интересно отметить, что метанольный экстракт *Inonotus obliquus* обладает антибактериальной активностью в отношении *Escherichia coli*, а вот водные экстракты чаги такого свойства не имеют [9]. Этанольные экстракты из плодовых тел серно-желтого трутовика проявляют фунгицидную активность в отношении *Candida albicans*. Культивируемые штаммы *L. sulphureus*, выращенные глубинным методом в жидкой среде, проявляют антимикробную активность в отношении грамотрицательных и грамположительных бактерий, в том числе устойчивых к метициллину (*S. aureus*) и к гликопептидам (*Leuconostoc mesenteroides*) [1].

Этанольные экстракты серно-желтого трутовика демонстрируют высокую антиоксидантную активность: 320 мкг этанольного экстракта плодовых тел гриба показали антиоксидантный эффект в тесте с DPPH, соответствующий 40 мкг α -токоферола [1].

Ксантофильный каротиноид лаеипораксантин, выделенный из гриба *L. sulphureus*, обладает противовирусной активностью в отношении вируса простого герпеса первого типа, а спиртовые экстракты мицелия, содержащие каротиноиды, обладают иммуномодулирующим действием [10].

На основе гриба *L. sulphureus* разработана БАД «Летисульфурин», обогащенная белками, жирами, клетчаткой, каротиноидами, витаминами А и Е. Добавка рекомендуется к использованию в пищевой промышленности для обогащения витаминами А и Е пшеничного хлеба, макаронных изделий, майонеза. «Летисульфурин» положительно влияет на органолептические, физико-химические и микробиологические показатели готовых изделий, также повышается пищевая ценность продуктов. В работах [3] показана возможность применения гриба при производстве желтого рисового вина, соевого соуса.

Большие перспективы представляет применение биополимеров высших базидиальных грибов в сельском хозяйстве – *L. sulphureus* проявляет бактерицидные свойства в отношении возбудителя кольцевой гнили картофеля [11]. Экстракты из *L. sulphureus* могут найти широкое применение в косметических средствах для ухода за кожей, в фармакологических препаратах с различным действием и в других сферах.

Таким образом, базидиальный гриб *Laetiporus sulphureus* является ценным источником таких биологически активных веществ как: белки, липиды, полисахариды, пигментные соединения и др. Благодаря разнообразному химическому составу области применения данного базидиального гриба многочисленны, что делает трутовик перспективным биотехнологическим объектом.

Список литературы

1. Sulkowska-Ziaja K. *Laetiporus sulphureus* – chemical composition and medicinal value / K. Sulkowska-Ziaja, B. Muszynska, A. Gawalska, K. Salaciak // Chair of Pharmaceutical Botany, Faculty of Pharmacy, Jagiellonian University Medical College, Krakow, Poland – 2018. – Vol. 17(1) – P. 89-98.
2. Ефремов А.П. Лекарственные растения и грибы средней полосы России. Полный атлас-определитель / А.П. Ефремов // Фитон XXI. – 2021. – 504 с.
3. Билялова А.С. Разработка технологии и товароведная оценка биологически активной добавки к пище на основе высшего базидиального гриба : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (05.18.15) / А.С. Билялова. – М. : Мос. гос. ун-т пищ. производств, 2014. – 184 с.
4. Оленников Д.Н. Щелочнорастворимые полисахариды плодовых тел *Laetiporus sulphureus* (Bull.: Fr.) Murr / Д.Н. Оленников, С.В. Агафонова и др. // Прикладная биохимия и микробиология. – Т. 45. – № 6. – 2009. – С. 693-697.
5. Киселева О.В. Глубинное культивирование серно-желтого трутовика с целью получения белковой биомассы / О.В. Киселева, П.В. Миронов, Ю.А. Литовка, С.В. Терентий // Химия растительного сырья. – № 4. – 2011. – С. 337-338.
6. Винокуров В.А. Получение липидов базидиальных грибов в погруженной культуре / В.А. Винокуров, О.В. Попова и др. // Башкирский химический журнал. – Т. 18. – № 4. – 2011. – С. 71-76.
7. Гвоздкова Т.С. Глубинный мицелий ксантофиллсодержащего гриба *Laetiporus sulphureus* — основа новой биологически активной добавки / Т.С. Гвоздкова, Мишин Л. Т. и др. // Успехи медицинской микологии. – Т. 3. – 2004. – С. 218-220.
8. Оленников Д.Н. Меланин стерильной формы *Laetiporus sulphureus* / Д.Н. Оленников, С.В. Агафонова, А.В. Столбикова, А.В. Рохин // Прикладная биохимия и микробиология. – Т. 47. – № 3. – 2011. – С. 330-335.
9. Горноста́й Т.Г. Химический состав, способ получения и фармакогностическая характеристика мицелия *Inonotus rheades* (Hymenochaetaceae) : диссертация на соискание ученой степени кандидата фармацевтических наук (14.04.02) / Т.Г. Горноста́й – Иркутск : ФГБУН Сибирский институт физиологии и биохимии растений, 2019. – 208.
10. Проценко М.А. Разработка технологии экспериментальных образцов препаратов из высших базидиомицетов : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук (03.01.06) / М.А. Проценко – Кольцово : ФБУН ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор», 2017. – 178 с.
11. Перфильева А.И. Влияние селенсодержащих биокомпози́тов из лекарственных грибов на возбудитель кольцевой гнили картофеля / А.И. Перфильева, О.М. Цивилева и др. // Доклады академии наук – 2018. – Т. 479 – № 4 – С. 472–475.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ВЫРАБОТКУ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ МИКРОВОДОРОСЛЮ *EUGLENA GRACILIS* KLEBS.

О. О. Бабич, Е. А. Буденкова, Е. В. Каширских, В. Ф. Долганюк, С. А. Сухих

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта»,
г. Калининград, Россия
KBudenkova@gmail.com

Аннотация: изучена взаимосвязь между продуктивностью синтеза экзополисахаридов (ЭПС) *Euglena gracilis* Klebs. и концентрацией макроэлементов в питательной среде (N, P, Mg) с помощью метода математического моделирования (факторный эксперимент). Также проведено исследование влияния на выработку ЭПС пептона и соевой мелассы. В результате проделанной работы выявлено, что, во-первых, содержание ЭПС статистически значимое увеличивается в 7-15 раз по сравнению с контролем в условиях дефицита источника магния и избытка источника азота в питательной среде. Во-вторых, при добавлении к питательной среде соевой мелассы (10 г/л) концентрация ЭПС увеличивается в 4-5 раз. Наибольшее значение удельной концентрации ЭПС достигает $27,12 \pm 3,1$ мг/г биомассы.

Ключевые слова: экзополисахариды, *Euglena gracilis*, факторный эксперимент, оптимизация культивирования.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE NUTRITIONAL MEDIUM ON THE PRODUCTION OF EXOPOLYSACCHARIDES MICROALGAE *EUGLENA GRACILIS* KLEBS.

O. O. Babich, E. A. Budenkova, E. V. Kashirskikh, V. F. Dolganyuk, S. A. Sukhikh

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Abstract: The correlation between the productivity of the exopolysaccharides (EPS) *Euglena gracilis* Klebs was studied and the concentration of macroelements in the nutrient medium (N, P, Mg) using the method of mathematical modeling (factorial experiment). We also studied the effect of peptone and soy molasses on the production of EPS. Firstly, it was revealed the content of EPS increases statistically in 7-15 times compared with the control under conditions of a deficiency of a magnesium source and an excess of a nitrogen source in the nutrient medium. Secondly, when soy molasses (10 g×L⁻¹) is added to the nutrient medium, the concentration of EPS increases in 4-5 times. The highest concentration of EPS reaches 11.12 ± 1.14 mg/g of biomass.

Key words: exopolysaccharides, *Euglena gracilis*, factor experiment, cultivation optimization.

Euglena gracilis Klebs. это типовой штамм микроводоросли, который может быть использован в промышленности для получения диетического белка, липидов, провитаминов, а также углеводов [1]. Эвгленовые содержат характерное

крахмалоподобное вещество – парамилон. Клетки *E. gracilis* могут содержать до 50% парамилона [2]. Полисахариды, образуемые клетками микроводоросли *E. gracilis* интенсивно исследуются так как помимо пищевой ценности глюканы могут обладать антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами [3, 4].

С другой стороны, микроводоросли продуцируют экзополисахариды (ЭПС) в окружающую их среду, и данные вторичные метаболиты, выполняя разные функции в организме, также способны обладать разнообразными ценными биологическими свойствами [5, 6]. При этом получение экзоуглеводов/экзопполисахаридов, содержащихся в культуральной жидкости, обладает существенным экономическим преимуществом – для их экстракции не требуется такое большое количество манипуляций по сравнению с процессом экстракции эндоуглеводов.

Методы и материалы. В качестве объекта исследования выступает зеленая микроводоросль *Euglena gracilis* Klebs. E-199, полученная из коллекции микроводорослей и цианобактерий IPPAS (ИФР РАН им. К.А. Тимирязева). Культивирование микроводоросли осуществляли на питательной среде «для *Euglena*» (http://cellreg.org/Catalog_2020/Catalog%20NEW/media/euglena.html) и модифицированной среде «для *Euglena*» (Табл. 1).

Таблица 1

Состав используемых в работе питательных сред

Компонент	«для <i>Euglena</i> »	Модификации «для <i>Euglena</i> »		
		№1	№2	№3
NaCl, г/л		0,1		
(NH ₄) ₂ SO ₄ , г/л		1,0		
MgSO ₄ ×7H ₂ O, г/л		0,4		
KH ₂ PO ₄ , г/л		0,4		
CaCl ₂ ×2H ₂ O, г/л		0,066		
L– глутаминовая кислота, г/л		2,0		
FeCl ₃ (1 %), мл		1,0		
раствор микроэлементов Заррука, мл		1,0		
раствор с витаминами F, мл	1,0	-	-	-
Бактериологический пептон, г/л	-	5,0	-	-
Лактозы моногидрат, г/л	-	-	2,0	-
Соевая меласса, г/л	-	-	-	5,0

Условия культивирования: освещение 600±50 lx с чередованием фаз свет/темнота 8ч:16ч, периодическое перемешивание (2-3 раза в сутки), температура 23±1 °С, конические колбы с ватно-марлевой пробкой, стерильно.

Определение прироста биомассы осуществляли фотометрически при OD750 с использованием градуировочного графика по сухой массе клеток. Определение концентрации экзополисахаридов в культуральной жидкости определяли антрон-сернокислым методом при OD630 [7]. Качественная оценка внутриклеточных полисахаридов определяли визуально с помощью окрашивания суспензии клеток раствором Люголя в течение 5 мин. Удельная концентрация ЭПС

рассчитывали, как отношение концентрации ЭПС культуральной жидкости (г/л) и концентрации клеток в суспензии (г/л).

Оптимизацию химического состава питательной среды провели с использованием математического моделирования: факторный двухуровневый эксперимент (ПФЭ-2) с последующим опытом по плану крутого восхождения (от 10 до 300% при норме 100%) [8]. Продолжительность культивирования для вышеупомянутых этапов составила 14 суток / этап. В качестве исследуемых факторов приняты макросоли, входящие в состав питательной среды: источник азота - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; источник фосфора - KH_2PO_4 ; источник магния - $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, источник хлора - NaCl (Табл. 2).

Таблица 2

Уровни исследуемых факторов

Компонент	Фактор	Концентрация компонентов, г/л			
		Нижний уровень «-»	Верхний уровень «+»	Контроль	Шаг, λ
KH_2PO_4	X_1	0,2	0,6	0,4	0,2
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	X_2	0,5	1,5	1,0	0,5
$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	X_3	0,2	0,6	0,4	0,2
NaCl	X_4	0,05	0,2	0,1	0,05

Статистический анализ проведен с использованием программы SPSS и Excel 2016. Дисперсионный анализ проведен с помощью критерия Краскела-Уоллиса (H ; $p < 0.05$), критерия Манна-Уитни с поправкой Бонферрони для попарного сравнения (z ; $p < 0.05$) и коэффициент Спирмена для проверки наличия корреляции (r ; $p < 0.05$). Все опыты проведены в пяти повторах.

Результаты и обсуждение. После проведения опыта ПФЭ-2 и соответствующих математических расчётов и успешной проверки адекватности модели выявлено, что статистически значимо на выработку ЭПС у *E. gracilis* влияет концентрация $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (обратная положительная зависимость) и $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ (обратная отрицательная зависимость) в питательной среде. Полученное уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 0.206 + 0.237 \times X_2 - 0.244 \times X_3$$

где,

y – удельная концентрация ЭПС, г/г;

X_2 – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;

X_3 – $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$.

Наибольшая удельная концентрация ЭПС ($4,09 \pm 2,07$ г/г) отмечена в варианте питательной среды №12 ($H=43.09$, $f=16$, $p < 0.001$; $z = -2.611$, $p < 0.01$), для которой характерен избыток KH_2PO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и NaCl , и дефицит $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ (Рис. 1 А).

В ходе последующих опытов установлено, что на фоне увеличения концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в три раза (150%) в питательной среде «для *Euglena*» на третьи сутки культивирования наблюдается наивысшая концентрация ЭПС ($z = -2.508$, $p < 0.01$) и равняется $7,26 \pm 1,10$ г/г (Рис. 1 В). Можно отметить, что при концен-

трации данной макросоли 10, 250 и 300 % от нормы также наблюдается статистически значимое увеличение концентрации ЭПС спустя 1 час культивирования и на 3-ие сутки, но не такое большое, в 1,5 -8,5 раза больше, чем в контроле ($N = 17.124$, $f = 20$; $p < 0.01$). На 14-ые сутки, когда культура перешла в фазу стационарного роста, происходит общее снижение удельной концентрации ЭПС при всех вариациях концентрации сульфата аммония. Однако при концентрации 50 % наблюдается увеличение концентрации, что затруднительно обосновать.

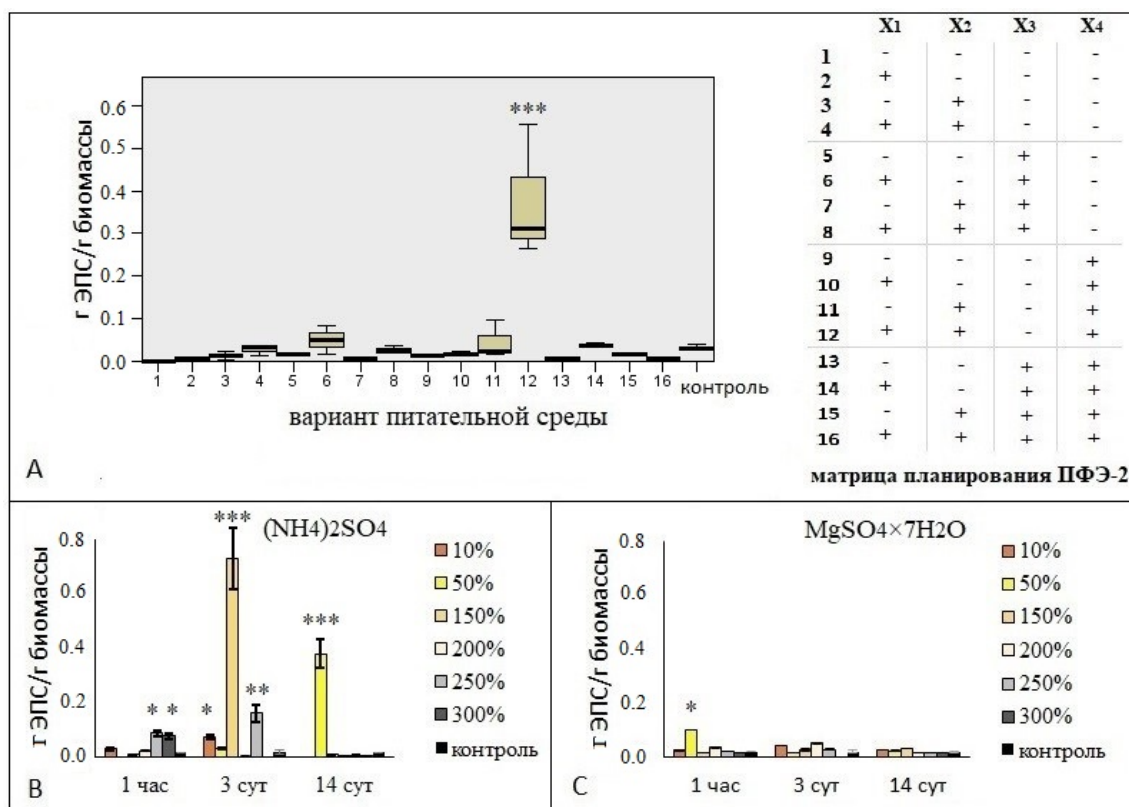


Рис. 1. Результаты проведения ПФЭ-2 (А) и опыта по плану крутого восхождения (В, С): ЭПС – экзополисахариды (исследуемая функция); от 1 до 16 – варианты питательной согласно матрице планирования эксперимента ПФЭ-2; X_i – исследуемые факторы, где X_1 – KH_2PO_4 , X_2 – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, X_3 – $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, X_4 – NaCl); «+» – верхний уровень фактора; «-» – нижний уровень фактора

Наивысшая концентрация ЭПС при варьировании уровня содержания $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ в среде отмечена через час после начала процесса культивирования ($z = -2.611$, $p < 0.01$) в случае 50 % – $0,99 \pm 0,01$ г/г (Рис. 1 С). В остальном не обнаружено каких-либо статистически значимых различий ($N = 10.498$, $f = 6$, $p < 0.105$) и удельная концентрация ЭПС варьирует в пределах $0,29 \pm 0,14$ г/г.

В следующей части исследования показано положительное влияние внесения мелассы на выработку ЭПС (Рис. 2), а также накопления эндополисахаридов, что можно наблюдать по более выраженному бурому окрашиваю клеток *E. gracilis* в результате связывания полисахаридов с йодом, содержащимся в растворе Люголя (Рис. 2 С).

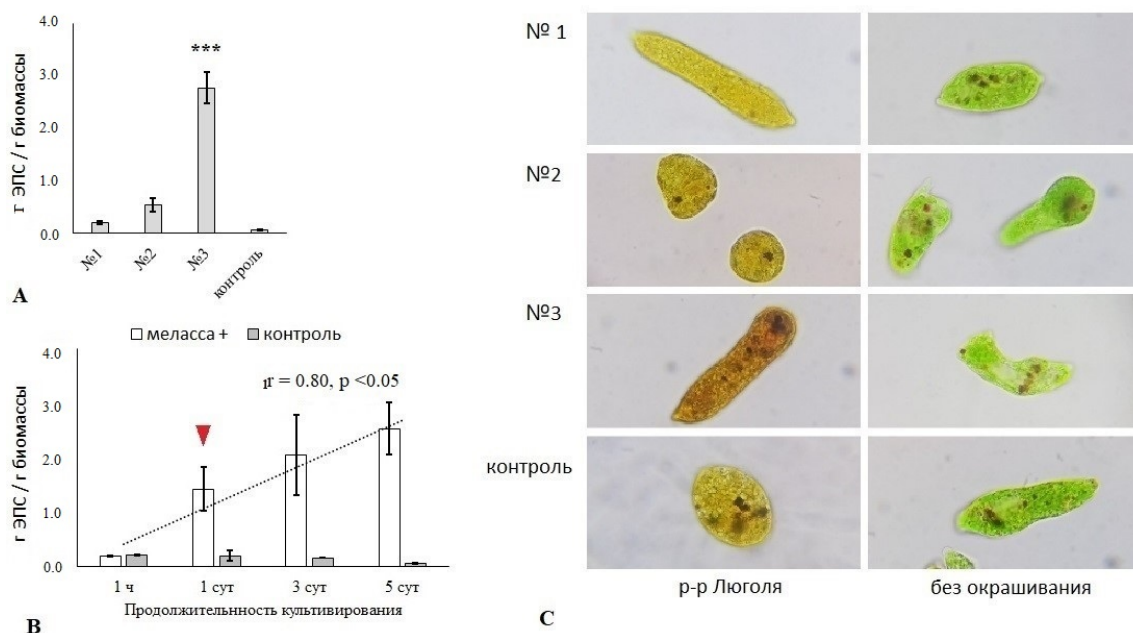


Рис. 2. Культивирование *E. gracilis* на питательной среде различного состава: А – удельное содержание ЭПС при росте *E. gracilis* на пит. среде «для *Euglena*» с добавлением бактериального пептона (№1); с добавлением моногидрата лактозы (№2); с добавлением соевой мелассы (№3); В – динамика удельной концентрации ЭПС при культивировании *E. gracilis* на пит. среде №3, красная стрелка обозначает момент внесения мелассы в культуру; С – морфология клеток *E. gracilis* на 5-ые сутки культивирования без окрашивания (справа) и окрашенных раствором Люголя для визуализации эндополисахаридов (слева); приведены медиана и стандартное отклонение, увел. $\times 100$

Прирост биомассы в опыте интенсивнее в случае использования контрольной питательной среды «для *Euglena*» и среды №1 с выходом культуры на плато к третьим суткам роста – $0,82 \pm 0,12$ г/л и $0,77 \pm 0,06$ г/л, соответственно ($N = 10.385$, $f = 3$, $p < 0.03$; $z = -2.619$, $p < 0.01$). По сравнению с контрольными значениями отмечен рост удельной концентрации ЭПС в 3-10 раз. Внесение лактозы и мелассы оказывало ингибирующее влияние на деление клеток микроводоросли, однако при этом растет концентрация ЭПС в культуральной среде, что соответственно приводит к увеличению удельной концентрации ЭПС. Статистически значимое увеличение содержания в среде ЭПС наблюдается через сутки от момента внесения мелассы в питательную среду. По сравнению с контрольными значениями отмечен рост удельной концентрации ЭПС в 10-50 раз. Кроме этого, окрашивание клеток раствором Люголя показало более высокое накопление полисахаридов внутри клетки, что также показывает о потенциале *E. gracilis* как альтернативного источника получения углеводов.

Резюмируя результаты можно отметить, что при использовании модифицированной питательной среды «для *Euglena*» для культивирования микроводоросли *E. gracilis* E-199 удельная концентрация экзополисахаридов может быть достигать 2.5 ± 0.6 г/г биомассы в течение 5-ти суток, что в 10-12 раз выше по сравнению с контролем. Состав модифицированной питательной среды (г/л): NaCl – 0,1; $(NH_4)_2SO_4$ – 1,5; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,2; KH_2PO_4 – 0,2; $CaCl_2 \times 2H_2O$ – L-глутаминовая кислота – 0,2; соевая меласса – 10 г; $FeCl_3$ (1 %) – 1 мл, раствор

микроэлементов – 1 мл. Полученные значения выхода массы экзополисахаридов *E. gracilis* сопоставимы с результатами аналогичных исследований [9].

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, договор № 075-15-2022-245 (вн. № 13.2251.21.0134).

Список литературы

1. Gissibl A. Bioproducts from *Euglena gracilis*: synthesis and applications / A. Gissibl, A. Sun, A. Care, H. Nevalainen, A. Sunna // *Frontiers in bioengineering and biotechnology*. – 2019. – Vol. 7. – 108 p.
2. Wang Y. *Euglena gracilis* growth and cell composition under different temperature, light and trophic conditions / Y. Wang, T. Seppänen-Laakso, H. Rischer, M. G. Wiebe // *PLoS One*. – 2018. – Vol. 13. – №. 4. – e0195329 p.
3. Parra-Riofrío G. Antioxidant and cytotoxic effects on tumor cells of exopolysaccharides from *Tetraselmis suecica* (Kylin) butcher grown under autotrophic and heterotrophic conditions / G. Parra-Riofrío, J. García-Márquez, V. Casas-Arrojo, E. Uribe-Tapia, R.T. Abdala-Díaz // *Marine drugs*. – 2020. – T. 18. – №. 11. – C. 534.
4. Ishiguro S. Water extract from *Euglena gracilis* prevents lung carcinoma growth in mice by attenuation of the myeloid-derived cell population / S. Ishiguro, D. Upreti, N. Robben, R. Burghart, M. Loyd, D. Ogun, M. Tamura // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. – 2020. – Vol. 127. – 110166 p.
5. Rai A. K. Microalgal Promise to the Next Generation: A Dual Potential Perspective as Cosmeceuticals and Biofuels / A.K. Rai, S.A. Gurung // *Micro-algae: Next-generation Feedstock for Biorefineries: Cultivation and Refining Processes*. – Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. – P. 55– 82.
6. Tounsi L. Microalgae as feedstock for bioactive polysaccharides / L. Tounsi, F. Hentati, H.B. Hlima, M. Barkallah, S. Smaoui, I. Fendri, S. Abdelkafi // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2022.
7. Turula Jr V. E. Automation of the anthrone assay for carbohydrate concentration determinations. / Jr V. E. Turula, T. Gore, S. Singh, R. G. Arumugham // *Analytical chemistry* – 2010. – Vol. 82(5). – P. 1786–1792.
8. Жерносекова, И.В. Методы планирования экспериментов при оптимизации питательной среды для стрептомицета / И.В. Жерносекова, Н.П. Черногор, А.А. Тымчук, А.И. Винников // *Biosystems Diversity*. – 2010. – Т. 18. – №. 1. – 28 с.
9. Babiak W., Krzemińska I. Extracellular polymeric substances (EPS) as microalgal bioproducts: A review of factors affecting EPS synthesis and application in flocculation processes / W. Babiak, I. Krzemińska // *Energies*. – 2021. – Vol. 14. – №. 13. – 4007 p.

ОЧИСТКА АНТИОКСИДАНТНОГО КОМПЛЕКСА ИЗ БИОМАССЫ ПСИХРОФИЛЬНЫХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ

О. О. Бабич, В. Ф. Долганюк, Е. В. Каширских, В. Д. Анохова,
Е. А. Буденкова

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта»,
г. Калининград, Россия
stas-asp@mail.ru

Аннотация. Наиболее сильными антиоксидантами, выделенными из психрофильных микроводорослей и цианобактерий, являются экзополисахариды и эндополисахариды. Целью данной работы являлось определение рациональных параметров очистки антиоксидантного комплекса психрофильных микроводорослей и цианобактерий, выделенных из акватории Балтийского моря. В ходе проведения исследований подобраны методы очистки полисахаридов, подтверждена их эффективность экспериментальными данными. Подтверждена возможность очистки экстрагированных из психрофильных микроводорослей и цианобактерий полисахаридов от белковых молекул, неорганических солей и пигментов.

Ключевые слова: психрофильные микроводоросли, цианобактерии, экзополисахариды, эндополисахариды, очистка, антиоксидантный комплекс, экстракция, диализ, обессоливание.

PURIFICATION OF ANTIOXIDANT COMPLEX FROM BIOMASS OF PSYCHROPHILIC MICROALGAE AND CYANOBACTERIA

O. O. Babich, V. F. Dolganyuk, E. V. Kashirskikh, V. D. Anokhova, E. A. Budenkova

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«Baltic Federal University. I. Kant»,
Kaliningrad, Russia
stas-asp@mail.ru

Annotation. The most powerful antioxidants isolated from psychrophilic microalgae and cyanobacteria are exopolysaccharides and endopolysaccharides. The purpose of this work was to determine the rational parameters for purification of the antioxidant complex of psychrophilic microalgae and cyanobacteria isolated from the Baltic Sea. In the course of the research, methods for the purification of polysaccharides were selected, and their effectiveness was confirmed by experimental data. The possibility of purification of polysaccharides extracted from psychrophilic microalgae and cyanobacteria from protein molecules, inorganic salts and pigments was confirmed.

Keywords: psychrophilic microalgae, cyanobacteria, exopolysaccharides, endopolysaccharides, purification, antioxidant complex, extraction, dialysis, desalination.

Введение

Вещества, обладающие антиоксидантной активностью, широко применяются в медицине с целью коррекции процессов свободнорадикального окисления при различных заболеваниях. Антиоксиданты способны восстанавливать окислительные процессы, защищая молекулы-мишени и удаляя из среды активные формы кислорода (АФК). В организме существует физиологическая антиоксидантная система, поддерживающая окислительно-антиоксидантный баланс в органах и системах. Однако, эта система в организме является крайне сложной и тесно связанной друг с другом и поэтому имеется крайне низкая вероятность того, что заболевание у современного человека будет являться следствием дефицита одного единственного вещества. Эндогенный антиоксидантный механизм защиты человека несмотря на эффективность, зачастую оказывается недостаточен для защиты и потому требуются дополнительное введение антиоксидантов извне. Теоретические и практические данные позволяют предположить, что использование внешних антиоксидантов может приводить к снижению риска сердечно-сосудистых заболеваний, рака и большой группы других заболеваний, в которых, как предполагается, свободные радикалы играют важную роль [1–4].

В настоящее время широкий интерес приобрел вопрос получения комплекса биологически активных веществ с антиоксидантной активностью из водорослей, как макроводорослей, так и микроводорослей. Водоросли отличаются высоким содержанием разнообразных антиоксидантов, молекулы которых относятся к нескольким семействам: полифенолы, хлорофилл, бета-каротин, каротиноиды провитамина А, ксантофильные каротины, стерины (витамины), стиролы, аминокислоты и др. Богатый антиоксидантный состав с одной стороны, и высокая адаптивность водорослей к разным условиям культивирования с другой стороны, позволяют использовать водоросли в качестве перспективного источника комплекса полисахаридов-антиоксидантов [5–8].

Экзополисахариды – это высокомолекулярные полимеры, состоящие из остатков сахаров, которые секретируются микроводорослями в окружающую среду и могут служить барьером между клетками и окружающей средой. Эти соединения привлекают к себе внимание в качестве потенциального источника лекарственных субстанций, поскольку они часто не токсичны, обладают иммуномодулирующим, антиоксидантным, противовоспалительным, антимикробным, антибиоплённым действием.

Экзополисахариды морских цианобактерий и микроводорослей выгодно отличаются от полисахаридов наземных бактерий, растений тем, что для морских цианобактерий и микроводорослей можно создать определённые воспроизводимые контролированием параметров производства, в результате чего исключается экологическое воздействие и достигается высокое качество конечного продукта. В последние годы исследования большинства учёных нацелены на изучение экзополисахаридов из цианобактерий и микроводорослей [9–13].

Выделение антиоксидантного комплекса (АК) из психрофильных микроводорослей и цианобактерий, которые еще не были изучены, может расширить область их промышленного применения и открыть новые перспективы исполь-

зования. Ввиду разнообразия психрофильных микроводорослей и цианобактерий, высокой метаболической гибкости, различных условий культивирования их реальный потенциал полностью еще не оценен.

Целью данной работы являлось определение рациональных параметров очистки антиоксидантного комплекса психрофильных микроводорослей и цианобактерий, выделенных из акватории Балтийского моря.

В связи с тем, что экзо- и эндополисахариды имеют одинаковую природу, то они подчиняются одним принципам очистки. В настоящее время наиболее часто применяемыми и более эффективными методами очистки полисахаридов являются депротеинизации, обессоливания и дефенолизации.

Материалы и методы исследований

С целью реализации метода депротеинизации (метода Севага), определяли содержание белковой фракции методом спектрофотометрии. Для этого растворяли 1 г образца полисахаридов в 10 мл дистиллированной воды. Затем к двум частям раствора полисахарида добавляли одну часть раствора Севага (хлороформ: н-бутанол 5:1) и интенсивно перемешивали в течение 8 минут. После перемешивания полученную эмульсию центрифугировали при 3900 об/мин в течение 15 минут. Собирали водный слой, полисахаридов. Процедуру очистки повторяли 4 раза. Содержание белковых соединений определяли на спектрофотометре, до и после очистки, в присутствии раствора Брэдфорда.

В качестве метода обессоливания выбрали диализ – метод очистки коллоидных растворов полисахаридов от низкомолекулярных соединений с помощью полупроницаемой мембраны. При диализе низкомолекулярные вещества проходят через мембрану в раствор, в который погружена мембрана. Высокомолекулярные соединения полисахаридов не могут проникнуть в поры мембраны, и остаются в исходном растворе. Диализ основан на процессах обратного осмоса и электродиффузии.

При реализации данного метода очистки, емкость с очищаемым раствором полисахаридов помещали на магнитную мешалку и диализировали раствор в течение 24 ч. Для лучшего обессоливания, внешний раствор меняли каждые 3-4 часа. Конструкция простейшей диализной установки представлена на рис. 1.

Чистоту полученных растворов полисахаридов определяли с помощью гель-фильтрации на хроматографе (BUCHI, Германия), регистрировали колебания при разных длинах волн (280 нм (UV4), 254 нм (UV2), 195 нм (UV1), 200 нм (UV3)) для подтверждения отсутствия белков, а также для дополнительной очистки от солей. Хроматография велась на сорбенте Sephadex G-50 (Sigma-Aldrich, США). В качестве элюэнта использовался – ТАЕ pH=8,3, элюирование проводилось со скоростью 3 мл/мин.

Для удаления пигментов использовали экстракцию смесью органических растворителей гексан, хлороформ и бензол. Растворы эндополисахаридов смешивали с органическими растворителями в соотношении 1:3, перемешивали в течение 30 минут на орбитальном шейкере и собирали водный слой, в котором находились очищенные от пигментов полисахариды, выделенные из микроводо-

рослей и цианобактерий *S. pseudocostatum*, *T. pseudonana*, *F. kerguelensis*, *A. gracile* и *A. cylindrica*. Образцы представляли собой суспензию прозрачного вида, с вкраплениями белой взвеси, равномерно распределенной по всему объему.



Рис. 1. Процесс обессоливания полисахаридов

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлены результаты количественного определения белковых компонентов в растворе полисахаридов до и после проведения методы очистки по методу Севага.

Таблица 1

Количественное содержание белковых компонентов в полисахаридах микроводорослей и цианобактерий

№	Название образца	Количество белка до очистки, мг/г полисахарида	Количество белка после очистки, мг/г полисахарида			
			1 повтор	2 повтор	3 повтор	4 повтор
Экзополисахариды						
1	<i>S. pseudocostatum</i>	0,16	0,13	0,06	0,03	0,03
2	<i>T. pseudonana</i>	0,24	0,20	0,06	0,03	0,03
3	<i>F. kerguelensis</i>	0,15	0,07	0,04	0,03	0,03
4	<i>A. gracile</i>	0,17	0,13	0,03	0,02	0,02
5	<i>A. cylindrica</i>	0,26	0,23	0,07	0,05	0,05

Эндополисахариды						
1	<i>S. pseudocostatum</i>	0,13	0,11	0,06	0,02	0,03
2	<i>T. pseudonana</i>	0,22	0,14	0,07	0,02	0,03
3	<i>F. kerguelensis</i>	0,17	0,10	0,06	0,02	0,02
4	<i>A. gracile</i>	0,14	0,03	0,02	0,02	0,02
5	<i>A. cylindrica</i>	0,18	0,09	0,06	0,04	0,03

Анализ данных таблицы 1 свидетельствует о высокой эффективности очистки полисахаридов от белковых соединений методом Севага. С использованием 4-хкратной очистки полисахаридов микроводорослей и цианобактерий данным методом, удаляется от 80,8% до 87,5% белковых загрязнений. Присутствие остаточных белковых молекул указывает на их прочное связывание с полисахаридами и образование сложных комплексов с выраженными биологическими свойствами. При проведении 4-хкратной очистки, потери самого полисахарида составили не более 10%, что свидетельствует о том, что выбранный метод подходит для очистки полисахаридов от белковых соединений, и при реализации данного способа сохраняется значимая часть целевого вещества.

Исследуя полученные экстракты полисахаридов, можно сделать вывод о том, что в полученном продукте содержались в основном полисахариды, так как не зарегистрированы балластные вещества и белковые компоненты, регистрируемые при длинах волн 254 нм, 280 нм. Аналогичные результаты исследований получены при изучении эндополисахаридов, выделенных из микроводорослей и цианобактерий.

Известно, что выделенные экзополисахариды не загрязнялись различными пигментами, в связи с тем, что в культуральной жидкости отсутствуют клеточные пигменты, однако, эндополисахариды при экстракции обычно загрязняются пигментами различной полярности. Образцы полисахаридов, выделенных из микроводорослей и цианобактерий *Skeletonema pseudocostatum*, *Thalassiosira pseudonana*, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Aphanizomenon gracile* и *Anabaena cylindrica*, отличались тем, что в растворе полисахариды располагались в виде нитеобразных конгломератов (рисунок 2 (а-е)).

Образцы полисахаридов, выделенных из микроводоросли *Thalassiosira pseudonana*, по внешнему виду отличались от других наличием вкраплений розоватого цвета (рисунок 2 (b)). Это, возможно, обусловлено тем, что в процессе экстрагирования выделились полисахариды, соединенные с пигментами, входящими в состав клеток микроводоросли.

Выводы

Таким образом, в ходе проведения исследований, подобраны методы очистки полисахаридов, подтверждена их эффективность полученными экспериментальными данными. Простота в исполнении и экспериментально подтвержденная эффективность данных методов, позволяет использовать их для очистки экстрагированных из психрофильных микроводорослей и цианобактерий полисахаридов от белковых молекул, неорганических солей и пигментов.

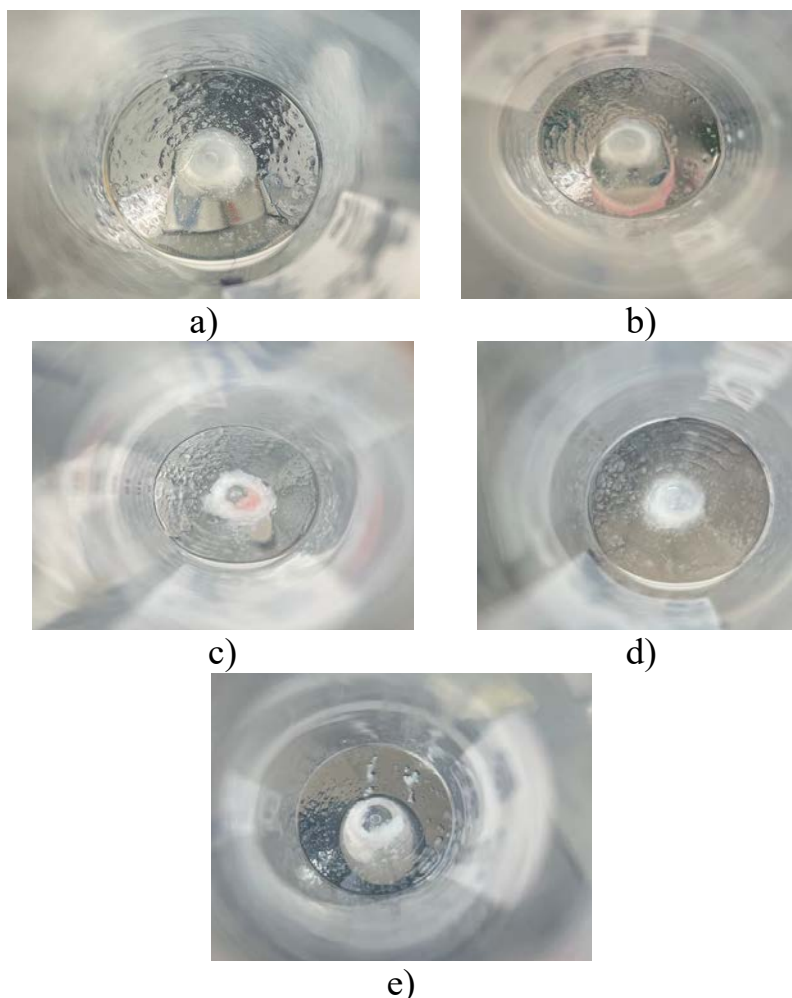


Рис. 2 – Образцы очищенных экзополисахаридов, выделенных из микроводорослей и цианобактерий:

a) *S. pseudocostatum*; b) *T. pseudonana*;
c) *F. kerguelensis*; d) *A. gracile*; e) *A. cylindrica*

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и Высшего образования Российской Федерации (грант Президента Российской Федерации), проект № МК-484.2022.1.4 (соглашение № 075-15-2022-393).

Список литературы

1. Coulombier, N. Impact of Light Intensity on Antioxidant Activity of Tropical Microalgae / N. Coulombier, E. Nicolau, L. Le Déan, C. Antheaume, T. Jauffrais, N. Lebouvier // Mar. Drugs. – 2020. – 18. – P. 122. <https://doi.org/10.3390/md18020122>.
2. Coulombier, N. Effects of Nitrogen Availability on the Antioxidant Activity and Carotenoid Content of the Microalgae *Nephroselmis* sp. / N. Coulombier, E. Nicolau, L. Le Déan, V. Barthelemy, N. Schreiber, P. Brun, N. Lebouvier, T. Jauffrais // Mar. Drugs. – 2020. – 18. - P. 453. <https://doi.org/10.3390/md18090453>.
3. Gulcin İ. Antioxidants and Antioxidant Methods: An Updated Overview. / İ. Gulcin // Arch. Toxicol. – 2020. – 94. - P. 651–715. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>.
4. Yu, M. Preparation of *Chlorella vulgaris* Polysaccharides and Their Antioxidant Activity in Vitro and in Vivo. / M. Yu, M. Chen, J. Gui, S. Huang, Y. Liu, H. Shentu, J. He, Z. Fang, W. Wang,

- Y. Zhang // Int. J. Biol. Macromol. – 2019. – 137. - P. 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.222>.
5. Gürlek, C. Screening of Antioxidant and Cytotoxic Activities of Several Microalgal Extracts with Pharmaceutical Potential. / C. Gürlek, Ç. Yarkent, A. Köse, B. Tuğcu, I.K. Gebeloğlu, S.Ş. Öncel, M. Elibol // Health Technol. – 2020. – 10. - P. 111–117. <https://doi.org/10.1007/s12553-019-00388-3>.
 6. Marques, A.E.M.L. Diets Containing Residual Microalgae Biomass Protect Fishes against Oxidative Stress and DNA Damage. / A.E.M.L. Marques, R.E. Balen, L. da Silva Pereira Fernandes, C.M. Motta, H.C.S. de Assis, D.M. Taher, F. Meurer, J.V.C. Vargas, A.B. Mariano, M.M. Cestari // J. Appl. Phycol. – 2019. – 31. - P. 2933–2940. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01825-6>.
 7. Nacer, W. Evaluation of the Anti-Inflammatory and Antioxidant Effects of the Microalgae *Nannochloropsis gaditana* in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. / W. Nacer, F.Z. Baba Ahmed, H. Merzouk, O. Benyagoub, S. Bouanane // J. Diabetes Metab. Disord. – 2020. – 19. - P. 1483–1490. <https://doi.org/10.1007/s40200-020-00681-3>.
 8. Oleinik, G. In vitro antioxidant extracts evaluation from the residue of the *Hevea brasiliensis* seed. / G. Oleinik, P.P. Dario, K. de Moraes Gasperin, D.M. Benvegnú, F.O. Lima, L.C. Soares, A.L. Gallina // Sci Rep – 2022. – 12. - P. 480. <http://doi.org/10.1038/s41598-021-04017-w>.
 9. Yue, F. Manshun Effects of monosaccharide composition on quantitative analysis of total sugar content by phenol-sulfuric acid method / F. Yue, J. Zhang, J. Xu, T. Niu, X. Lü, M. Liu // Frontiers in Nutrition. – 2022. – 9. <http://doi.org/10.3389/fnut.2022.963318>.
 10. Babich, O. Study of the Polysaccharide Production by the Microalga *Vischeria punctata* in Relation to Cultivation Conditions / O. Babich, E. Budenkova, E. Kashirskikh, V. Dolganyuk, S. Ivanova, A. Prosekov, S. Sukhikh // Life. – 2022. – V. 12. – №. 10. – P. 1614. <https://doi.org/10.3390/life12101614>.
 11. Haoujar, I. The Contribution of Carotenoids, Phenolic Compounds, and Flavonoids to the Antioxidative Properties of Marine Microalgae Isolated from Mediterranean Morocco. / I. Haoujar, F. Cacciola, J. Abrini, D. Mangraviti, D. Giuffrida, Y. Oulad El Majdoub, A. Kounoun, N. Miceli, M. Fernanda Taviano, L. Mondello // Molecules. – 2019. – 24. - P. 4037. <https://doi.org/10.3390/molecules24224037>.
 12. McKenzie, C.H. Three Decades of Canadian Marine Harmful Algal Events: Phytoplankton and Phycotoxins of Concern to Human and Ecosystem Health. / C.H. McKenzie, S.S. Bates, J.L. Martin, N. Haigh, K.L. Howland, N.I. Lewis, A. Locke, A. Peña, M. Poulin, A. Rochon // Harmful Algae. – 2021. – 102. - P. 101852. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101852>.
 13. Lourenço, S.C. Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications. / S.C. Lourenço, M. Moldão-Martins, V.D. Alves // Molecules. – 2019. – 24. - P. 4132. <https://doi.org/10.3390/molecules24224132>.

СКРИНИНГ АНТИОКСИДАНТНОГО ПОТЕНЦИАЛА РАСТЕНИЯ *CALLUNA VULGARIS*

А. Х. Бахтиярова, О. В. Кроль, О. О. Бабич, С. А. Сухих

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,
г. Калининград, Россия
bakhtiarova.allina@yandex.ru

Аннотация: В ходе работы были подобраны параметры экстракции растения вереск обыкновенный *Calluna vulgaris*. Показан фенольный состав экстрактов в зависимости от параметров экстракции. Экстракты были исследованы на антиоксидантную активность. Наиболее активный образец был фракционирован с целью исследования антиоксидантных свойств отдельных фракций.

Ключевые слова: вереск обыкновенный, *Calluna vulgaris*, БАВ, фенольные соединения, антиоксидантная активность.

SCREENING OF THE ANTIOXIDANT POTENTIAL OF THE *CALLUNA VULGARIS*

A. H. Bakhtiarova, O. V. Krol, O. O. Babich, S. A. Sukhikh

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia
bakhtiarova.allina@yandex.ru

Abstract: In the course of the work, the extraction parameters of the common heather plant were selected. The phenolic composition of extracts is shown depending on the extraction parameters. The extracts were tested for antioxidant activity. The most active sample was fractionated in order to study the antioxidant properties of individual fractions.

Keywords: *Calluna vulgaris*, biologically active substances, phenolic compounds, antioxidant activity.

Вереск обыкновенный *Calluna vulgaris* - это широко распространенное на территории России ценное лекарственное растение. Оно интересно своим разнообразным химическим составом и спектром проявляемой биологической активности. Среди множества биологически активных веществ (БАВ) вереска особый интерес представляют фенольные компоненты, которые и обуславливают большинство полезных свойств: антиоксидантные, противомикробные, противовоспалительные, нейропротекторные и др. [1,2,3]. К тому же, с ростом спроса на функциональные продукты питания и новые эффективные фармацевтические субстанции наблюдается рост научного интереса к вторичным метаболитам растений их роли в профилактике и лечении заболеваний. В связи с этим целью данной работы стало изучение фитохимического профиля вереска обыкновенного, а также скрининг его антиоксидантной и противомикробной активности.

Для изучения фенольного состава вереска на первом этапе проводился подбор параметров экстракции растительного сырья. Было получено три вида экстрактов: метанолом и этилацетатом методом Сокслета и 60%-ным этанолом на кипящей водяной бане. Экстракцию метанолом и этилацетатом вели в течение 6 часов при температуре кипения растворителя. Экстракция на водяной бане проходила в течение 60 мин с модулем 1:20. Состав полученных экстрактов исследовался методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание БАВ в экстрактах вереска, г/кг

Название вещества	Экстрагент		
	Этанол 60%	Метанол	Этилцетат
протокатехиновая кислота	0,186	0,163	0,040
гиперозид	2,273	3,965	0,443
галловая кислота	-	-	0,017
апигенин-7-О-глюкозид	2,250	3,615	0,159
катехин	0,354	0,688	-
астрагалин	0,396	0,69	0,120
феруловая кислота	0,083	0,105	-
кофейная кислота	0,250	0,370	-
хлорогеновая кислота	12,294	17,123	0,142
изокверцетин	0,523	0,930	0,072
рутин	-	-	0,288

Метанольный экстракт содержал большое количество хлорогеновой кислоты, гиперозида и апигенин-7-О-глюкозида. В нем также обнаружены протокатехиновая, феруловая, хлорогеновая и кофейная кислоты, а также катехин, изокверцетин, и астрагалин. Водно-этанольный экстракт сдержал эти же компоненты, но в меньшем количестве. Наименьший выход БАВ продемонстрировал экстракт, полученный этилацетатом, однако только в нем были идентифицированы рутин и галловая кислота.

Далее исследовалась антиоксидантная способность экстрактов. Спектрофотометрическим методом определяли три вида антиоксидантной активности (АОА): по способности улавливать свободные радикалы DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила) и ABTS (2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновой кислоты), а также по восстанавливающей силе при взаимодействии с комплексом Fe (III)-2,4,6-трипиридил-s-триазин (FRAP). В качестве стандартного раствора использовали растворы тролокса (6-гидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоновой кислоты). Результаты анализов выражали в мкмоль эквивалентов тролокса на грамм сухой массы растения (мкмоль экв. тролокса/г). Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

АОА экстрактов вереска

Вид активности	Экстрагент		
	Этанол 60%	Метанол	Этилацетат
ABTS	233,57±20,84	480,64±14,90	85,54±3,21
DPPH	57,38±6,21	278,08±20,03	14,30±0,96
FRAP	172,95±15,00	208,21±12,33	14,00±1,23

Экстракт, полученный метанолом, проявил сильные антиоксидантные свойства. Активность водно-этанольного и этилацетатного экстракта во всех измерениях оказалась ниже. Полученные данные согласуются с содержанием фенольных компонентов, определенных методом ВЭЖХ.

Таким образом, было установлено, что оптимальным способом для экстракции из вереска фенольных компонентов, обладающих антиоксидантными свойствами, является экстракция метанолом по методу Сокслета. Этот экстракт был фракционирован с целью исследования активности отдельных фракций. Разделение проводилось на препаративном хроматографе в режиме градиентного элюирования: элюент А - гексан, элюент В - хлористый метилен, элюент С - метанол. Таким образом было получено 9 фракций, проявляющих антиоксидантное действие разной силы. Результаты выражали в мкмоль эквивалентов тролокса на грамм массы фракции (мкмоль экв. тролокса/г). Массу фракций определяли гравиметрически после высушивания в центрифужном испарителе.

Таблица 3

АОА фракций метанольного экстракта вереска, мкмоль экв. тролокса/г

Номер фракции	Экстрагент		
	ABTS	DPPH	FRAP
1	-	-	-
2	-	-	-
3	1759,37±20,06	969,15±11,53	600,02±9,63
4	10535,56±105,32	2627,22±25,54	3785,98±32,59
5	6905,70±34,76	1923,86±17,13	2502,00±27,00
6	2516,77±13,22	1393,70±17,04	928,26±4,73
7	4435,82±18,19	2184,40±21,11	1620,63±16,33
8	7921,40±21,00	2825,41±19,56	2389,58±13,42
9	717,84±8,72	1060,75±26,65	291,91±5,18

Фракции 1 и 2 не обладали АОА. Наибольшие значения показали образцы 4 и 8. Состав фракций будет определен методом ВЭЖХ.

Таким образом, были подобраны оптимальные параметры экстракции фенольных компонентов вереска. Метанольный экстракт проявил сильную антиок-

сидантную активность, обусловленную высоким содержанием БАВ в его составе. Работа показывает перспективность растения вереск обыкновенный в качестве источника активных компонентов с антиоксидантным действием.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (соглашение № 21-76-10055).

Список литературы

1. Chepel V., Lisun V., Skrypnik L. Changes in the content of some groups of phenolic compounds and biological activity of extracts of various parts of heather (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) at different growth stages //Plants. – 2020. – Т. 9. – №. 8. – С. 926.
2. Kupeli E., Orhan I., Yesilada E. Evaluation of some plants used in Turkish folk medicine for their anti-inflammatory and antinociceptive activities //Pharmaceutical biology. – 2007. – Т. 45. – №. 7. – С. 547-555.
3. Starchenko G. et al. Phytochemical profile and pharmacological activities of water and hydroethanolic dry extracts of *Calluna vulgaris* (L.) Hull. herb //Plants. – 2020. – Т. 9. – №. 6. – С. 751.

ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ГИДРОЛИЗАТОВ ПИЩЕВЫХ БЕЛКОВ

Б. А. Болхонов, Д. В. Соколов, С. Н. Лебедева, С. Д. Жамсаранова

ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий
и управления», г. Улан-Удэ, Россия
hybushka4567@gmail.com

Аннотация: Проведены исследования по оценке антиоксидантных свойств ферментативных гидролизатов пищевых белков – яичного альбумина и соевого протеина. В работе использован двухстадийный процесс гидролиза пищевых белков с применением пепсина и трипсина, обеспечивающий высокую степень гидролиза (82-88%). Гидролизаты яичного альбумина и соевого протеина обладали высокой суммарной антиоксидантной активностью (САА). Для яичного альбумина максимальный показатель САА отмечен через 2 часа гидролиза и составил 170,23 мг/100 мл, а для соевого протеина – через 5 часов и составил 249,38 мг/100 мл. Полученные гидролизаты перспективны в качестве функциональных пищевых ингредиентов для разработки продуктов питания антиоксидантной и гипоаллергенной направленности.

Ключевые слова: гидролиз, яичный альбумин, соевый протеин, пепсин, трипсин, антиоксидантная активность.

ASSESSMENT OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF FOOD PROTEIN HYDROLYSATES

B. A. Bolkhonov, D. V. Sokolov, S. N. Lebedeva, S. D. Zhamsaranova

East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

Abstract: Studies have been carried out to assess the antioxidant properties of enzymatic hydrolysates of food proteins - egg albumin and soy protein. We used a two-stage process of food protein hydrolysis using pepsin and trypsin, which provides a high degree of hydrolysis (82-88%). Hydrolysates of egg albumin and soy protein had a high summary antioxidant activity (SAA). For egg albumin, the maximum SAA was noted after 2 hours of hydrolysis and amounted to 170.23 mg/100 ml, and for soy protein - after 5 hours and amounted to 249.38 mg/100 ml. The resulting hydrolysates are promising as functional food ingredients for the development of antioxidant and hypoallergenic food products.

Key words: hydrolysis, egg albumin, soy protein, pepsin, trypsin, antioxidant activity.

В последние годы антиоксидантная активность пептидов, полученных из белков растительного, животного или микробного происхождения, стала предметом большого числа научных исследований [1- 8]. Ценность подобных исследований заключается в возможности их потенциального применения в качестве пищевых добавок (для предотвращения окисления пищевых компонентов и повышения пищевой ценности продукта; разработки функциональных продуктов

питания), а также терапевтических средств (профилактика и лечение заболеваний, связанных с окислительными процессами – диабет, болезнь Альцгеймера, артрит, сердечные заболевания, рак и др.) [1, 2].

Механизм, с помощью которого пептиды проявляют свои антиоксидантные свойства, до конца не установлен. Исследования показали, что эти пептиды предотвращают окислительные повреждения несколькими путями, такими как ингибирование свободных радикалов, хелатирование ионов металлов переменной валентности, инактивация активных форм кислорода и восстановление гидропероксидов [3, 4].

Основной процедурой получения биоактивных пептидов из пищевых белков является ферментативный гидролиз с использованием различных протеолитических ферментов микробного, растительного или животного происхождения. Наиболее часто используемыми ферментами для получения гидролизатов с антиоксидантной активностью являются пепсин, трипсин, папаин, химотрипсин, алкалаза, а также их комбинации [3 - 5]. Использование ферментов желудочно-кишечного тракта для получения биоактивных пептидов позволяет вводить их перорально (вместе с пищей - в составе продуктов питания) [5].

Установлено, что на активность антиоксидантных пептидов, в основном, влияют аминокислотный состав, последовательность и молекулярная масса [1]. Как правило, антиоксидантные пептиды пищевого происхождения имеют длину от 2 до 20 аминокислот [6]. Их можно получить путем гидролиза (химического и ферментативного), пищеварения в желудочно-кишечном тракте и микробной ферментацией из белкового сырья [7, 8]. Перед гидролизом могут быть использованы различные дополнительные технологии обработки (тепловая, высокоинтенсивная импульсная, обработка электрическим полем, высоким давлением, ультразвуком и др.) [3]. Биоактивные пептиды также могут быть получены путем химического синтеза и рекомбинантных технологий [4, 5]. Антиоксидантный потенциал таких пептидов частично объясняется их аминокислотным составом. В них часто обнаруживаются такие гидрофобные аминокислотные остатки, как лейцин, изолейцин и пролин, а также ароматические – как тирозин [2].

В базе данных BIOPEP перечислено более 50 известных на сегодняшний день различных биоактивностей пептидов. Среди них пептиды, обладающие антиоксидантными, антигипертензивными, противодиабетическими, противовоспалительными и антимикробными свойствами, являются наиболее привлекательными для более глубоких исследований. В настоящее время в BIOPEP-UWM зарегистрировано более 4400 различных биологически активных пептидов [6].

Применение активных пептидов с антиоксидантным действием для профилактики и лечения окислительных повреждений и связанных с ними патологий в организме широко изучается в течение последних десятилетий. По состоянию на июнь 2022 г. в базе данных BIOPEP было зарегистрировано 772 пептидных последовательностей с биологическими антиоксидантными функциями [4]. Не случайно, настойчивой рекомендацией ВОЗ является увеличение потребления пищевых продуктов с антиоксидантными свойствами, поскольку пища является естественным и устойчивым источником этих соединений.

Исследования авторов С.Д. Жамсарановой, С.Н. Лебедевой, Б.А. Болхоннова, Д.В. Соколова связаны с получением гидролизатов пищевых белков растительного и животного происхождения. В частности, методом двухстадийного процесса получен ферментативный гидролизат соевого белка, проведено его гель-фильтрационное хроматографирование, определена суммарная антиоксидантная активность основных фракций (высоко-, средне- и низкомолекулярной) [9]. Работа [10] посвящена подбору рабочих параметров получения пептидов яичного белка.

Цель настоящего исследования – оценка антиоксидантных свойств ферментативных гидролизатов яичного альбумина и соевого протеина.

Материалы и методы исследования

Сырьем для получения пептидов явились протеин соевый – изолят (Китай) и яичный альбумин (Франция). Для проведения гидролиза использовали протеазы – пепсин из слизистой оболочки желудка свиней (Россия) и трипсин («Спофа», Чехия).

На основании предыдущих исследований [9, 10] был разработан двухстадийный процесс гидролиза пищевых белков. Готовили 1% раствор белка. Первую стадию гидролиза (гидролиз пепсином) проводили в 0,1М НСl (рН=1,6) в течение 5 часов. При проведении второй стадии гидролиза (гидролиз трипсином) изменяли рН реакционной смеси до 7,8 путем добавления 10% NaOH и осуществляли его в течение 3 часов. Для обеих стадий фермент-субстратное соотношение (ФСС) составляло 1:20. Температура процесса гидролиза составила 39°C.

Содержание общего азота определяли с реактивом Несслера по ОФС 1.7.2.027.15.

Содержание аминного азота в негидролизованном сырье и полученных гидролизатах определяли методом формольного титрования (метод Серенса) по ОФС.1.2.3.0022.15.

Степень гидролиза (СГ) белка рассчитывали по формуле (1):

$$СГ = \left(\frac{N_{AA} - N_{AA0}}{N_{OA} - N_{AA0}} \right) \times 100\%,$$

где N_{AA} - содержание аминного азота в гидролизате после гидролиза в течение некоторого периода времени, %; N_{AA0} – содержание аминного азота в негидролизованном сырье, %; N_{OA} - содержание общего азота, %.

Суммарная антиоксидантная активность пептидов в процессе гидролиза определялась амперометрическим методом на хроматографе «Цвет-Яуза-01-АА» по ГОСТ Р 54037-2010.

Результаты исследования и их обсуждение

Для работы были выбраны пищевые белки растительного и животного происхождения – протеин соевый и яичный альбумин, которые используются в качестве ингредиентов многих продуктов питания.

Применение в процессе гидролиза ферментов желудочно-кишечного тракта – протеаз пепсин и трипсин повторяет (моделирует) естественный процесс пищеварения в организме, что позволяет использовать полученные гидролизаты перорально (в составе продуктов питания) [5]. Также отмечается, что использование данных протеаз позволяет создавать четко определенные пептидные профили, эффективные и безопасные [4, 7].

Использованные в работе параметры двухстадийного процесса гидролиза: продолжительность каждой стадии (5 часов – гидролиз пепсином и 3 часа – трипсином) и ФСС (1:20) были выбраны исходя из ранее проведенных исследований [9, 10].

В процессе исследования через 1, 3, 5, 6, 7 и 8 часов гидролиза отбирались аликвоты гидролизата, в которых определялось содержание аминного азота. Предварительно было определено содержание аминного азота и содержание общего азота в пробе негидролизованного сырья (до начала гидролиза). Степень гидролиза белка рассчитывали по формуле 1.

На рис. 1 представлена динамика степени гидролиза яичного альбумина и соевого протеина при проведении двухстадийного процесса.

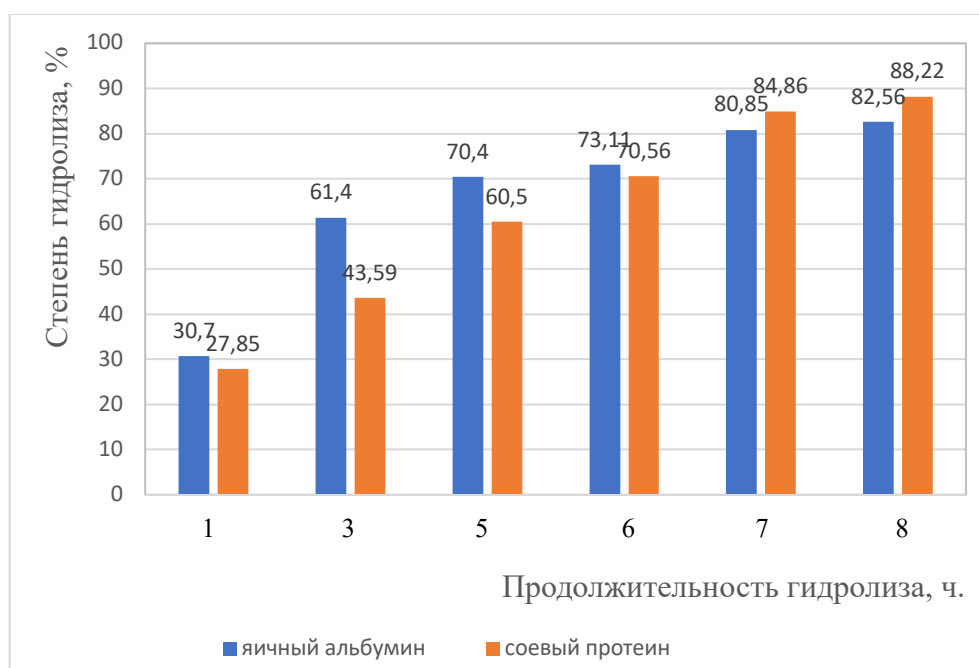


Рис. 1. Динамика степени гидролиза яичного альбумина и соевого протеина

Как следует из представленных данных, последовательное внесение ферментов приводило к увеличению степени гидролиза обоих белков. У яичного альбумина данный показатель возрастал быстрее – через 3 часа гидролиза он был в 2 раза больше, чем через 1 час, и составил 61,4% ($p \leq 0,05$). При гидролизе соевого протеина наблюдался более «плавный» рост изучаемого параметра. Через 7 и 8 часов показатели степени гидролиза обоих белков практически сравнялись. В конце 8-часового процесса степень гидролиза яичного альбумина составила 82,56%, а соевого протеина – 88,22%.

Данные гидролизаты можно охарактеризовать как «глубокие» гидролизаты, т.е. имеющие высокую степень расщепления белка. Они могут быть использованы при создании как специализированных (гипоаллергенных) пищевых продуктов диетического (лечебного и профилактического) питания, так и гипоаллергенных продуктов массового потребления [11]. Дальнейшие исследования авторов будут направлены на изучение остаточной антигенности, как одной из основных характеристик гидролизатов белков для получения гипоаллергенных продуктов питания.

Как было отмечено ранее, пептиды гидролизатов белков обладают целым спектром биологических свойств, в том числе и антиоксидантными. Поиски и использование природных антиоксидантов (гидролизатов белков, пептидов и аминокислот) в качестве функциональных пищевых ингредиентов в пищевых продуктах в последние годы привлекает пристальное внимание специалистов как пищевой, так и биофармацевтической промышленности [3].

В процессе исследования была установлена динамика изменений суммарной антиоксидантной активности (САА) пептидов в процессе гидролиза двух исследуемых белков. Отбор проб проводили в течение процесса гидролиза каждый час в течение 8 часов. Предварительно была определена САА негидролизованых растворов белков (0 часов). Полученные данные представлены на рис. 2.

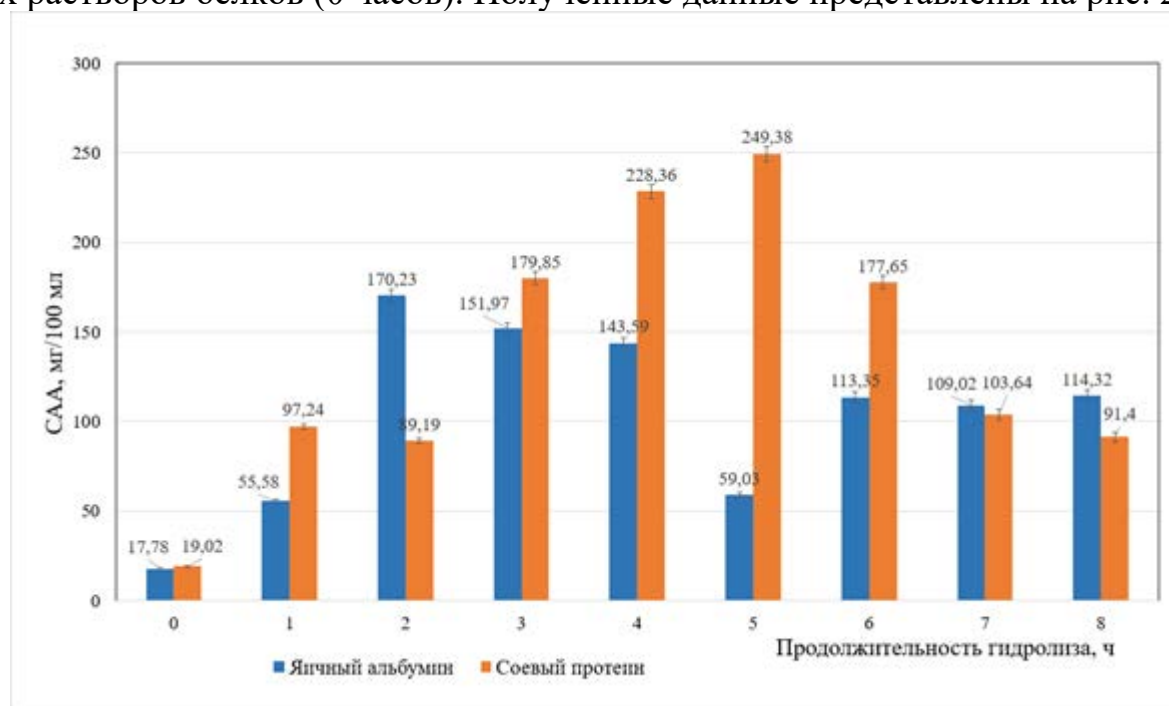


Рис. 2. Динамика изменений суммарной антиоксидантной активности пептидов яичного альбумина и соевого протеина

Из представленных данных следует, что изменение САА носило нелинейный характер. У яичного альбумина динамика САА имела волнообразный характер. Максимальный показатель САА отмечен через 2 часа гидролиза и составил 170,23 мг/100 мл гидролизата ($p \leq 0,05$), что практически в 10 раз превышал САА до гидролиза (0 часов). Затем показатель САА к 5 часам снижался, а потом через

час – снова возрастал, оставаясь до конца процесса гидролиза практически на одном уровне.

Для соевого протеина характерен один пик показателя САА, который был отмечен через 5 часов гидролиза и составил 249,3 мг/100 мл гидролизата. Данный показатель превышал САА до гидролиза (0 часов) более, чем в 13 раз ($p \leq 0,05$). При дальнейшем процессе гидролиза данный показатель снижался. И, как следует из данных рис. 2, через 7 и 8 часов гидролиза показатели САА у пептидов яичного альбумина и соевого протеина были практически одинаковы.

Несомненно, в дальнейших исследованиях большой теоретический и практический интерес будет представлять выявление и характеристика пептидов, обуславливающих их антиоксидантную активность.

В работе Benedé S., Molina E. (2020) описано, что 3-часовой протеолиз яичного белка пепсином при pH 2 и 37⁰C с соотношением ФСС 1: 100 позволил получить пептидную фракцию с молекулярной массой ниже 3 кДа, обладающую антиоксидантной активностью в 3 раза большей по сравнению с нативным яичным белком. Были идентифицированы четыре пептида овальбумина, антиоксидантная активность которых была обусловлена присутствием тирозина на N-конце [3].

Помимо аминокислотной последовательности, молекулярная масса пептидов также может влиять на их антиоксидантную активность. Исследования Akbarian M. et al. (2022) показали, что максимальная антиоксидантная активность гидролизованного белка кукурузного глютена находилась в интервале от 0,5 до 1,5 кДа. Кроме того, было показано, что чем выше степень гидролиза, тем ниже антиоксидантная активность пептидов. Этот процесс связан с дальнейшим их расщеплением до свободных аминокислот со значительно меньшей антиоксидантной активностью [5].

Необходимо отметить, что традиционная очистка и идентификация пептидов является дорогостоящим и трудоемким процессом. Чтобы преодолеть эту проблему, широко исследуются и изучаются компьютерные и математические модели (молекулярная стыковка, исследование QSAR и т.д.), инструменты биоинформатики и обновляемые в режиме реального времени базы данных белков [1, 6, 7].

В работе Du Z., Li Y. (2022) суммированы используемые модели скрининга структура-активность (QSAR), структура-свойство (QSPR). Сочетание этих моделей с инструментами моделирования гидролиза белка позволяет узнать приблизительные профили прогнозируемой биологической активности. В свою очередь, результаты проверки биологической активности в эксперименте можно использовать для расширения набора данных QSAR/QSPR и создания более надежных моделей [6].

Будущие исследования биологически активных пептидов антиоксидантного действия должны быть сосредоточены на их производстве, всестороннем изучении взаимосвязи структуры и активности, понимании антиоксидантного механизма и проверке действия на организм в естественных условиях.

Заключение

Таким образом, методом двухстадийной ферментативной конверсии пищевых белков - яичного альбумина и соевого протеина были получены гидролизаты с высокой степенью гидролиза (82-88%).

Гидролизаты пищевых белков обладали высокой суммарной антиоксидантной активностью. Для яичного альбумина максимальный показатель САА отмечен через 2 часа гидролиза и составил 170,23 мг/100 мл, а для соевого протеина – через 5 часов и составил 249,38 мг/100 мл гидролизата.

Полученные гидролизаты перспективны в качестве пищевого ингредиента функциональных продуктов питания гипоаллергенной и антиоксидантной направленности.

Будущие исследования авторов будут направлены на определение остаточной антигенности полученных гидролизатов, определение эффективности антиоксидантного действия пептидов *in vivo* и их идентификацию с использованием международных баз данных.

Финансирование

Работа выполнена за счет средств гранта РНФ № 23-26-00058 «Разработка комплексного подхода снижения аллергенности мясных продуктов массового потребления».

Список литературы

1. Wen, C. et al. Plant protein-derived antioxidant peptides: Isolation, identification, mechanism of action and application in food systems: A review // Trends in Food Science and Technology. – 2020. – V. 105. – P. 308-322. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.019>.
2. Wong, F. C. et al. Advances on the antioxidant peptides from edible plant sources // Trends in Food Science and Technology. – 2020. – V. 99. – P. 44-57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.012>.
3. Benedé, S., Molina, E. Chicken egg proteins and derived peptides with antioxidant properties // Foods. – 2020. – V. 9. – N. 6. – P. 735. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9060735>.
4. López-García, G. et al. Antioxidant and antimicrobial peptides derived from food proteins // Molecules. – 2022. – V. 27. – N. 4. – P. 1343. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27041343>.
5. Akbarian, M. et al. Bioactive peptides: Synthesis, sources, applications, and proposed mechanisms of action // International journal of molecular sciences. – 2022. – V. 23. – N. 3. – P. 1445. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23031445>.
6. Du, Z., Li, Y. Review and perspective on bioactive peptides: A roadmap for research, development, and future opportunities // Journal of Agriculture and Food Research. – 2022. – P. 100353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100353>.
7. Manzoor, M., Singh, J., Gani, A. Exploration of bioactive peptides from various origin as promising nutraceutical treasures: In vitro, in silico and in vivo studies // Food Chemistry. – 2022. – V. 373. – P. 131395. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131395>.
8. Mardani, M. et al. Antioxidant peptides: Overview of production, properties, and applications in food systems // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2023. – V. 22. – N. 1. – P. 46-106. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13061>.
9. Жамсаранова, С.Д. Ферментативная конверсия пищевого белка и оценка антиоксидантной активности пептидов / С.Д. Жамсаранова, С.Н. Лебедева, Б.А. Болхонов, Д.В. Соколов // Вестник ВСГУТУ. – 2021. – №4 (83). – С. 5-14. DOI: https://doi.org/10.53980/24131997_2021_4_5.

10. Болхонов, Б.А. Выбор рабочих параметров получения пептидов яичного белка / Б.А. Болхонов, Д.В. Соколов, С.Д. Жамсаранова, С.Н. Лебедева, Цянь Чен. // Вестник ВСГУТУ. – 2022. - №4 (87). – С. 15-23. DOI: https://doi.org/10.53980/24131997_2022_4_15.
11. Зорин С.Н. Ферментативные гидролизаты пищевых белков для специализированных пищевых продуктов диетического (лечебного и профилактического) питания // Вопросы питания. - 2019. - Т. 88. - № 3. - С. 23–31. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10026>.

СТИМУЛИРОВАНИЕ РОСТА МИКРОВОДОРОСЛИ *CHLORELLA* УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ

А. К. Брянкина, В. О. Миленина, А. А. Парамонова, К. И. Меронюк

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов, Россия
alex.tambov.ru@mail.ru

Аннотация. Исследована динамика роста микроводоросли *Chlorella* под влиянием ультразвука различных мощностей. В эксперименте культура микроводоросли подвергалась ультразвуковому излучению 20 и 160 Вт. Исследование показало положительное влияния ультразвука на скорость роста и прирост биомассы. Это можно объяснить внутриклеточными изменениями, нарушением микроокружения и изменением проницаемости клеточных мембран под действием ультразвука.

Ключевые слова: микроводоросли, ультразвук, культивирование, интенсификация роста.

STIMULATION OF THE GROWTH OF MICROALGAE *CHLORELLA* BY ULTRASONIC IRRADIATION

A. K. Bryankina, V. O. Milenina, A. A. Paramonova, K. I. Meronyuk

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Abstract. The dynamics of the growth of *Chlorella* microalgae under the influence of ultrasound of various capacities has been studied. In the experiment, the microalgae culture was subjected to ultrasound radiation of 20 and 160 watts. The study showed a positive effect of ultrasound on the growth rate and biomass growth. This can be explained by intracellular changes, disruption of the micro-environment and changes in the permeability of cell membranes under the influence of ultrasound.

Keywords: microalgae, ultrasound, cultivation, growth intensification.

Микроводоросли — фотосинтезирующие микроорганизмы, способные накапливать значительное количество белков, углеводов и липидов с богатым набором жирных кислот. Интерес к этим организмам растет в связи с возможностью их использования во многих производствах: получение биотоплива, биологически активных веществ, фармацевтических препаратов, косметических продуктов, пищевых красителей и кормовых добавок. Несмотря на большое число работ, посвященных вопросам поиска эффективных способов организации процессов получения ценных компонентов из микроводорослей, потенциал для их совершенствования остается значительным [1].

Основными стратегиями интенсификации процесса культивирования являются: подбор питательных веществ (например, соотношение концентраций азота и фосфора) и изменение условий окружающей среды (например, температура и свет) [2]. По различным оценкам возможно увеличение выхода по биомассе на 80...300%. К недавно разработанным стратегиям интенсификации роста биомассы относятся добавление фитогормонов и совместное культивирование микроводорослей с дрожжами и бактериями, приводящие к увеличению продуктивности биомассы на 136...138% [3].

Наряду с вышеперечисленными методами быстро растет интерес к исследованиям влияния ультразвука на интенсификацию процесса культивирования. Ультразвук является перспективным методом интенсификации роста вследствие его особого биологического и физико-химического воздействия на микроорганизмы. Исследования авторов направлены на изучение влияния ультразвукового излучения на рост биомассы, синтез липидов, фотосинтетических пигментов и активность ферментов [4, 5].

Целью работы является исследование влияния ультразвукового излучения различной мощности на процесс культивирования микроводорослей.

Методы и материалы

В исследовании использован штамм *Chlorella vulgaris* Beijer IPPAS C-2, полученный из коллекции микроводорослей и цианобактерий IPPAS Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН. Культивирование микроводорослей проводили на среде Тамия в колбах объемом 250 мл. Эксперимент был проведен при следующих условиях:

- 1) посевной материал составлял 10% от общего объема суспензии;
- 2) освещенность $7 \pm 0,5$ кЛк;
- 3) температура 30 ± 1 °C;
- 4) через суспензию барботировали газовоздушную смесь с содержанием углекислого газа 0,03% и расходом 80 л/ч.

Были исследованы три образца: 1 образец – контрольный (суспензия микроводорослей, культивируемая без воздействия ультразвуком), 2 образец – суспензия микроводорослей, облучаемая ультразвуком мощностью 20 Вт; 3 образец – суспензия микроводорослей, облучаемая ультразвуком мощностью 160Вт. Образцы подвергались воздействию ультразвука ежедневно в течение 1 минуты на ультразвуковом дезинтеграторе Scientz IID.

Концентрацию клеток определяли ежедневно методом прямого подсчета в камере Горяева с использованием биологического микроскопа Levenhuk 320 Series. Для этого отбирали пробу каждого образца и разводили в дистиллированной воде в соотношении 1:100. Культивирование проводилось до момента выхода культуры микроводорослей на стадию отмирания.

Обсуждение результатов

На рис. 1 представлены кривые роста культур микроводорослей всех образцов.

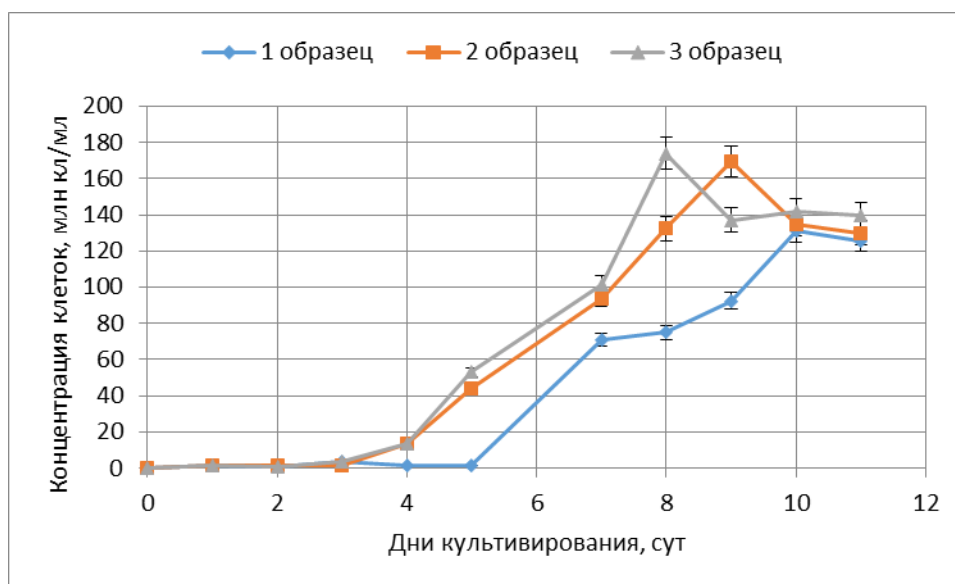


Рис. 1 Кривые роста культур микроводорослей

Таблица 1

Удельная скорость роста микроводорослей

Фазы роста	Удельная скорость роста, ч ⁻¹		
	1 образец	2 образец	3 образец
Лаг-фаза	0,031	0,023	0,028
Экспоненциальная фаза	0,041	0,069	0,057

С 0-го по 3-й день у всех образцов наблюдается лаг-фаза роста культуры микроводорослей (рис. 1). Концентрация клеток находится примерно на одном уровне с проявлением незначительных колебаний. Удельная скорость роста 2 и 3 образцов (табл. 1) в среднем на 20% ниже, чем в контрольном, что объясняется необходимостью адаптации культуры к новым условиям и времени на перестройку метаболизма при воздействии ультразвука.

Экспоненциальная фаза у образцов при воздействии ультразвука начинается с 4-го дня при увеличении удельной скорости роста на 68% у 2 образца и на 49% у 3 образца, в то время как у контрольного образца продолжается лаг-фаза. При увеличении мощности ультразвука с 20 до 160 Вт наблюдается сокращение продолжительности экспоненциальной фазы и более быстрый выход на пиковое значение концентрации биомассы (на 8-й день у 3 образца и на 9 у второго образца), что предположительно может привести к уменьшению энергетических затрат при организации культивирования.

Фаза отмирания культуры у 1, 2 и 3 образца наблюдается на 11-й, 10-й и 9-й день соответственно.

При ультразвуковом облучении наблюдаются следующие процессы:

- нарушение микроокружения клеточных мембран в виде изменения градиентов концентрации различных веществ около мембран, изменение вязкости среды внутри и вне клетки;

- изменение проницаемости клеточных мембран в виде ускорения обычной и облегченной диффузии, изменении эффективности активного транспорта, нарушении структуры мембран: изменение проницаемости клеточных мембран является универсальной реакцией на ультразвуковое воздействие;
- внутриклеточные изменения.

При воздействии ультразвука на культуральную среду происходит последовательный процесс образования и схлопывания кавитационных пузырьков. Образующиеся при этом микропотоки вызывают ускорение тепло- и массообменных процессов, увеличение площади поверхности раздела между питательной средой и клетками микроводорослей, что приводит к повышению скорости реакций [6].

Ультразвук за счет колебаний вызывает дезагрегацию клеточных скоплений, тем самым способствуя улучшенному контакту клеток микроводоросли с питательными веществами и доступу света, вследствие чего ускоряется метаболизм и рост биомассы [3].

За счет ударных волн, силы сдвига, возникающих при разрушении кавитационного пузырька, а также за счет изменения концентрации водородных ионов ультразвуковое облучение усиливает проницаемость клеточных мембран, что приводит к ускорению обмена веществ. Это подтверждается увеличением при ультразвуковом воздействии содержания катионов кальция Ca^{2+} в клетках, отвечающих за транспорт веществ через мембрану [7, 8].

При воздействии ультразвука наблюдаются такие внутриклеточные изменения, как усиление синтеза фотосинтетических пигментов и активности ферментов. При визуальной оценке образцов было отмечено появление более интенсивной зеленой окраски суспензии микроводорослей, облучаемых ультразвуком. Насыщенный зеленый цвет суспензии свидетельствует о высоком содержании хлорофилла в клетках, повышенный синтез которого вызван влиянием активных форм кислорода, перекисных и гидроксильных радикалов, образующихся при ультразвуковом облучении. Повышение концентрации хлорофилла, приводит к увеличению эффективности фотосинтеза и интенсификации роста биомассы [4].

Повышение продуктивности микроводоросли при воздействии ультразвука может быть объяснено его влиянием на структуру ферментов. Под действием ультразвука изменяется аллостерический центр фермента, отвечающий за его третичную форму. Разрушаются гидрофобные связи и происходит, так называемая, раскрутка молекулы фермента, в результате фермент приобретает вторичную структуру. Параллельно во вторичной структуре происходят конформационные изменения - частично разрушаются дисульфидные связи, что приводит к открытию активного центра фермента, увеличению поверхности его контакта субстратом, скорости образования фермент-субстратного комплекса, и, как следствие, скорости реакций [9].

Результаты проведенного исследования показывают положительное влияние ультразвука на процесс культивирования микроводорослей. Наблюдается увеличение скорости роста культуры на 68% раза и выхода биомассы на 32%. Ультразвуковое облучение способствует интенсификации роста биомассы за

счет влияния на протекание биохимических реакций внутри клеток, а также за счет изменения физико-химических параметров суспензии.

Список литературы

1. Дворецкий Д.С. Вопросы разработки эффективной биотехнологии синтеза ценных компонентов из биомассы микроводорослей / Д.С. Дворецкий, М.С. Темнов, И.В. Маркин, Я.В. Устинская, М. А. Еськова // Теоретические основы химической технологии. – 2022. – № 4. – С. 418-433.
2. Singh G. Microalgae harvesting techniques: A review / G. Singh, S.K. Patidar // Journal of Environmental Management. – 2018. – Vol. 217. – P. 499-508.
3. Robles M. Effect of low-frequency ultrasound on disaggregation, growth and viability of an extremotolerant cyanobacterium / M. Robles, I. Garbayo, J. Wierzechos, C. Vílchez, M. Cuaresma // Journal of Applied Phycology. – 2022. – Vol. 34. – P. 2895-2904.
4. Sivaramakrishnan R. Low power ultrasound treatment for the enhanced production of microalgae biomass and lipid content / R. Sivaramakrishnan, A. Incharoensakdi // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. – 2019. – Vol. 20.
5. Subhedar P. B. Enhancing the activity of cellulase enzyme using ultrasonic irradiations / P. B. Subhedar, P. R. Gogate // Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. – 2014. – Vol. 101. – P. 108-114.
6. Акопян, В. Б. Ультразвук в медицине, ветеринарии и биологии : учебное пособие для вузов / В.Б. Акопян, Ю.А. Ершов, С.И. Щукин. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 224 с.
7. Kodama T. Cytoplasmic Molecular Delivery with Shock Waves: Importance of Impulse / T. Kodama, M. R. Hamblin, Apostolos G. Doukas // Biophysical Journal. – 2000. – Vol. 79. – P. 1821-1832.
8. Wu J. Theoretical study on shear stress generated by microstreaming surrounding contrast agents attached to living cells / J. Wu // Ultrasound in Medicine & Biology. – 2002. – Vol. 28. – P. 125-129.
9. Huang G. Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity / G. Huang, S. Chen, C. Dai, L. Sun, W. Sun, Y. Tang, F. Xiong, R. He, H. Ma // Ultrasonics Sonochemistry. – 2017. – Vol. 37. – P. 144-149.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОЛИЗА ИЗ ГРИБА *PLEUROTUS OSTREATUS* ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ВКУСО-АРОМАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАПИТКОВ

Т. О. Бурнышева, Л. И. Клысбаева, Т. В. Меледина

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)

tatianamors@mail.ru

Аннотация: В литературе отсутствуют сведения относительно режимов автолизата вешенки обыкновенной. Для выяснения перспективности использования экстрактов из этого гриба в пищевой промышленности были проведены ферментации плодовых тел в солевом растворе при температуре 55⁰С, pH 6. Установлено, что содержание растворимого белка в продукте по истечении 23 ч автолиза составляет 1,1% СВ белка, свободных аминокислот – 0,86 %.

Ключевые слова: автолиз, пищевые добавки, *Pleurotus ostreatus* (вешенка обыкновенная), концентрация белка и аминокислот, сухие вещества.

APPLICATION OF AUTOLYSIS FROM *PLEUROTUS OSTREATUS* MUSHROOM TO IMPROVE THE FLAVOR AND AROMATIC PROPERTIES OF DRINKS

T. O. Burnysheva, L. I. Klysbaeva, T. V. Meledina

St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)

tatianamors@mail.ru

Abstract: There is no information in the literature regarding the modes of oyster mushroom autolysate. To clarify the prospects of using extracts from this fungus in the food industry, fermentation of fruiting bodies in saline solution at a temperature of 55⁰С, pH 6 was carried out. It was found that the content of soluble protein in the product after 23 hours of autolysis is 1,1%, amino acids - 0,86%.

Keywords: autolysis, nutritional supplements, *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom), protein and amino acid concentrations, solids.

Белковый и аминокислотный состав напитков имеет большое значение в формировании их сенсорного профиля. Каждая аминокислота характеризуется уникальными вкусовыми свойствами, которые могут существенно повлиять на вкус конечного продукта. Например, триптофан и глицин придают продукту сладкий вкус, при чем, D-триптофан обладает сладостью в 35 раз превышающую сладость 10% раствора сахарозы. L-Глутаминовая и L-аспарагиновая аминокислоты имеют кислый вкус [1]. Кроме того, некоторые аминокислоты характеризуются антиоксидантными свойствами, что препятствует потемнению напитков и способствует увеличению сроков годности продукции [2].

Одним из самых популярных продуцентов полноценного белка являются базидиальные грибы, в частности, вешенка обыкновенная. Пищевая ценность вешенки обусловлена большим содержанием белка - от 11,2 до 12,5%, в состав которого входят 8 незаменимых аминокислот.

Основной проблемой в приготовлении пищевых добавок из базидиомицетов является труднодоступность внутриклеточных белков и аминокислот из-за прочной клеточной стенки, которая состоит из двух слоев. Аморфный (наружный) слой в основном состоит из неплотно упакованных β -глюканов. Внутренние слои (их может быть несколько) представляют собой комплексы β -глюкана и хитина. Состав внутренних слоёв различен у разных классов грибов. У большинства грибов внутренние слои состоят из хитин-глюканового комплекса; у зигомицетов — из хитин-хитозанового, у оомицетов — из целлюлозо-глюканового комплекса [3]. Кроме полисахаридов в клеточной стенке грибов содержатся структурные и ферментативные белки, которые принимают участие в выполнении ряда функций клеточной стенки на определенных стадиях жизненного цикла грибов и отвечают за приспособление к условиям окружающей среды. Структурные белки прочно связаны с клеточной стенкой, а ферментативные - связаны слабо и могут секретироваться в среду [4].

К настоящему времени разработано множество способов производства белковых концентратов и изолятов из дрожжевой биомассы [5]. Однако, мало разработок по проведению автолиза базидиальных грибов и использования гидролизатов в качестве пищевых добавок к продуктам с целью улучшения их вкусоароматических свойств. По всей видимости, это связано со сложностью разрушения клеточных стенок. Имеющиеся в литературных источниках сведения весьма противоречивы. Так Huang B. et al. в 2011 году добился полного автолиза *Pleurotus tuber-regium* в условиях анаэробной ферментации мицелия в течение 18 часов при 40 °C, pH=9,0 и добавлении в раствор 3–4% NaCl. [6]. Aggelopoulos T. et al. (2018 г.) получил для этого же продуцента такой же эффект при pH=6,0 и температуре инкубирования на водяной бане при 55 °C в течение 24 часов [7]. Сведений относительно автолиза вешенки обыкновенной обнаружено не было.

Целью данных исследований было изучить состав экстракта после автолиза плодовых тел *Pleurotus ostreatus* используя режим, предложенный Aggelopoulos T. et al. [7]

Для автолиза грибов были приняты следующие параметры процесса: температура – 55°C, pH = 6. Концентрация предварительно замороженных и измельченных в блендере плодовых тел составляла 2,1% в расчете на абсолютно сухую биомассу (АСБ). Для увеличения осмотического давления на клетку в суспензию вносили 4% NaCl. Ферментация проходила в условиях простого периодического культивирования без перемешивания в течение 24 часов.

Преимуществом проведения автолиза при нейтральном pH, умеренных температурах (45–60°C) является возможность получения белковых гидролизатов с высокой биологической ценностью, поскольку полностью сохраняются термолабильные незаменимые аминокислоты (например, лизин, лейцин, аспарагиновая кислота, метионин, триптофан, цистеин и тирозин), не наблюдается выраженной

рацемизации аминокислот и образования трудноусваиваемых циклических пептидов и дикетопиперазинов [8].

Массовая доля влаги в биомассе определяли методом высушивания до постоянной массы при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ [9].

Анализ концентрации растворимого белка проводили по методу Лоури, который основан на реакции белков с солями меди (II) в щелочном растворе и восстановлении фосфорномолибдено-вольфрамового реактива (реактив Фолина) с образованием окрашенных продуктов, интенсивность окраски которых определяют по оптической плотности при длине волны 750 нм [10].

Количество аминного азота в экстракте определяли нингидриновым методом. Этот метод основан на способности нингидрина взаимодействовать с продуктами деградации аминокислот и давать сложный комплекс сине-фиолетового цвета [11]. Массовая доля сухих веществ (СВ) определялась в отфильтрованном осадке во взятых пробах. Осадок отфильтровывался через фильтр марки "Синяя лента" с применением вакуумного насоса.

На рисунке 1 приведены результаты определения СВ в экстракте с добавлением осмотического компонента – NaCl. Как следует из рис. 1 за 23 ч термостатирования в раствор переходит около 9% СВ, при этом на долю растворимого белка приходилось 1,1%, 0,86% от общего количества СВ приходилось на аминокислоты.

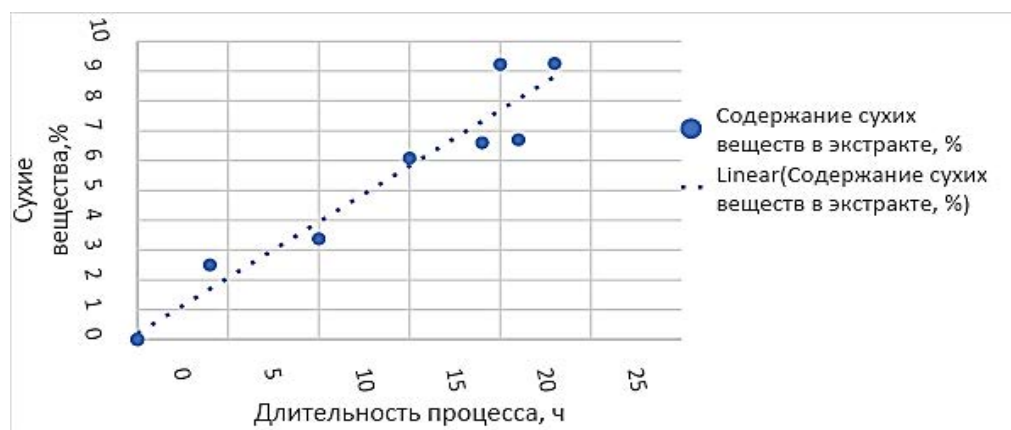


Рис. 1. Динамика сухих веществ в экстрактах гриба *Pleurotus ostreatus* в процессе автолиза плодовых тел

В результате проделанной работы установлено, что содержание растворимого белка и аминокислот в грибном экстракте значительно ниже, чем в экстрактах дрожжей. Следовательно, необходимо продолжить исследования по повышению эффективности процесса автолиза вешенки обыкновенной.

Список литературы

1. Грачева И. М. Технология белковых препаратов аминокислот, белков и жиров / И.М. Грачева, Н. Н. Гаврилова, Л. А. Иванова. - Москва: Пищевая промышленность, 1980. - 362 с.

2. Ali SS, Ahsan H, Zia MK, Siddiqui T, Khan FH. Understanding oxidants and antioxidants: Classical team with new players. *J Food Biochem*. 2020 Mar;44(3):e13145. doi: 10.1111/jfbc.13145. Epub 2020 Jan 20. PMID: 31960481.
3. Лисицкая Т.Б. Основы микологии: учебное пособие для вузов/ Т.Б. Лисицкая, Т.Д. Великова. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 272 с.
4. Биология грибной клетки / О. В. Камзолкина, Я. Е. Дунаевский; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. - 2-е изд. - Москва: Товарищество науч. изд. КМК, 2017. - 239 с.
5. Бравова Г.Б., Иванова Н.Г., Шишкова Э.А., Сухих О.А., Иншутина Н.Б., Фокина С.С. Технология получения осветленного экстракта автолизированных дрожжей для питательных сред. // Тез. конф.
6. Huang B. et al. Differential proteomic analysis of temperature-induced autolysis in mycelium of *Pleurotus tuber-regium* // *Current microbiology*. – 2011. – Т. 62. – №. 4. – С. 1160–1167.
7. Aggelopoulos T. et al. Upgrading of mixed food industry side-streams by solid-state fermentation with *P. ostreatus* // *Recycling*. – 2018. – Т. 3. – №. 2. – С. 12.
8. Агаркова Е. Ю., Кручинин А. Г. Ферментативная конверсия как способ получения биологически активных пептидов // *Вестник Мурманского государственного технического университета*. – 2018. – Т. 21. – №. 3. – С. 412–419.
9. ГОСТ Р 55802–2013. Крахмал. Методы определения влаги. – // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107005> (Дата обращения: 14.03.2023)
10. Уотерборг, Дж. Х., и Мэтьюз, Х.Р. (nd). Метод Лоури для количественного определения белков. Белки, 1–4. DOI: 10.1385/0-89603-062-8:1
11. Ермолаева Г. А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия. – СПб.: Профессия, 2004. – 535 с.

ПОЛУЧЕНИЕ БЕЛКОВЫХ ФЕРМЕНТОЛИЗАТОВ БИОМАССЫ БАКТЕРИЙ

**М. А. Вихрова, Д. А. Игнашкова, А. А. Сачавский, А. С. Иванов,
А. С. Авшалумов, Н. А. Суясов**

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева», г. Москва, Россия
margo.vikhrova9199@gmail.com

Аннотация: В данной работе рассматривается получение белковых гидролизатов из биомассы метанокисляющих бактерий с использованием протеолитических ферментных препаратов протосубтилина G3x и панкреатина. Приводятся способы получения гидролизатов белковой природы, а также описывается их использование в микробиологической, пищевой и сельскохозяйственной промышленности.

Ключевые слова: ферментативный гидролиз, белковые гидролизаты, гидролиз белкового сырья, ферментолитат биомассы бактерий.

OBTAINING PROTEIN FERMENTOLIZATES OF BACTERIAL BIOMASS

**M. A. Vikhrova, D. A. Ignashkova, A. A. Sachavskij, A. S. Ivanov, A. S. Avshalumov,
N. A. Suyasov**

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation
margo.vikhrova9199@gmail.com

Аннотация: This paper considers the production of protein hydrolysates from the biomass of methane-oxidizing bacteria using proteolytic enzyme preparations of protosubtilin G3x and pancreatin. Methods for obtaining protein hydrolysates are given, and their use in the microbiological, food and agricultural industries is described.

Keywords: enzymatic hydrolysis, protein hydrolysates, hydrolysis of protein raw materials, enzyme lysate from bacterial biomass.

Белковый гидролизат — это частично расщепленный белок, который представляет собой фрагменты пептидов или аминокислот в зависимости от глубины гидролиза. Гидролиз белкового сырья является одним из способов быстрой его переработки, благодаря которому можно получить продукт с высокой биологической ценностью. Сырьём для получения белковых гидролизатов могут служить отходы микробиологической, рыбной, пищевой и сельскохозяйственной промышленности, а также объекты растительного, животного и микробного происхождения [1].

Гидролиз сырья с высоким содержанием белков можно проводить кислотнo-термическим (растворы соляной, серной или фосфорной кислот), щелочным (растворы гидроксида натрия, аммиачной воды) и ферментативным способами. У каждого из способов есть свои плюсы и минусы. Преимущество кислотного гидролиза заключается в возможности получения продукта с высокой степенью гидролиза в короткие сроки. Минусами является образование меланоидов, темнокрашенных и труднорастворимых в воде соединений, а также разрушение аминокислот, в частности происходит полное расщепление триптофана. Щелочной гидролиз отличается тем, что в ходе процесса не образуются токсичные меланоиды, но происходит рацемизация аминокислот. Ферменты действуют более прицельно на полипептидные цепи белка. Кроме того, для расщепления большого количества субстрата не нужно много фермента, процесс протекает в мягких условиях [2].

Гидролизаты белкового сырья применяют в фармакологических, пищевых, сельскохозяйственных, медико-биологических, косметических, технических и других целях. В частности, их можно использовать как добавку в комбикорма, богатую пептидами и отдельными аминокислотами. При высокой степени очистки их можно применять как биологически активную добавку (БАД) в рацион человека и в пищевой промышленности в качестве пребиотических функциональных напитков [3]. Кроме того, гидролизаты белка нашли своё применение в микробиологической промышленности как источник азота в составе питательных сред для культивирования прокариот и эукариот [4].

Важно отметить, что использование белковых гидролизатов перспективно и в хлебопекарной промышленности. Существуют патенты, в которых авторы предлагают использовать гидролизат соевого белка в составе белковожировой эмульсии. Так, внедрение в рецептуру хлеба белковожирового продукта позволяет повысить биологическую ценность и расширить ассортимент хлебобулочных изделий. Создание функционального хлеба – это одно из перспективных направлений в хлебопекарной промышленности, поскольку употребление в пищу продукта, имеющего низкий гликемический индекс и оптимальное соотношение макро- и микронутриентов, позволит регулярно употреблять хлеб людям с метаболическими нарушениями, сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ), сахарным диабетом (СД) [5]. Добавление в альтернативный хлеб белковых гидролизатов позволит обогатить продукт незаменимыми аминокислотами, что важно при алиментарных заболеваниях.

В настоящее время большое внимание приковано к получению высокобелковой биомассы бактерий (гаприн, меприн) при культивировании на природном газе (метаноле). В России метан/метанол является доступным сырьевым источником, поэтому с середины прошлого века проводились работы, и были созданы промышленные производства данных продуктов. При этом получаемая белковая бактериальная биомасса эффективно использовалась как кормовая добавка для сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы. В современных условиях перспективным подходом является комплексная переработка бактериальной био-

массы, одним из возможных продуктов которой является ферментолитат биомассы метан- и метилотрофных бактерий. Это позволит создать новые белково-пептидные продукты с высокой биологической ценностью.

В качестве объекта исследования была выбрана биомасса метанооксиляющих бактерий с содержанием сырого протеина 70%. Гидролиз биомассы проводили с использованием технического ферментного препарата протосубтилина ГЗх (ферментативная активность 120 ед/г.) и высокоочищенного ферментного препарата панкреатина из поджелудочной железы (марка Applichem, США, ферментативная активность по амилазе мин. 22500 юнитов/г, липазе мин. 22500 юнитов/г, протеазе мин. 1050 юнитов/г) на протяжении 3–4 часов. Условия гидролиза соответствовали оптимумам работы ферментов. Концентрации субстрата варьировались от 75 до 150 г/л от СВ, концентрация фермента оставалась постоянной. Полученную суспензию после гидролиза инактивировали при температуре 95°C, затем центрифугировали при 4000 об/мин на протяжении 25 минут. Полученную фракцию супернатанта (гидролизат) отбирали и измеряли содержание аминного азота методом формольного титрования (метод Серенсена) [и содержание белков модифицированным методом Лоури. Осадок высушивали в сушильном шкафу и в готовом продукте анализировали содержание сырого протеина методом Къельдаля и истинный белок методом Барнштейна.

В результате проведенной работы установлено, что ферментолит биомассы метанооксиляющих бактерий панкреатином более эффективен, чем протосубтилином – в супернатанте наблюдается в два раза больше низкомолекулярного белка и аминного азота. Это обусловлено более высокой ферментативной активностью данного препарата. Однако осадочная часть бедна сырым протеином и истинным белком, вероятно потому, что сама суспензия после гидролиза содержит больше низкомолекулярного белка и меньше высокомолекулярного белка, которые легко центрифугируются. Что же касается протосубтилина, здесь наблюдается обратная ситуация – на выходе получен супернатант с более низким содержанием низкомолекулярного белка и аминного азота. Но при этом содержание общего азота, сырого протеина и истинного белка в осадочной части приближается к эталонным цифрам по биологической ценности кормового белка. Это даёт возможность использовать осадочную часть в качестве самостоятельной кормовой добавки.

Важно отметить, что содержание аминного азота в гидролизатах, полученных в ходе научной работы с помощью ферментативного гидролиза протосубтилином ГЗх и панкреатином, не соответствуют характеристикам аналогов и составляет 0,5–0,8%. Если рассматривать полученные гидролизаты как добавку в питательные среды для культивирования клеток, то содержание аминного азота в сухом гидролизате составляет $2,8 \pm 0,2$ %. Поэтому в ходе дальнейшей работы важно разработать комплекс мер для увеличения степени гидролиза и содержания аминного азота в белковом гидролизате из биомассы метанооксиляющих бактерий.

Для пищевой промышленности показатель аминного азота не так важен, биологическая ценность оценивается по аминокислотному составу и степени

гидролиза белка. Поэтому для пищевой промышленности важно проводить более глубокий гидролиз с сохранением аминокислот.

Список литературы

1. Хабибулина, Н. В. Получение соевых ферментоллизатов на основе концентрата соевого белка / Н. В. Хабибулина, А. А. Красноштанова, В. Р. Арутюнова // Международная научно-практическая конференция "биотехнология и качество жизни" : Материалы конференции, Москва, 18–20 марта 2014 года. – Москва: Закрытое акционерное общество "Экспо-биохим-технологии", 2014. – С. 346-347. – EDN STCTFB.
2. Телишевская, Любовь Яковлевна. Белковые гидролизаты : Получение, состав, применение / Л.Я. Телишевская; Под ред. А.Н. Панина. - Москва, 2000. - 295 с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 5-94129-001-2
3. Хабибулина, Н. В. Высокобелковый напиток на основе гидролизованного соевого белка / Н. В. Хабибулина, А. Г. Кравцова, А. А. Красноштанова // Современные достижения биотехнологии. Техника, технологии и упаковка для реализации инновационных проектов на предприятиях пищевой и биотехнологической промышленности : материалы VII Международной научно-практической конференции, Ставрополь-Пятигорск, 20–24 октября 2020 года. Том 2. – Пятигорск: Пятигорский филиал Северо-Кавказский федеральный университет, 2020. – С. 156-160.
4. Ковтун Ю.С., Курилова А.А., Таран Т.В., Катунина Л.С., Чурикова Н.В. Сравнительная оценка потенциальных белковых основ микробиологических сред // Проблемы особо опасных инфекций. 2014. №3.
5. Flaxseed bread for therapeutic nutrition / N. N. Sevostyanova, E. A. Pchelina, M. A. Vihrova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Veliky Novgorod, 22 октября 2020 года. – Veliky Novgorod, 2020. – P. 012137. – DOI 10.1088/1755-1315/613/1/012137.

НОВЫЙ СОРБЕНТ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ЯБЛОЧНОГО СИДРА

А. А. Григорьева, И. Д. Беляева, А. Д. Беляева, Г. Г. Няникова

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), г. Санкт-Петербург, Россия
meowanny9@mail.ru

Аннотация: Из гриба *Rhizopus oryzae* получен хитозан-содержащий продукт. Проведена оценка грибного хитозана в качестве препарата для осветления и стабилизации яблочного сидра.

Ключевые слова: яблочный сидр, хитозан, *Rhizopus oryzae*, осветление, стабилизация, брожение.

NEW SORBENT FOR CLARIFICATION AND STABILIZATION OF APPLE CIDER

A. A. Grigorieva, I. D. Beliaeva, A. D. Beliaeva, G. G. Nianikova

St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), St. Petersburg, Russia

Abstract: A chitosan-containing product was obtained from the fungus *Rhizopus oryzae*. A comparative evaluation of chitosan as a preparation for clarification and stabilization of apple cider has been carried out.

Keywords: apple cider, chitosan, *Rhizopus oryzae*, clarification, stabilization, fermentation.

В последнее время яблочный сидр пользуется большим спросом на рынке экологически чистой продукции. Это низкокалорийный слабоалкогольный напиток, получаемый путем сбраживания яблочного сока. Благодаря высокому содержанию полезных веществ сидр обладает профилактическим и лечебным действием. Яблочный сидр богат витаминами, минеральными компонентами, органическими кислотами, полифенольными веществами [1]. Полифенолы, в том числе антоцианы и флавоноиды, не только обладают антиоксидантными свойствами, но и придают сидру характерный цвет и приятный вкус. Содержание полифенольных веществ в напитке может значительно отличаться в зависимости от сорта используемых яблок.

Яблочный сидр обладает противовоспалительным действием, помогает снизить риск развития сердечных и онкологических заболеваний, диабета, бронхиальной астмы, атеросклероза и тромбоза сосудов. Сидр способствует выработке эндорфинов, благодаря чему поднимает настроение и общий тонус [1, 2].

Важной технологической стадией производства яблочного сидра является осветление и стабилизация.

Предложено [3] для осветления и стабилизации вин (в том числе яблочного сидра) использовать бентонит, полиакриламид, желатин, активированный уголь. Перспективным сорбентом для осветления сидра является хитозан, получаемый

из гриба *Rhizopus oryzae*. Данный гриб представляет особый интерес для пищевой биотехнологии [4-6].

Целью исследования было приготовление сидра из яблок, собранных в Ленинградской области, и изучение возможности использования хитозана, полученного из гриба *Rhizopus oryzae*, на стадии осветления и стабилизации сидра.

Получение сорбента.

Объектом исследования являлся гриб *Rhizopus oryzae* (Went et Prinsen-Geerligs 1895). Регистрационный номер в ВКПМ F-814. Штамм является продуцентом альфа-амилазы, глюкоамилазы и L(+)-молочной кислоты. Штамм является непатогенным для человека и значится в списке микроорганизмов, разрешенных к применению в пищевой промышленности [7].

Чистоту культуры поддерживали путем периодических пересевов *R. oryzae* на картофельно-глюкозной агаризованной среде. Культивирование с целью получения биомассы проводили на горохово-глюкозной среде следующего состава [8]: гороховый отвар (50 г гороха на 1 л водопроводной воды), глюкоза – 5 г/л, аммония сульфат – 10 г/л.

Стерильную питательную среду разливали в колбы Эрленмейера вместимостью 750 мл, объем среды составил 150 мл. Глубинное культивирование проводили на качалочной установке с частотой вращения 220 мин⁻¹ при температуре 28 °С в течение 3 суток.

По окончании культивирования проводили обработку биомассы кислотой и щелочью с целью получения хитозансодержащих сорбентов [9].

Для этого вначале биомассу отделяли от надосадочной жидкости фильтрованием с использованием колбы Бунзена и воронки Бюхнера через химически инертную безворсовую ткань, затем сушили при температуре 50 °С и измельчали до частиц размером 500 мкм. К измельченной биомассе добавляли 1 М раствор NaOH в соотношении масса биомассы (г) : объем 1 М раствора NaOH (мл) = 1 : 5 и автоклавировали при избыточном давлении 101 кПа в течение 15 мин. Осадок промывали дистиллированной водой до нейтрального значения pH, после чего сушили и измельчали, как описано выше. К высушенной и измельченной биомассе добавляли 1 М раствор HCl в соотношении масса биомассы (г) : объем 1 М раствора NaOH (мл) = 1 : 5, после чего перемешивали в течение 40 минут при 8,33 мин⁻¹ с использованием магнитной мешалки. Затем снова промывали дистиллированной водой до нейтрального значения pH, фильтровали, сушили и измельчали аналогично указанному выше.

Таким образом был получен биосорбент, представляющий собой грибной хитозан. Выход его составил 18% от исходной биомассы. Полученный грибной хитозан в дальнейшем использовали для осветления и стабилизации яблочного сидра.

Приготовление яблочного сидра.

Для приготовления яблочного сидра с помощью соковыжималки отжимали сок из яблок разных сортов, собранных в Ленинградской области. Было получено 5 л сока. Яблочный сок профильтровали с помощью ватно-марлевого фильтра и пастеризовали при температуре 85 °С в течение 2 мин.

С помощью ареометра-сахаромера АС-3 ГОСТ 18481-81 измеряли уровень сахара в соке, он был равен 10%. Добавив декстрозу, довели уровень сахара до 17%. При температуре 32-34°C внесли в сок дрожжи *Saccharomyces bayanus* (Safclider АС-4). Установили гидрозатвор, заполнив его водой. Поставили сок на брожение в темное место со стабильной температурой 22 °С. На 7-ой день брожения яблочного сока сняли сидр с осадка, добавили декстрозы до 8% и поставили на дображивание в течение 10 дней.

Количество этилового спирта в полученном сидре измеряли с помощью ареометра спиртового АСП-3 ГОСТ 18481-81. Объемная доля этилового спирта составила 5,0%, что соответствует требованиям ГОСТ 31820-2015 «Сидры. Общие технические условия» [10].

Как было установлено, на седьмые сутки ферментации уровень сахара снизился до 0,5%. Активное газообразование наблюдалось на третьи сутки, а через 2 недели прекратилось.

Осветление и стабилизация яблочного сидра

В качестве препарата для осветления сидра использовали хитозан грибной в концентрациях 1, 2, 3 и 4 г/л. Использовали два способа обработки препаратом: предварительно замоченным в воде в течение 24 ч и сухим порошком.

Сидр разливали в стерильные пробирки, вносили препарат и выдерживали при комнатной температуре в течение 72 ч. Опыты проводили в двух повторностях. Визуально оценивали степень осветления (прозрачность) в отраженном свете, сравнивая с контрольной пробиркой (без добавления препарата) на черном фоне, просматривая растворы перпендикулярно вертикальной оси пробирок. Также в обработанном и необработанном препаратом сидрах определяли общую титруемую кислотность методом титрования и количество полифенольных веществ колориметрическим методом.

Общая титруемая кислотность сидра, обработанного грибным хитозаном, составила 5,62 г/л, а необработанного – 5,69 г/л с погрешностью 0,05 г/л. Поскольку разность этих величин статистически недостоверна, можно заключить, что обработка грибным хитозаном не повлияла на титруемую кислотность сидра. При этом массовая концентрация титруемых кислот соответствует требованиям ГОСТ 31820-2015.

Концентрация полифенольных веществ в сидре, обработанном грибным хитозаном, составила 0,50 г/л, а в контрольном образце – 0,59 г/л с погрешностью 0,05 г/л.

Прозрачность сидра оценивали по следующей словесной шкале: кристально-прозрачное, с зеркальным блеском (5 баллов), прозрачное, но без блеска (4 балла), лёгкий опал (3 балла), тусклое (2 балла), мутноватое (1 балл), очень мутное (0 баллов).

В табл. 1 представлены результаты оценки степени осветления яблочного сидра грибным хитозаном в разных концентрациях, сухим и предварительно замоченным в воде.

Визуальная оценка качества осветления яблочного сидра

Концентрация грибного хито- зана, г/л	Вид препарата	Сидр необрабо- танный, оценка в баллах	Сидр, обработанный грибным хитозаном, оценка в баллах
1	замоченный	2	3
1	сухой		2
2	замоченный		5
2	сухой		3
3	замоченный		5
3	сухой		4
4	замоченный		4
4	сухой		3

Данный опыт повторили в стеклянных банках вместимостью 0,5 л, используя концентрацию препарата 2 г/л, так как именно при такой концентрации результат оказался наилучшим. Через 3 суток выдерживания при температуре 22 °С была проведена органолептическая оценка сидров. Установлено, что по органолептическим показателям сидр, обработанный грибным хитозаном, соответствует требованиям ГОСТ [10].

Таким образом, проведенные исследования показали, что для осветления яблочного сидра можно использовать хитозансодержащий препарат, полученный из биомассы гриба *Rhizopus oryzae*.

Список литературы

- 1 МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Введ. 18.02.2008. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. - 38 с.
- 2 Белокурова, Е.С. Ферментация традиционного растительного сырья для получения функциональных пищевых продуктов / Е.С. Белокурова, Л.М. Борисова, И.А. Панкина // Актуальная биотехнология. 2015, № 1(12). - С.13–17.
- 3 Стабилизация виноградных вин / Г.Г. Валушко и др. Симферополь: Таврида, 2002. – 208 с.
- 4 Ломач Ю.Л. Применение хитозана как стабилизатора пива при коллоидных помутнениях / Ю.Л. Ломач, Г.Г. Няникова, Т.Э. Маметнабиев // Пиво и напитки. 2007. - №2. – С. 18-20.
- 5 Няникова, Г.Г. Исследование условий культивирования *Rhizopus oryzae* для получения молочной кислоты и биосорбента / Г.Г. Няникова, С.М. Комиссарчик, М.В. Хрусталева // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2012, №. 17. – С. 56-60.
- 6 The impact of *Rhizopus oryzae* cultivation on rice bran: Gamma-oryzanol recovery and its antioxidant properties / K.C. Massarolo [et al.] //Food chemistry. – 2017, Vol. 228. – P. 43-49.
- 7 СанПин 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Введ. 2002-09-01. М: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010.
- 8 Изучение влияния способа приготовления питательной среды на основе гороха на количество получаемой в процессе глубинного культивирования биомассы *Rhizopus oryzae* / А.Д. Беляева А.Д. [и др.] Бутлеровские сообщения, 2021, т. 68, № 12. – с.112-119.

- 9 Беяева, А.Д. Получение хитозансодержащего препарата из грибного мицелия и изучение его сорбционных свойств / А.Д. Беяева, Г.Г. Няникова // Материалы науч. конф. с международным участием «Неделя науки СПбПУ» 18-23 ноября 2019 года. – СПб : Политех-пресс, 2019. – С. 114-116.
- 10 ГОСТ 31820-2015. Сидры. Общие технические условия. - Введ. 01.01.2017 – М.: Стандар-тинформ, 2016. – 5 с.

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОЙ ГУМАТО-САПРОПЕЛЕВОЙ СУСПЕНЗИИ ДЛЯ АКТИВИЗАЦИИ ЛИОФИЛЬНО ВЫСУШЕННОГО КОЛЛАГЕНОЛИТИЧЕСКОГО ФЕРМЕНТА

А. В. Захарова,¹ Н.В Баракова,¹ А.С Митюков²

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт» (технический университет), г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: sweetunicorn81@gmail.com

²ФГБУН «Институт озероведения Российской академии наук»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация: Проведены исследования с целью получения лиофильно высушенного коллагенолитического фермента и изучено влияние ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии на коллагенолитический фермент – коллагеназа. В результате полученных данных установлена активизация коллагеназы под воздействием ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензией.

Ключевые слова: культуральная жидкость, ферменты, коллагеназа, коллаген, экстракт сапропели.

OBTAINING COLLAGENOLITIC ENZYME AND ITS ACTIVATION WITH ULTRAFINE HUMATO-SAPROPEL SUSPENSION

A. V. Zakharova¹, N. V. Barakova¹, A. S. Mityukov²

¹ St. Petersburg State Technological Institute
(Technical University), St. Petersburg, Russia

²Institute of Lake Science of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Abstract: Studies have been carried out in order to obtain a freeze-dried collagenolytic enzyme and the effect of an ultrafine humate-sapropel suspension on the collagenolytic enzyme, collagenase, has been studied. As a result of the data obtained, the activation of collagenase under the influence of an ultrafine humate-sapropel suspension was established.

Key words: culture liquid, enzymes, collagenase, collagen, sapropel extracts

Введение. Коллагенолитический фермент (коллагеназа) – это специфическая протеаза, разрушающая пептидные связи в природном коллагене, превращая посредством гидролиза нерастворимый коллаген в растворимую форму. Одной из основных областей применения коллагеназ является медицинская промышленность, например, известен препарат коллагеназы камчатского краба – Морикраза, используемый для лечения ожогов и удаления рубцов [1]. В основе механизма лечебного действия коллагеназ лежит способность преобразовывать нативный нерастворимый коллаген в растворимую форму путем гидролиза пептидных связей. Истинная коллагеназа, в частности микробная и животного происхождения (класс металлопротеаз), расщепляют тройную спираль коллагена

в одной конкретной точке, образуя крупные растворимые фрагменты, дальнейшее разрушение которых протекает сравнительно медленно [1].

В пищевой промышленности коллагеназа является одним из способов утилизации сырья за счет применения ферментативного гидролиза при помощи коллагенолитических ферментов и их композиций с другими протеазами. Полученные гидролизаты могут выступать в качестве кормовых и пищевых добавок [2]. Повысить качество мясных продуктов с одновременным снижением их себестоимости можно с помощью протеолитических ферментных препаратов коллагеназы. Коллагеназа способствует размягчению мышечной ткани, поскольку расщепляет пептидные связи на определенных участках молекулы коллагена и устраняет негативное влияние соединительной ткани на консистенцию продукта, что приводит к уменьшению жесткости мяса [3]. Применение коллагенолитического фермента в пивоварении позволило увеличить стойкость пива с 3-4 недель до 6-8 месяцев при полном сохранении его физико-химических и органолептических показателей [2].

В настоящее время биообъекты являются перспективными источниками продукции в научно-техническом прогрессе. В качестве биообъектов продуцентов ферментов обычно используются микроорганизмы, ввиду их высокой скорости роста и накопления биомассы. Одним из наиболее перспективных биообъектов изучения являются высшие грибы – базидиомицеты *Basidiomycetes*. Среди базидиомицетов было найдено множество продуцентов самых разнообразных соединений: ферментов, антибиотиков, витаминов, полисахаридов, липидов и т.д. [4].

При практическом использовании фермента целесообразно говорить о его рациональном использовании, то есть меньшим количеством фермента получать желаемый результат. При повышении активности коллагенолитического фермента, повышается степень гидролиза коллагена. Степень гидролиза – увеличение количества низкомолекулярных пептидов, полученных в результате гидролиза высокомолекулярного коллагена.

Существуют разные способы активации ферментов. Например, применение ионов металлов или гуминовых веществ [5].

Источником гуминовых веществ являются торф, бурые угли, сапропели и неживая материя почвенных и водных систем. В НИИ Озероведения РАН разработан способ получения ультрадисперсных гумато-сапропелевых экстрактов (УДГСС), в состав которых входят гуминовые кислоты, фульвовые кислоты, гуматы. УДГСС получают путем щелочной экстракции сапропеля под действием ультразвукового излучения частотой 35 кГц и давлением 2 Вт/см² при температуре 40 °С [6].

Целью данного исследования явилось: получение коллагенолитического фермента и изучение влияния ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии на его активность.

Материалы, методы и объекты исследования.

Продуцентом коллагенолитического фермента служила глубинная культура *Coprinus lagopides*. Глубинное культивирование высшего гриба *C. lagopides* проводили на в предварительно простерилизуемой при $P_{изб}$ 0,1 МПа в течение 1 часа

углеродно-азотной среде (при соотношении 15:1) в качалочных колбах Эрленмейера объемом 0,75 дм³ на роторной качалке (230 об/мин) при температуре 28-30 °С в течение 7 суток. После культивирования исследуемого фермента, был проведен анализ на наличие коллагенолитической активности в ферменте. Для определения коллагенолитической активности нативного раствора культуральной жидкости гриба использовали нингидриновый метод [7]. Метод измерения коллагеназной активности основан на способности фермента расщеплять коллаген с освобождением и переводом в раствор продуктов гидролиза, концентрацию которых определяют спектрофотометрически. Полученный фермент был лиофильно высушен. На следующем этапе проведения экспериментов исследуемым объектом являлся лиофильно высушенный коллагенолитический фермент – коллагеназа, с добавлением УДГСС. Для приготовления исследуемых образцов лиофильно высушенные пробы растворяли в дистиллированной воде. Далее из каждого испытуемого и контрольного раствора отбирали по 0,5 см³ и вносили в пробирки с притертыми пробками вместимостью 10 -15 см³. В контрольные образцы добавляли 0,5 см³ коллагеназы и 0,5 см³ коллагена. В испытуемые образцы добавляли 0,5 см³ коллагеназы, 0,5 см³ коллагена и разное количество УДГСС. Ультрадисперсную гумато-сапропелевую суспензию добавляли в количестве: 0,01; 0,05; 0,1 см³ с рН 4,5 и с рН 7,0. Далее пробирки плотно закрывали пробками, интенсивно встряхивали на протяжении 15 мин и помещали на 1 ч в термостат при 37 °С. После термостатирования растворы также интенсивно встряхивали в течение 15 мин. Далее в каждую пробирку добавляли по 1 см³ раствора нингидрина и перемешивали. Пробирки термостатировали в водяном термостате при температуре 55 °С в течение 10 мин, затем прибавляли по 8 см³ воды и перемешивали. Оптическую плотность приготовленных растворов измеряли на спектрофотометре при длине волны 570 нм, используя компенсационный раствор.

Результаты исследования.

Анализ работы показал, что применение УДГСС на лиофильно высушенной коллагеназе в дозе 0,01 см³ при рН 4,5 способствовало достоверному увеличению коллагенолитической активности относительно контроля на 18%. Применение УДГСС с рН 7,0 в любых дозировках УДГСС не способствовало увеличению коллагенолитической активности фермента.

Выводы. Результаты, полученные в ходе проведенных экспериментов, показывают перспективность использования УДГСС в качестве активатора коллагенолитической активности фермента.

Список литературы

1. Майорова, А.В, Б.Б. Сысуев, Ю.О. Иванкова, И.А. Ханалиева. Коллагеназа в медицинской практике: современные средства на основе коллагенаазы и перспективы их совершенствования // Фармация и фармакология. – 2019. №7(5). –С.260–270.
2. Албулов, А. И., Антипова Л.В., Подвигина Ю.Н. Использование ферментного препарата коллагеназа в пищевой промышленности // Микробные биокатализаторы и перспективы развития ферментных технологий в перерабатывающих отраслях АПК – 2006. – С. 257-261.
3. Антипова, Л. В. Применение ферментных препаратов в технологии производства мясных изделий / // Фундаментальные исследования. – 2008. - № 6. – С. 134-135.
4. Дёмина, Н. С. Коллагенолитические ферменты, синтезируемые микроорганизмами. Обзор / Н. С. Демина, С. В. Лысенко // Микробиология. – 1996. – Т. 65, № 3. – С. 293-304.

5. Нсенгумуремый, Д. Применение ультрадисперсных гуматосапропелевых суспензий в технологии этилового спирта из ячменя: автореф. дис. Канд.техн.наук: 05.18.07/ Нсенгумуремый, Д. – СПб., 2020. – 252 с.
6. Шарова, Н.Ю., Митюков А.С., Баракова Н.В., Нсенгумуремый Д. Антимикробное действие ультрадисперсных гумато-сапропелевых суспензий // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств – 2019. - № 3(41). – С. 25-31
7. Rosen, H. A. Modified ninhydrin colorimetric analysis for amino acids. J. – Archives of Biochemistry and Biophysics. 1957. V. 67, pp. 10–15.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИПОФИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ТРУТОВИКА ЧЕШУЙЧАТОГО *POLYPORUS SQUAMOSUS*

Д. Ф. Кагирова, С. А. Коваленко, М. А. Сысоева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
zvonochek01@gmail.com

Аннотация: Проведена экстракция трутовика чешуйчатого петролейным эфиром. Определен качественный состав экстрактивных веществ методом тонкослойной хроматографии и количественное содержание тритерпеноидных и стероидных соединений.

Ключевые слова: трутовик чешуйчатый, липофильные вещества, тонкослойная хроматография, тритерпеноидные и стероидные соединения.

RESEARCH OF LIPOPHILIC SUBSTANCES OF THE SCALY POLYPORE *POLYPORUS SQUAMOSUS*

D. F. Kagirowa, S. A. Kovalenko, M. A. Sysoeva

Kazan national research technological university, Kazan, Russia
zvonochek01@gmail.com

Abstract: The extraction of scaly polypore with petroleum ether was carried out. The qualitative composition of the extracted substances by thin-layer chromatography and the quantitative content of triterpenoid and steroid compounds were determined.

Keywords: scaly polypore, lipophilic substances, thin layer chromatography, triterpenoid and steroid compounds.

Род *Polyporus* является одним из наиболее крупных родов древообитающих грибов, он широко распространен в лесной экосистеме и выполняет функцию утилизации мертвой древесины. В грибах обнаружены фенольные соединения, витамины, незаменимые аминокислоты, а липидный состав отличается высоким содержанием эссенциальных ненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов и эргостерина [1, 2].

Одним из представителей этого рода является трутовик чешуйчатый (*Polyporus squamosus*). Это условно-съедобный гриб, в пищу его можно употреблять только в молодом возрасте после предварительного отваривания. Трутовик чешуйчатый – ксилотроф, раневый паразит деревьев, вызывает развитие белой гнили. Он широко распространен в Европе, Северной Америке, на Кавказе и Дальнем Востоке, в Сибири и на Камчатке. Встречается на живых и отмерших стволах и ветках широколиственных деревьев – старых кленах, акациях и тополях [1].

Химический состав *Polyporus squamosus* разнообразен и включает витамины, ферменты, фенольные соединения, органические кислоты, а также незаменимые аминокислоты, что обуславливает широкий спектр биологической активности. Трутовик и экстракты, полученные из него, проявляют противоопухолевую, антиоксидантную, иммуностимулирующую, гепатопротективную, диуретическую активности. Антиоксидантная активность метанольного экстракта из нескольких видов *P. squamosus* была выше, чем у известного антиоксиданта α -токоферола. Экстракт трутовика проявляет также антибактериальную активность по отношению к *Enterobacter cloacae* и *Bacillus cereus*, золотистому стафилококку. Кроме того, показана бактериостатическая и бактерицидная активность экстракта трутовика для *Pseudomonas aeruginosa* [2-5].

Проведенный анализ литературных данных показал, что при изучении трутовика чешуйчатого внимание исследователей было направлено в основном на фенольные соединения и антиоксидантные свойства гриба. При этом мало сведений о содержании липидов в этом виде трутовика. В метанольном экстракте найдены насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, причем доля полиненасыщенных жирных кислот преобладает. Также присутствуют изомеры токоферола: α , β , γ , δ [3]. Исследователи связывают антиоксидантную активность и восстановительную способность экстрактов, а также ингибирование перекисного окисления липидов с высоким содержанием токоферолов (1,9 мг/100 г) и фенольных соединений (1,29 мг/100 г). О наличии других групп липофильных соединений в грибе информации практически нет, что обуславливает актуальность данной работы.

Цель работы – исследование липофильных веществ трутовика чешуйчатого *Polyporus squamosus*.

Высушенные плодовые тела *Polyporus squamosus* экстрагировали петролейным эфиром в течение часа при температуре кипения 40-70 °С. Показано, что при данных условиях выход экстрактивных веществ составил в среднем 1,85 %.

Проведен качественный анализ состава экстрактивных веществ методом тонкослойной хроматографии. Разделение проводили в системе растворителей петролейный эфир: диэтиловый эфир: уксусная кислота 90:10:1, проявитель – раствор хлорного железа. После проявления на хроматограмме обнаружены комплексы различной окраски. Отнесение веществ проводили по значениям коэффициентов удерживания на основе литературных данных и при сопоставлении со стандартами (ланостерол, ситостерол, сквален, олеиновая кислота, триолеин). Среди компонентов были обнаружены моно- и диглицериды, стерины, жирные кислоты, 1-о-моноалкиловые эфиры глицерина, о-диалкиловые эфиры глицерина, высшие алифатические спирты, α -токоферол, кофермент Q, триглицериды, тритерпеноиды, эфиры стеринов, углеводороды (парафины и олефины) [6, 7].

Поскольку при хроматографическом определении были выявлены терпеноидные и стероидные соединения, которые, согласно литературным данным, проявляют широкий спектр биологической активности, провели количественный анализ данных соединений спектрофотометрическим методом. Было использовано 2 методики: количество стероидных соединений в пересчете на ситостерол определяли при использовании реагента раствора хлорного железа,

а содержание терпеноидных соединений с ванилином в пересчете на ланостерол [8].

Показано, что количество тритерпеноидных и стероидных соединений в исследуемом экстракте трутовика чешуйчатого составило 0,21% в пересчете на ситостерол и 0,12% в пересчете на ланостерол от экстрактивных веществ.

Наличие тритерпеноидных и стероидных соединений может обуславливать проявление чешуйчатым трутовиком противоопухолевых свойств. За счет содержания α -токоферола и кофермента Q экстракт также может обладать антиоксидантными свойствами, что в целом делает его перспективным объектом для дальнейших исследований и практического применения.

Список литературы

1. Переведенцева, Л. Г. Микология : учебное пособие / Л. Г. Переведенцева. – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2022. – 168 с.
2. Мурадов, П. З. Разнообразие и ферментативная активность грибов, выделенных из различных источников / П. З. Мурадов, Л. Н. Бунятова, В. Я. Гасанова, А. Р. Гасанова // Современная микология в России : материалы III Международного микологического форума, 14-15 апр. 2015 г. – Москва, 2015. – Т. 5. – С. 326-327.
3. Chemical composition and bioactive properties of the wild mushroom *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr: a study with samples from Romania. / Mocan, Andrei, Fernandes Ângela [и др.] // Food & function. – 2018. – № 9. – С. 169-170.
4. The antioxidant potential of different edible and medicinal mushrooms / W. M. Ruth, M. M. John, N. W. Isabel, L. B. Raposa // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2022. – № 147. – С. 11-26.
5. Carmen, Sánchez. Reactive oxygen species and antioxidant properties from mushrooms / Sánchez Carmen // Synthetic and Systems Biotechnology. – 2017. – № 2. – С. 13-22.
6. Кейтс, М. Техника липидологии / М. Кейтс. – М., 1975. – 324 с.
7. Антипова, Л. В. Физические методы контроля сырья и продуктов в мясной промышленности / Л. В. Антипова, Н. Н. Безрядин. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 200 с.
8. Никитина, С. А. Состав и свойства тритерпеноидных, стероидных и сопутствующих им соединений *Inonotus Obliquus* : спец. 14.04.02 «Фармацевтическая химия, фармакогнозия» : дисс. ... канд. хим. наук / Никитина Светлана Александровна. – Казань, 2015 – 139 с.

ПОЛУЧЕНИЕ АВТОЛИЗАТА ГРИБА *PLEUROTUS OSTREATUS* ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЕГО В КАЧЕСТВЕ ВКУСОВОЙ ДОБАВКИ

Л. И. Клысбаева, Т. О. Бурнышева, Т. В. Меледина

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»
lila@mail.ru

Аннотация: Проанализированы существующие режимы автолиза *Pleurotus ostreatus* и приняты параметры его проведения с использованием сорбита в качестве осмотического фактора. Температура проведения составила 55°C, pH=6, ферментация происходила без перешивания в течение 24 часов. Было выяснено, что содержание свободных аминокислот и растворимого белка составило 1,08% и 1,1% от общего количества СВ соответственно, что говорит о необходимости повышения эффективности метода проведения автолиза.

Ключевые слова: автолиз, *Pleurotus ostreatus* (вешенка обыкновенная), пищевые добавки, сухие вещества, концентрация белка и аминокислот.

OBTAINING THE AUTOLYSATE OF THE FUNGUS *PLEUROTUS OSTREATUS* FOR ITS USE AS A FLAVORING ADDITIVE

L. I. Klysbayeva, T. O. Burnysheva, T. V. Meledina

St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)
lila@mail.ru

Abstract: The existing modes of autolysis of *Pleurotus ostreatus* are analyzed and the parameters of its implementation using sorbitol as an osmotic factor are accepted. The temperature was 55°C, pH=6, fermentation took place without reshaping for 24 hours. It was found that the content of free amino acids and soluble protein was 1,08% and 1,1%, respectively, which indicates the need to increase the efficiency of the autolysis method.

Key words: autolysis, *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom), nutritional supplements, solids, protein and amino acid concentrations.

Автолиз – естественное самопереваривание состарившихся гифальных структур, происходящий в результате активности различных ферментов. Можно ускорить этот процесс, используя различные дополнительные факторы, такой автолиз называется индуцированным. Разрушение клеточных стенок может происходит под воздействием таких факторов, как изменение pH среды, температуры и добавление химических соединений. Осмотический стресс и повышенная температура являются наиболее эффективными методами для интенсификации автолиза [1].

В данной работе рассматривается автолиз гриба *Pleurotus ostreatus* (Бешенка обыкновенная). Использование *Pleurotus ostreatus* в пищевой биотехнологии имеет некоторые преимущества. Во-первых, грибы *Pleurotus ostreatus* богаты полезными питательными веществами: они имеют большое количество сбалансированного по аминокислотному составу белка, витаминов группы А, В, РР и D, фенольных соединений, минералов и антиоксидантов. Эти свойства делают их отличным источником для получения биологически активных добавок к пище. Во-вторых, индуцированный автолиз позволяет разрушить клеточные стенки грибов и извлечь биологически активные вещества, такие как бета-глюканы. Эти вещества могут оказывать благоприятное влияние на здоровье человека и использоваться в качестве функциональных ингредиентов в пищевых продуктах [2].

Автолизат *Pleurotus ostreatus* может быть использован в качестве вкусовой добавки к напиткам, к примеру, в пиво. *Pleurotus ostreatus* обладает вкусо-ароматическими характеристиками, которые могут быть полезны для коррекции сенсорного профиля: данный гриб имеет в своем составе 16 аминокислот, каждая из которых имеет свой определенный вкус, к тому же на некоторых средах он может иметь нетрадиционные ароматы, вплоть до пряного, карамельного и яблочного [3].

В данный момент существует большое количество методов получения автолизата из дрожжевой биомассы. Что касается *Pleurotus ostreatus*, сведения весьма скудны. Одним из методов индуцированного автолиза *Pleurotus ostreatus* является ее обработка поваренной солью (NaCl) совместно с термической обработкой [4]. Однако поваренная соль может значительно повлиять на вкусовые качества полученного автолизата. Так, для создания высокой осмоляльности среды возможно использование сорбита. Сорбит считается отличным заменителем сахара, к тому же у него практически отсутствуют побочные эффекты.

Что касается температуры, необходимой для проведения автолиза, она варьируется от 40 до 55 °C [5, 6]. Использование температуры до 60 °C и нейтральных pH позволяет получать белковые гидролизаты с высокой биологической ценностью, так как полностью сохраняются термолабильные незаменимые аминокислоты, не выявлено выраженной рацемизации аминокислот, а также образования трудноусваиваемых циклических пептидов и дикетопиперазинов.

Использование предварительно замороженного гриба способно влиять на эффективность автолиза. Замораживание может привести к образованию кристаллов в клетках, что способно повлечь за собой физические повреждения клеточной стенки.

Для автолиза предварительно замороженного *Pleurotus ostreatus* были подобраны следующие условия: температура проведения - 55°C, pH = 6, 4% сорбитол, ферментация без перешивания в течение 24 часов, механическое измельчение гриба выполнялось при помощи блендера. Концентрация абсолютно сухой биомассы (АСБ) с учетом содержания воды в плодовых телах составила 5,44 %.

Методы исследования экстракта были следующими: определение содержания влаги в пробах, α -аминного азота и массовой доли растворимых белков методом Лоури.

Для нахождения содержания влаги использовали ГОСТ 28561-90, в котором высушивание происходит до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$. Массовая доля влаги определялась в отфильтрованном осадке во взятых пробах, осадок отфильтровывался через фильтр марки «Синяя лента» с применением вакуумного насоса.

При определении α -аминного азота с нингидрином (FAN) использовали жидкую фракцию автолизата. Определение содержания свободного азота аминокислот производится колориметрически. С помощью данного метода можно определить аминокислоты и конечные аминокислотные группы пептидов и протеинов [7].

Массовую долю растворимых белков определяли методом Лоури. Этот метод основан на образовании окрашенных продуктов при взаимодействии реактива Фолина с щелочными растворами белков. Интенсивность окрашивания в основном зависит от аминокислотного состава и массовой доли белка в исследуемом продукте, измеряется на фотоэлектроколориметре, а затем сравнивается с калибровочным графиком [8].

Начальное содержание влаги составляет 78,22%. На рис. 1 представлен график зависимости содержания сухих веществ (СВ) в пробах от длительности процесса. По графику видно, что с течением процесса содержание СВ в растворе увеличивается, так как происходит диффузия содержимого клетки в раствор, а также замещение их водой. Видно, что к 23 часу проведения процесса автолиза в раствор перешло около 8,54% сухих веществ, при этом на долю растворимого белка, определяемого по методу Лоури, пришлось 1,10%, а на аминокислоты – 1,08% от общего количества СВ.

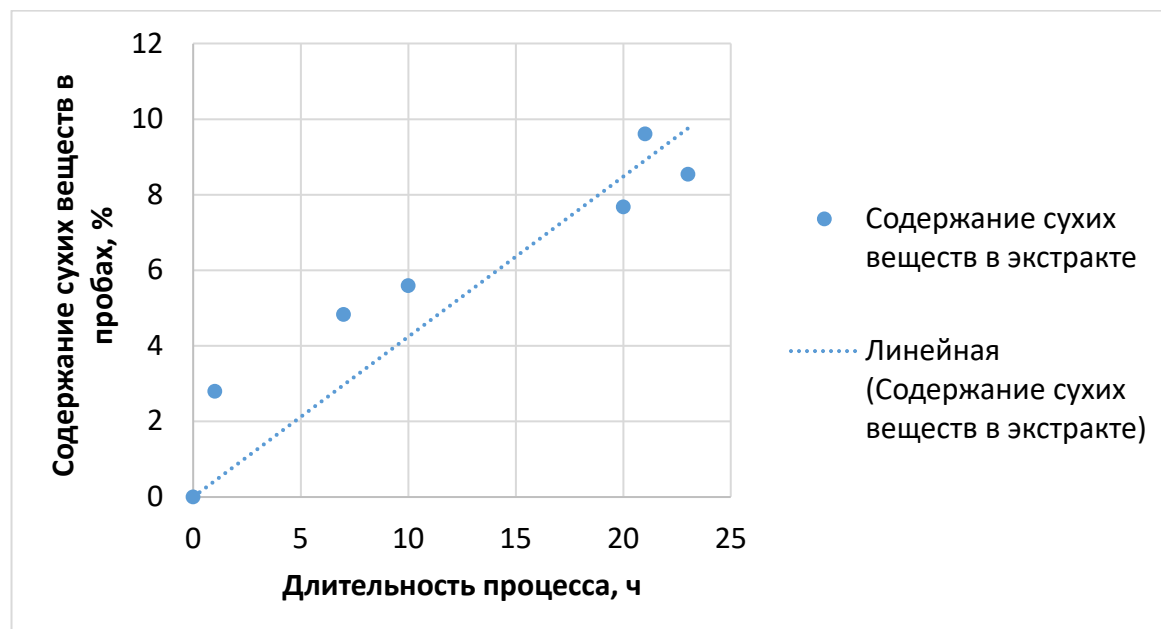


Рис. 1. Динамика сухих веществ в экстрактах гриба *Pleurotus ostreatus* в процессе автолиза плодовых тел

Таким образом, в результате проделанной работы выяснилось, что полученный автолизат гриба *Pleurotus ostreatus* уступает дрожжевому экстракту по содержанию как аминокислот, так и растворимого белка. Это говорит о необходимости продолжения работы над повышением эффективности процесса автолиза.

Список литературы

1. Jacob, F. F.; Michel, M.; Zarnkow, M.; Hutzler, M. and Methner, F.-J.: The complexity of yeast extracts and its consequences on the utility in brewing: A review, *BrewingScience*, 72 (2019), no. 3/4, pp. 50-62
2. Капич А. Н. и др. Химический состав и антиоксидантная активность твердофазной культуры вешенки обыкновенной //Успехи медицинской микологии. – 2014. – Т. 12. – С. 306-308.
3. Колесникова В. Ф. Штамм гриба *Pleurotus ostreatus* – продуцент белковой биомассы. – 1997.
4. Huang B. et al. Differential proteomic analysis of temperature-induced autolysis in mycelium of *Pleurotus tuber-regium* //Current microbiology. – 2011. – Т. 62. – С. 1160-1167.
5. Aggelopoulos T. et al. Upgrading of mixed food industry side-streams by solid-state fermentation with *P. ostreatus* //Recycling. – 2018. – Т. 3. – №. 2. – С. 12.
6. Агаркова Е. Ю., Кручинин А. Г. Ферментативная конверсия как способ получения биологически активных пептидов //Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2018. – Т. 21. – №. 3. – С. 412-419.
7. Ермолаева Г.А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия. – СПб.: Профессия, 2004. – 535 с.
8. Waterborg J. H., Matthews H. R. The Lowry method for protein quantitation //Basic protein and peptide protocols. – 1994. – С. 1-4.

ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНОГО СЕРЕБРА

Ю. В. Куликова, О. О. Бабич, М. А. Рожкова, А. В. Жихрева,
О. Е. Кремлева

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени И.Канта»,
г. Калининград, Россия
roz.marina1236@gmail.com

Аннотация: *Описан способ получения коллоидной формы серебра и направления его использования. Предоставлены результаты получения коллоидного серебра с помощью цитратного метода и «зеленого» синтеза, а также антибактериальной активности.*

Ключевые слова: *коллоидное серебро, цитратный метод, метод химического восстановления, зеленый синтез.*

THE SYNTHESIS OF COLLOIDAL SILVER

Yu. V. Kulikova, O. O. Babich, M. A. Rozhkova, A. V. Zhikhreva, O. E. Kremleva

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Immanuel Kant
Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Abstract: *The method of synthesis the colloidal form of silver and directions for its use are described. The results of obtaining colloidal silver using citrate method and green synthesis, as well as antibacterial activity are provided.*

Keywords: *colloidal silver, citrate method, chemical reduction method, green synthesis.*

1. Коллоидное серебро и его особенности

Коллоидное серебро – это мелкие частицы металлического серебра размером от 1 нм до 100 нм, диспергированные в жидкой среде. Эта система уникальна из-за ее биоцидных свойств, которые соизмеримы с современными антибиотиками. Раствор коллоидного серебра неустойчив, для сохранения его стабильности добавляют различные стабилизаторы, которые не позволяют коллоидным частицам коагулировать и выпадать в осадок. Чтобы коллоидное серебро проявляло свои антибактериальные свойства, частицы должны быть 1-100 нм, иначе они слипнутся и не будут иметь этих свойств. Существует еще один фактор, от которого зависят бактерицидные свойства: размеры частиц серебра в коллоидной системе должны быть как можно больше приближены к одному значению, обладать одинаковыми размерами. Чем больше разница между размерами частиц в растворе, тем более нестабильна система серебро-жидкость [1].

Ионное серебро имеет некоторые отличия от коллоидных частиц серебра. Ион серебра вступает в реакцию с другими элементами, образуя другие соединения, в отличие от коллоидной формы [2].

Ионное серебро проявляет более слабую антибактериальную активность, чем коллоидное серебро против кишечной палочки, золотистого стафилококка [3].

Коллоидные растворы серебра могут эффективно уничтожать бактерии и грибы даже при достаточно низких концентрациях, измеряемых в мг/л [4]. Также существует зависимость антибактериальной активности от размера частиц коллоидного серебра: чем меньше размер коллоидных частиц, тем больше площадь поверхности и лучше проявляется антибактериальная активность.

Коллоидная форма серебра подавляет рост бактерий и дрожжей при концентрациях 1 мг/л-3 мг/л. При таких же концентрациях ионная форма серебра считается токсичной по отношению к эукариотам. Отмечается, что низкие концентрации не являются токсичными для высших организмов [5]. Кроме того, в настоящее время окончательно не доказана резистентность бактерий к коллоидному серебру, что требует дальнейших исследований.

Коллоидное серебро используют, например, для обработки ран, лечения дерматита, а также для внутреннего приема. Кроме того, при использовании коллоидного серебра в медицине существуют ограничения по концентрации частиц серебра при использовании для наружного и для внутреннего использования человеком, так как серебро практически безвредно только в малых концентрациях.

Известно, что коллоидное серебро обладает выраженной способностью инактивировать вирусы гриппа, а также угнетать активность вирусов СПИДа. Но стоит учитывать концентрацию серебра, так как избыток серебра приводит к аргирии. Аргирия – болезнь, которая развивается при длительном использовании препаратов на основе серебра, так как этот металл способен откладываться. Происходит сильная пигментация кожи, она становится серебристого или синевато-серого цвета.

Преимущества коллоидной формы серебра:

- Имеет хорошие бактерицидные свойства против широкого спектра микроорганизмов;
- Обладает антибактериальными свойствами даже при низких концентрациях по сравнению с ионной формой серебра;
- Не связывается при попадании в организм с другими веществами и продолжает проявлять свои свойства.
- Имеет широкое применение в различных областях;

Однако необходимы дальнейшие исследования токсичного действия на организм человека и животных, механизма действия коллоидного серебра на клетку, а также выявление резистентности по отношению к микроорганизмам. Несмотря на большую заинтересованность в изучении коллоидной формы серебра, данные направления не исследованы до конца.

2. Методы получения коллоидного серебра

Существует два основных подхода к синтезу наночастиц серебра, известные как подходы «сверху вниз» и «снизу вверх». Подход «сверху вниз» объясняет, что синтез частиц — это уменьшение крупных частиц вещества до более мелких. Диспергационные методы («сверху вниз») являются простым способом получения частиц путём измельчения вещества, к ним относятся физические методы. При использовании диспергационного метода по окончании действия прибора (например, установка с лазерным лучом, трубчатая печь) обычно происходит срастание и укрупнение полученных частиц. Для предотвращения этого нежелательного эффекта в систему добавляется стабилизатор, представляющий собой молекулярный раствор белков, полимеров или поверхностно активных веществ (ПАВ) и т.д. Молекулы стабилизатора облепляют растущую частицу со всех сторон, таким образом предотвращается ее дальнейший рост. Изменяя состав и концентрацию стабилизатора, можно получать частицы любого размера.

При конденсационных методах (подход «снизу вверх») частицы получают путем объединения отдельных атомов. Метод заключается в том, что в контролируемых условиях происходит формирование структур из атомов и ионов. В результате образуются новые структуры, с новыми свойствами, которые можно программировать путем изменения условий формирования структур. Методом «снизу вверх», манипулируя молекулами и атомами, можно создавать искусственные объекты (синтетические молекулы, кластеры, состоящие из сотен атомов), которых не существует в природе.

В настоящее время предложено множество физических, химических, биохимических и смешанных методов получения коллоидных частиц серебра (в том числе криохимический синтез, криохимическое восстановление, вакуумное испарение, применение импульсных лазеров), основным из которых является метод химического восстановления [6]. Коллоидную форму серебра можно получить различными способами, например, методом химического восстановления с использованием различных восстановителей, некоторые из них способны быть одновременно и стабилизатором. Типичные восстановители, используемые для синтеза коллоидного серебра — это цитрат натрия или цитрат калия, боргидрит натрия и другие. Также используется физический метод, но при нем обычно используется крупногабаритное и дорогое оборудование, затрачивается много энергоресурсов, синтез является продолжительным по времени. Также известен «зеленый» синтез, в этом методе используются экстракты различных растений, различные вещества, выделенные из них, например, полисахариды, также можно использовать различные микроорганизмы [7].

3. Синтез коллоидного серебра

3.1. УФ-спектрофотометрия

Спектры полученных растворов были получены с помощью Shimadzu UV-1800. Спектры снимались с использованием кварцевых кювет с толщиной слоя 10,00 мм. Диапазон длин волн 300-600 нм. Измерения проводились относительно дистиллированной воды.

3.2. Синтез цитратным методом

Коллоидное серебро было получено методом химического восстановления с использованием цитрата натрия. Данное вещество служит как восстановителем, так и стабилизатором одновременно.

Были приготовлены растворы цитрата натрия (1%) и нитрата серебра (0,75%). Подготовлены три колбы, содержащие по 200 мл дистиллированной воды, в которые добавили 3,3 мл нитрата серебра. Раствор нагревался на водяной бане до кипения, после чего в каждую из них добавляли разные объемы цитрата натрия: 400, 600 и 800 мкл. Раствор нагревали до появления желтоватого цвета.

Наилучший результат оказался у образца №1 с добавлением цитрата натрия 800 мкл, оптическая плотность составляет 1,637 при длине волны 421 нм. Образец №2 – 0,799 при 422 нм, образец №3 – 0,794 при 421 нм.

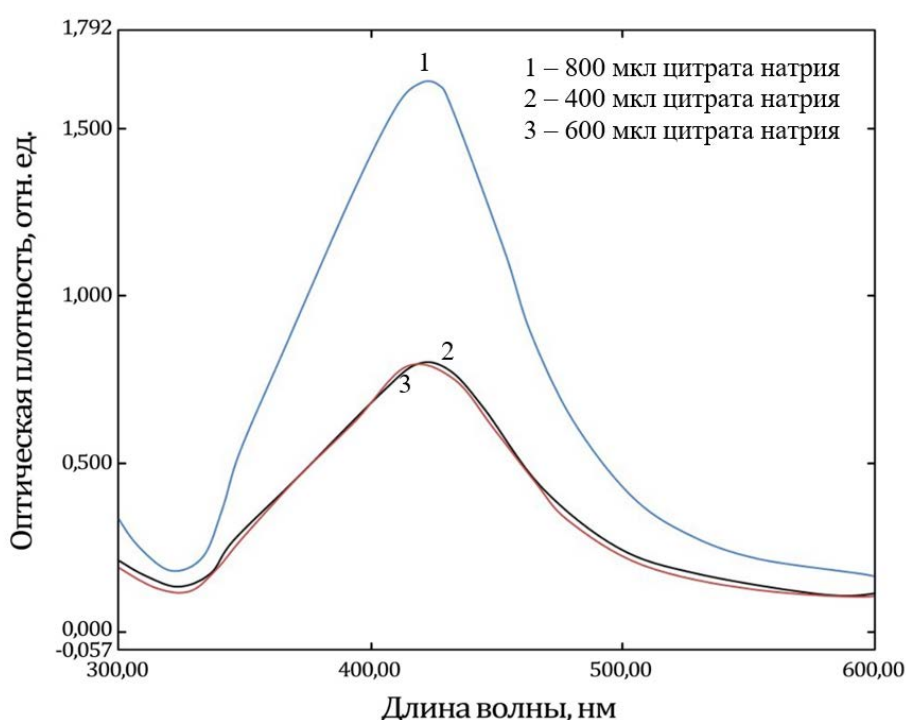


Рисунок 1 – УФ-спектры коллоидного серебра, полученные цитратным методом

3.3. «Зеленый» синтез коллоидного серебра с использованием агара

Были приготовлены горячий раствор агара (3 г/л), нитрат серебра разных концентраций (0,0005М, 0,001М и 0,002М) и гидроксид калия (0,357М). В колбу добавляли 20 мл горячего раствора агара, подщелачивали раствором гидроксидом калия. Затем при перемешивании с помощью магнитной мешалки на водяной бане в раствор прикапывали нитрат серебра. Нагревали 30 минут. Смесь становилась желтого цвета, после чего она охлаждалась при комнатной температуре.

3.3.1. Влияние pH на синтез коллоидного серебра

Было исследовано влияние pH на синтез коллоидного серебра. Исследовались образцы с разными объемами гидроксида калия: 200, 300, 400 и 500 мкл.

Образец №1 имеет оптическую плотность 1,120 при длине волны 413 нм, №2 – 1,036 при 412 нм, №3 – 1,021 при 413 нм, №4 – 0,820 при 417 нм. Наиболее

благоприятные условия проведения синтеза можно считать при добавлении гидроксида калия от 300 до 500 мкл. Таким образом, наилучший результат был получен у образца №1, который имеет наибольшую оптическую плотность.

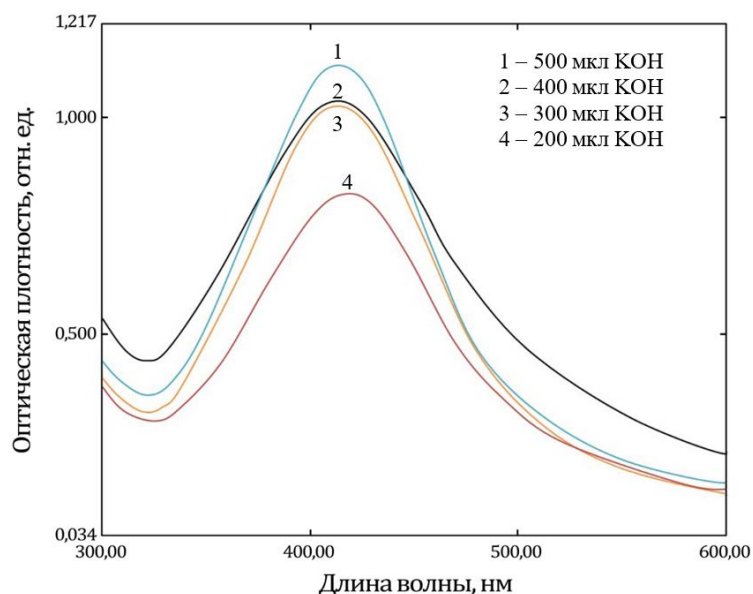


Рисунок 2 – УФ-спектры коллоидного серебра в зависимости от pH

3.3.2. Влияние объема нитрата серебра одинаковой концентрации на синтез

Было исследовано влияние разного объема раствора одной и той же концентрации нитрата серебра 0,001M, добавлено 300 мкл гидроксида калия для подщелачивания. Чем больше объем, тем больше концентрация образовавшихся коллоидных частиц. Более благоприятные условия проведения синтеза являются при использовании 2 мл раствора нитрата серебра с концентрацией 0,001M – это образец №1, его оптическая плотность составила 1,475 при длине волны 410 нм, у образца №2 – 1,212 при 409 нм.

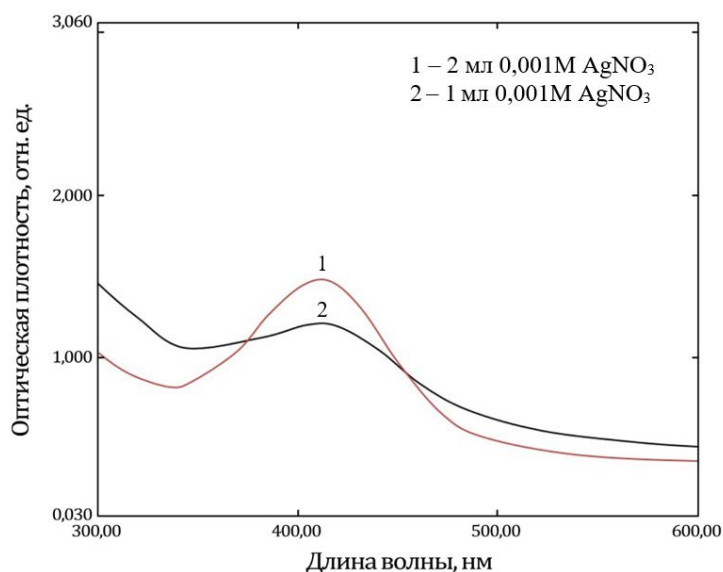


Рисунок 3 – УФ-спектры коллоидного серебра в зависимости от объема раствора AgNO_3

3.3.3. Влияние концентрации раствора AgNO_3 на синтез

Было исследовано влияние концентрации раствора нитрата серебра: 0,0005М и 0,002М, рН также изменялось добавлением 300 мкл гидроксида калия.

Оптическая плотность для образца №1 составляет 1,872 при длине волны 405 нм, №2 – 1,670 при 408 нм, №3 – 1,347 при 411 нм, №4 – 0,927 при 408 нм. Таким образом, наилучшим образцом является №1, у него самая большая оптическая плотность и более узкий пик. Таким образом, для проведения синтеза наилучшими условиями является использование 8 мл 0,0005М нитрата серебра.

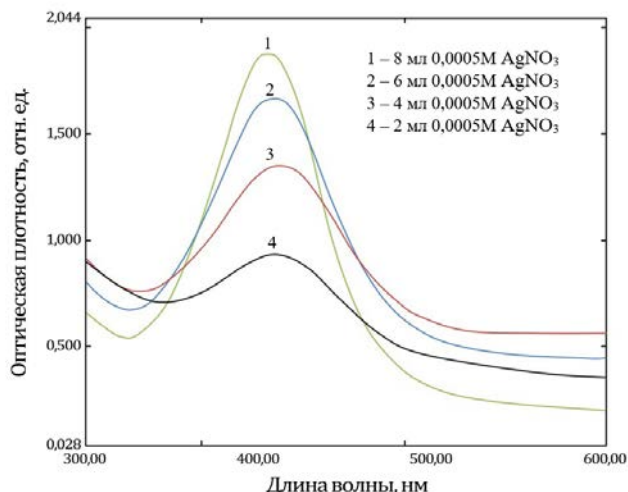


Рисунок 4 – УФ-спектры коллоидного серебра в зависимости от концентрации раствора AgNO_3

При использовании нитрата серебра с концентрацией 0,002М и объемом 1 мл образовался пик с оптической плотностью 1,662 при длине волны 408 нм. Также были исследованы образцы с такой же концентрацией и объемом 2, 3 и 4 мл, но пики имели довольно-таки большую оптическую плотность, которую невозможно было определить точно с помощью прибора.

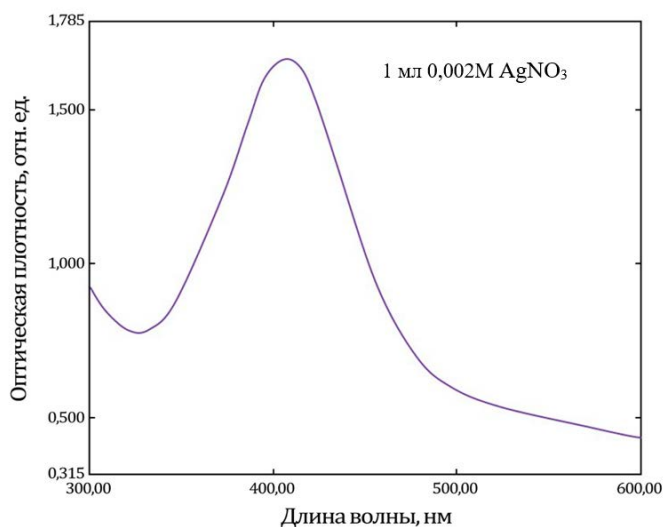


Рисунок 5 – УФ-спектры коллоидного серебра в зависимости от концентрации раствора AgNO_3

4. Оценка антибактериальной активности

Приготовление среды LB (lysogeny broth) для бактерий

Среда LB состоит из дрожжевого экстракта (5,0 г/л), триптона (10,0 г/л), NaCl (10,0 г/л), агара (10,0 г/л) и воды. Данные виды микроорганизмов предварительно культивировались в стерильной среде при температуре 37 °С в течение 24 ч.

Полученные растворы коллоидного серебра цитратным методом и «зеленым» методом с использованием агара были исследованы на антибактериальную активность против *Escherichia coli* и *Pseudomonas aeruginosa*. Исследовались образцы, полученные при наиболее благоприятных условиях.

Было проведено определение антибактериальной активности, посев осуществлен методом Дригальского. После посева чашки Петри были помещены в термостат на 24 часа при температуре 37±1°С.

Таблица 1 – Антибактериальная активность исследуемых образцов

Вид образца	Антибактериальный эффект	
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Цитратное коллоидное серебро (800 мкл цитрата натрия)	Отмечен. Зона лизиса 2 мм	Отмечен. Зона лизиса 2 мм
«Зеленое» коллоидное серебро (300 мкл (KOH) 8 мл 0,0005M AgNO ₃)	Отмечен. Зона лизиса 1 мм	Отмечен. Зона лизиса 2 мм
«Зеленое» коллоидное серебро (300 мкл (KOH) 2 мл 0,001M AgNO ₃)	Отмечен. Зона лизиса 1 мм	Отмечен. Зона лизиса 2 мм
«Зеленое» коллоидное серебро (300 мкл (KOH) 1 мл 0,002M AgNO ₃)	Отмечен. Зона лизиса 1 мм	Отмечен. Зона лизиса 2 мм

Результаты и выводы

Таким образом, было синтезировано коллоидное серебро с помощью цитратного метода и «зеленого» метода с использованием агара, доказано образование коллоидных частиц серебра с применением УФ-спектрофотометрии, а также определена антибактериальная активность образцов, полученных при более благоприятных условиях. Пик в районе 420 нм доказывает образование коллоидного серебра, чем уже пик, тем более однородные частицы по размеру и форме.

В целом, «зеленый» синтез коллоидного серебра ничуть не уступает традиционному химическому методу (цитратный метод) получения коллоидного серебра. Оба метода просты, быстры, хорошо полученные образцы проявляют антибактериальную активность против *Escherichia coli* и *Pseudomonas aeruginosa*.

Лучше всего проявили себя образцы с добавлением гидроксида калия от 300 до 500 мкл, а также образцы с концентрацией нитрата серебра 0,001М в объеме 2 мл с добавлением 300 мкл гидроксида калия, которые являются наиболее благоприятными условиями для протекания реакции.

Лучше всего антибактериальная активность была проявлена против синегнойной палочки, зона лизиса у всех исследуемых образцов составляет 2 мм. Цитратное коллоидное серебро проявило антибактериальную активность чуть лучше против кишечной палочки – 2 мм, по сравнению с «зеленым» коллоидным серебром, зона лизиса которого равна 1 мм.

Использование коллоидной формы серебра является перспективным направлением для применения в различных отраслях за счет антибактериальных свойств, например, в косметике, в бумаге для продления срока годности продуктов, в медицинских масках, а также в качестве компонента в биопленках и антибиотических средств в медицине.

Список литературы

1. Ахрамович А.А., Барменков Е.Ю. Избранные научные труды. XV Международная научно-практическая конференция «Управление качеством» – 2016: Коллоидное серебро высокого качества. – С. 68–71.
2. Silver Nanoparticles and Silver Ions as Potential Antibacterial Agents / Hamad, A., Khashan, K. S., Hadi, A. // *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*. – 2020. – №30(12). – P. 4811–4828.
3. Negatively charged silver nanoparticles with potent antibacterial activity and reduced toxicity for pharmaceutical preparations / L. Salvioni, E. Galbiati, V. Collico, et. al. // *Int. J. Nanomed.* – 2017. – №12. – P. 2517–2530.
4. Antifungal activity of silver nanoparticles against *Candida* spp. / Panacek, A., Kolar, M., Vecerova, R., et al // *Biomaterials*. – 2009. – №30(31). – P. 6333–6340.
5. Initial Study on the Toxicity of Silver Nanoparticles (NPs) against *Paramecium caudatum* / Kvitek, L., Vanickova, M., Panacek, A., Soukupova, J. et al. // *The Journal of Physical Chemistry*. – 2009. – №113(11). – P.4296–4300.
6. Методы получения мелкодисперстных наночастиц коллоидного серебра / Мосин О.В., Игнатов И. // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2014. – №3. – С. 1– 16.
7. Potentials in synthesizing nanostructured silver particles / Ramanathan, S., & Gopinath, S. C. B. // *Microsystem Technologies*. – 2017. – №23(10). – P. 4345–4357.

СОСТАВ И АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ЭКСТРАКТОВ *HEDYSARUM NEGLECTUM* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ PH ЭКСТРАГЕНТА

В. В. Ларина, И. А. Лаврентьева, О. О. Бабич

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»
г. Калининград, Россия

lavrentievairina13@yandex.ru

Аннотация: Копеечник забытый общеизвестен своими полезными свойствами, в том числе антиоксидантными. В работе представлены данные по содержанию суммы фенольных компонентов в экстрактах *H. neglectum*, состав экстрактов, определённый методом ВЭЖХ и их антиоксидантная активность.

Ключевые слова: копеечник забытый, *Hedysarum neglectum*, антиоксидантная активность.

COMPOSITION AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF *HEDYSARUM NEGLECTUM* EXTRACTS DEPENDING ON THE PH OF THE EXTRACTANT

V. V. Larina, I. A. Lavrentieva, O. O. Babich

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Abstract: *Hedysarum neglectum* is well known for its beneficial properties, including antioxidant. The paper presents data on the content of the total phenolic components in *Hedysarum neglectum* extracts, the composition of the extracts determined by HPLC, and their antioxidant activity.

Keywords: *Hedysarum neglectum*, antioxidant activity.

Избыточная активация реакций свободнорадикального окисления представляет типичный патологический процесс, который в свою очередь встречается при всевозможных заболеваниях, в том числе сердечно-сосудистых. В связи с чем в производство препаратов фармацевтической промышленности и продуктов питания всё чаще внедряются компоненты, обладающие антиоксидантной активностью (АОА) [1,2]. Одними из веществ, обладающих такими свойствами, являются фенольные компоненты различных растений. Кроме того, в последнее время, люди всё больше уделяют внимания натуральным продуктам из растений, в основном из-за безопасности природных компонентов в большинстве случаев.

Копеечник забытый *Hedysarum neglectum* интенсивно применялся и применяется в народной медицине и, согласно литературным источникам, может содержать биологически активные вещества, характеризующиеся антиоксидантной активностью [3]. Однако состав растительных экстрактов, а соответственно, и их антиоксидантная активность зависит от способов получения. Кроме того, на

состав экстракта влияет природа экстрагента, в том числе pH. В связи с вышеперечисленным, настоящее исследование было направлено на изучение зависимости содержания фенольных компонентов и АОА экстрактов *H. neglectum* в зависимости от состава и pH экстрагента.

Экстракты получали методом мацерации, модуль экстракции 1:40. В качестве растворителей использовали:

- метанол;
- 0,1 М метанольный раствор муравьиной кислоты с pH 3,2;
- 0,1 М метанольный раствор трифторуксусной кислоты (ТФУ) с pH 1,2;
- 0,1 М метанольный раствор NH₄OH с pH 10,9;
- 0,1 М метанольный раствор NaOH с pH 12,5;
- метанольный раствор муравьиной кислоты с pH 1,2;
- метанольный раствор NH₄OH с pH 12,5.

Содержание суммы фенольных компонентов вышеперечисленных экстрактов определялось спектрофотометрически по цветной реакции с реактивом Фолина-Чокальтеу в пересчете на галловую кислоту. Величину адсорбции измеряли при длине волны 720 нм.

Антиоксидантная активность определялась по способности поглощать радикалы DPPH. В качестве стандартных растворов использовали растворы тролокса (6-гидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоновой кислоты) известной концентрации. Состав растворителей, используемых в контрольных пробах, соответствовал экстрагенту. При анализе антиоксидантную активность выражали в мкмоль эквивалентов тролокса на грамм фракции (ммоль экв. тролокса/г).

Высокий результат суммы фенольных компонентов наблюдался в экстракте, полученном метанольным раствором ТФУ: 53,40 мг/г растительного сырья (таблица 1).

Таблица 1

Результаты определения фенольных компонентов и АОА

Экстракты	Содержание фенольных компонентов в пересчёте на галловую кислоту, мг/г	АОА относительно радикалов DPPH, мкмоль экв. тролокса/г растения
Метанол	46,2	1855,19
Метанол + ТФУ 0,1 М	53,4	1544,61
Метанол+ муравьиная кислота 0,1 М	43,6	1702,30
Метанол + муравьиная кислота pH 1,2	36,2	744,29
Метанол + NaOH 0,1 М	8,3	415,96
Метанол + NH ₄ OH 0,1 М	17,4	444,06
Метанол + NH ₄ OH pH 12,5	24,1	233,34

Стоит отметить, что для кислых и нейтральных экстрактов наблюдались более высокие значения АОА по сравнению с щелочными экстрактами (таблица 1). Преимущественной активностью обладал метанольный экстракт *H. neglectum*: 1855,19 мкмоль экв. тролокса/г

Качественное и количественное исследование содержания фенольных компонентов проводили методом ВЭЖХ в режиме градиентного элюирования. Подвижная фаза: элюент А – 0,1% ТФУ в бидистиллированной воде, В – ацетонитрил. Количественное определение проводили по калибровочным графикам, построенным по соответствующим аналитическим стандартам. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты определения состава экстрактов на наличие БАВ

Экстракты	БАВ, мг/кг					
	формонетин	катехин	3,4-дигидроксibenзойная кислота	дайдзеин	производное дайдзеина	ононин
Метанол	65,13	438,22	-	100,46	18,01	21,82
Метанол + ТФУ 0,1 М	98,61	1085,28	-	98,30	31,01	20,16
Метанол + муравьиная кислота 0,1 М	117,46	585,53	-	79,47	28,58	29,97
Метанол + муравьиная кислота pH 1,2	58,44	799,19	-	73,05	19,36	23,01
Метанол + NaOH 0,1 М	61,25	-	-	-	-	-
Метанол + NH ₄ OH 0,1 М	130,26	304,53	37,27	830,55	31,59	11,00
Метанол + NH ₄ OH pH 12,5	147,74	114,22	-	-	-	-

При определении фенольного состава экстрактов, было выявлено высокое содержание катехина в метанольном экстракте с ТФУ: 1085,28 мг/кг (таблица 2). 3,4-дигидроксibenзойная кислота была выявлена только в 0,1М метанольном растворе NH₄OH: 37,27 мг/кг. Также в данном экстракте наблюдалось высокое содержание дайдзеина: 830,55 мг/кг (таблица 2).

Таким образом, из растения *H. neglectum* было получено семь экстрактов, отличающихся по составу и свойствам. Содержание катехина преобладает почти во всех экстрактах, а 3,4-дигидроксibenзойная кислота была обнаружена только в 0,1М метанольном экстракте NH₄OH. Также следует отметить, что наибольшей АОА относительно радикалов DPPH обладали кислые и нейтральные экстракты,

которые также характеризовались более высоким содержанием фенольных компонентов по сравнению с щелочными экстрактами. Однако в экстракте с наименьшей АОА (метанольный раствор NH_4OH с рН 12,5) наблюдалось среднее количество фенольных компонентов.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (номер соглашения 22-16-00044).

Список литературы

1. Sz wajgier D., Borowiec K., Pustelniak K. The neuroprotective effects of phenolic acids: Molecular mechanism of action // *Nutrients*. – 2017. – Т. 9. – №. 5. – Р. 477.
2. Барабой В.А. Растительные фенолы и здоровье человека / В.А. Барабой. М.// Наука. – 1984. – С.67.
3. Dong Y. Phytochemicals and biological studies of plants in genus *Hedysarum* / Dong Y., Tang D., Zhang N., Li Y., Zhang C., Li L., Li M. // *Chemistry Central Journal*. – 2013. – Vol. 7. – №. 1. – Р. 1-13.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ МЕДИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРОДУЦИРОВАНИЯ ФЕРМЕНТА ЛАККАЗА ШТАММОМ ГРИБА FUNALIA TROGII.

М. В. Лебеда

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), г. Санкт-Петербург, Россия
lebeda-misha@yandex.ru

Аннотация: Проведен эксперимент по влиянию ионов меди на продуктивность продуцирования фермента лакказы штаммом гриба *Funalia trogii*. В результате были получены данные оксидазной активности нативных растворов, в которой четко прослеживается влияние меди на продуцирование фермента.

Ключевые слова: лакказа, фермент, медь, *Funalia trogii*.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF COPPER IONS ON THE PRODUCTIVITY OF LACCASE ENZYME PRODUCTION BY A STRAIN OF THE FUNALIA TROGII FUNGI.

M. V. Lebeda

St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), St. Petersburg, Russia

Аннотация: An experiment was carried out on the effect of copper ions on the productivity of the production of the laccase enzyme by a strain of the fungus *Funalia trogii*. As a result, data were obtained on the oxidase activity of native solutions, in which the effect of copper on the production of the enzyme is clearly seen.

Ключевые слова: laccase, enzyme, copper, *Funalia trogii*.

В настоящее время в биотехнологии применяются разнообразные ферменты, которые играют важную роль в многих процессах. Одним из наиболее значимых ферментов является лакказа, которая обладает широким спектром возможностей в области биотехнологии.

Лакказа является представителем класса оксидоредуктаз, содержит четыре иона меди в двух активных центрах и катализирует одноэлектронную реакцию окисления таких субстратов как восстановленные фенолы и их производные или ароматические амины. Процесс окисления субстратов сопровождается добавлением четырех электронов к молекулярному кислороду и восстановлением его до воды.[1] Лакказы встречаются главным образом у представителей царства грибов, но обнаружены также у многих растений, в прокариотах и насекомых. Их физиологические функции многообразны и включают в себя разложение лигнина гниlostными грибами, биосинтез лигнина в клеточной стенке растений, а также другие процессы полимеризации, применяющиеся в биотехнологии.

Изучение влияния различных элементов на продуктивность грибов имеет большое значение для развития сельского хозяйства и пищевой промышленности. Одним из таких элементов является медь, которая уже давно известна своей антимикробной активностью. В данной статье мы рассмотрим исследование воздействия ионов меди на продуктивность продуцирования фермента лакказы штаммом-продуцентом *Funalia troglia*, а также опишем методы и результаты эксперимента, который может представлять интерес для практиков и научных исследователей.

Проанализировав имеющиеся исследования применения различных биотехнологических и химических методов совершенствования процесса, была выдвинута теория, что применение ионов меди положительно скажется на общей фенолоксидазной активности пара-дифенолоксидазных ферментов. Ионы меди добавлялись в глюкозопептонную среду в составе сульфата меди.

Теория основана на предположении что, добавив в питательную среду ионы меди, которые входят в состав активного центра лакказы, продуцирование данного фермента культурой может увеличиться [2].

Для подтверждения данной теории был проведен эксперимент, в ходе которого были получены растворы культуральной жидкости при помощи метода глубинного культивирования, профильтрованы с помощью мелкопористого бумажного фильтра и измерены на наличие пара-дифенолоксидазной активности в них, с последующим анализом данных.

Для подготовки культуры к эксперименту образец из коллекции кафедры ТМС СПбГТИ(ТУ) в пробирке со скошенным агаром был пересеян в колбы Эйленмейлера с керамическими бусми.

В качестве объекта исследования были лакказы содержащиеся в культуральной жидкости полученной в ходе глубинного культивирования штамма гриба-продуцента *Funalia troglia* ТИ035. Культивирование проводилось в лабораторных условиях глубинным методом на глюкозо-пептонной среде (Таблица 1) с добавлением сульфата меди (Таблица 2).

Таблица 1

Состав питательной среды

Компонент	г / л	Компонент	г/л
Глюкоза	15	K ₂ HPO ₄	0,4
Дрожжевой экстракт	2	MgSO ₄	0,5
Пептон	1,5	NaCl	0,5
KN ₂ PO ₄	0,6	CuSO ₄	5·10 ⁻⁵

Таблица 2

Концентрации сульфата меди в различных колбах

Номер	CuSO ₄ мкмоль/л
0(к)	0
1	100
2	200
3	300
4	400
5	500
6	600

Для определения активности в нативном растворе культуральной жидкости использовался спектрофотометрический метод анализа изменения оптической плотности среды вследствие окисления субстрата ферментом, при длине волны 410 нм. Для измерения активности использовался спектрофотометр марки APEL PD-303 (Япония). В качестве хромогенного субстрата используется 0,01 М раствор пирокатехина в 0,1 М цитратном буфере, рН 4,96. Для его приготовления брали 2,1 г лимонной кислоты и 20 мл 1 н NaOH, после доводили рН буфера до 4,96 и растворяли в нем 0,1 г пирокатехина. Лакказа попадая в такой раствор начинала разрушать пирокатехин тем самым меня оптическую плотность раствора. Кювету объемом 2 мл заполняют 50 мкл культуральной жидкости, 1,7 мл раствора субстрата и определяют изменение оптической плотности за 1 мин [3, 4].

За единицу активности принимали количество фермента, катализирующего окисление субстрата в ходе которого образуется 1 моль продукта за одну минуту.

Для определения общей оксидазной активности использовалась формула (1):

$$A \left(\frac{\text{Ед}}{\text{мл}} \right) = \frac{\Delta D \cdot V(\text{мл}) \cdot 10000}{\varepsilon(\text{л} \cdot \text{моль} \cdot \text{см}^{-1}) \cdot v(\text{мл}) \cdot t(\text{м})} \quad (1)$$

где ΔD – измеренное значение, характеризующее ферментативную активность (изменение оптической плотности);

V – объем реакционной смеси, в которой протекает ферментативная реакция, мл;
10000- фактор пересчета моль/л в мкмоль/л в коэффициенте экстинкции;

ε – молярный коэффициент поглощения, л·моль·см⁻¹;

v – объем раствора фермента, мл;

t – время, по прохождении которого фиксируется изменение измеряемого параметра.

ε - коэффициент экстинкции (740 (л·моль·см⁻¹)), изменение времени равно 1 минуте.

Пробы отбирались на восьмой день культивирования продуцента. Нативный раствор лакказ получали путём очистки культуральной жидкости от биомассы, с помощью фильтрации через мелкопористый бумажный фильтр. Далее пробы анализировали на общую оксидазную активность в течении трёх минут.

В ходе анализа высчитывалось среднее значение изменения оптической плотности за минуту. По итогу эксперимента, были получены следующие значения общей дифенолоксидазной активности нативного раствора лакказ, указанные в таблице 3.

Таблица 3

Общая оксидазная активность нативных растворов

Номер	CuSO ₄ мкмоль/л	Y _{активность} , Ед/мл
0(к)	0	4,2
1	100	25,0
2	200	50,6
3	300	75,2
4	400	4,7
5	500	0,47
6	600	0,945

Таким образом, было выявлено что при добавлении ионов меди в питательную среду гриба-продуцента общая оксидазная активность многократно увеличивается с максимальным значением при концентрации ионов меди 300 мкмоль/л. Что в итоге дает нам недорогое и доступное средство повышения выхода фермента с минимальным изменением технологического процесса.

Список литературы

1. Telke A. A. et al. Biochemical characteristics of a textile dye degrading extracellular laccase from a *Bacillus* sp. ADR //Bioresource Technology. – 2011. – Т. 102. – №. 2. – С. 1752-1756.
2. Zouari-Mechichi H. et al. Laccase purification and characterization from *Trametes trogii* isolated in Tunisia: decolorization of textile dyes by the purified enzyme //Enzyme and Microbial Technology. – 2006. – Т. 39. – №. 1. – С. 141-148.
3. Клепиков, А.А. Скрининг и изучение базидиальных грибов в качестве продуцентов лакказ / А.А. Клепиков, М.М. Шамцян // Известия СПбГТИ (ТУ) – 2014 –№ 23 (49) – С. 39-42.
4. R. H. Kretsinger, V. N. Uversky, E. A. Permyakov. Laccases // Encyclopedia of Metalloproteins. — New York: Springer Science+Business Media, 2013. — С. 1066-1070. — ISBN 978-1-4614-1532-9. — doi:10.1007/978-1-4614-1533-6

ВЛИЯНИЕ СПИРТОВОГО ЭКСТРАКТА ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА НА СТАБИЛЬНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

Т. А. Лучик, Л. Э. Ржечицкая

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
luchiktnyanya@gmail.com

Аннотация. Альтернативой использования синтетических антиоксидантов для повышения стабильности растительных масел может стать применение природных антиоксидантов, обладающих низкой токсичностью. В работе представлены результаты исследования антиоксидантной активности спиртового экстракта пророщенного голозерного овса в качестве ингибитора перекисного окисления рафинированного подсолнечного масла. Для определения антиоксидантной емкости спиртового экстракта был использован фосфомолибденовый метод, адаптированный к выбранному экстрагенту.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, фосфомолибденовый метод, этанольный экстракт овса, фенольные соединения, метод ускоренного окисления.

INFLUENCE OF ALCOHOLIC EXTRACT OF OATS ON THE STABILITY OF SUNFLOWER OIL

T. A. Luchik, L. E. Rzhechitskaya

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Annotation. An alternative to the use of synthetic antioxidants for the increased stability of vegetable oils can be the use of natural antioxidants with low toxicity. The current study presents the results of a research of antioxidant activity of sprouted grain oats alcohol extract as an inhibitor of peroxidation of refined sunflower oil. To assess the antioxidant capacity of the alcohol extract, the phosphomolybdenum method adapted to the selected extractant was used.

Keywords: antioxidant activity, phosphomolybdenum method, oat ethanol extract, phenolic compounds, accelerated oxidation method.

Растительные масла в процессе хранения и кулинарной обработки легко окисляются до первичных продуктов окисления, которые легко разрушаются с образованием большого спектра соединений не только, ухудшающих качество масел, но и потенциально опасных. Для решения данной проблемы и продления сроков хранения масел применяют эффективные и относительно дешевые синтетические антиоксиданты. Однако они обладают канцерогенными свойствами и их количество в кулинарных жирах не должно превышать 0,02 % [1].

Альтернативой синтетическим антиоксидантам являются природные, которые также обладают высокой антиоксидантной активностью, но при этом не проявляют заметного токсического действия. Большое число работ посвящено исследованию антиоксидантов фенольной природы злаковых культур и использованию их для снижения перекисного окисления растительных масел.

Относительно новой зерновой культурой для РФ является голозерный овес, отличающийся более высокой пищевой ценностью в сравнении с плёчатыми сортами. Высокая антиоксидантная активность экстрактов голозерного овса связана с присутствием фенолкарбоновых кислот: бензойной, феруловой, кофейной, галловой, пара-кумаровой и азелаиновой. Из фитостеролов в овсе присутствуют ситостерол и изофукостерол, кроме того, резорцин, гидрохинон, метиларбутин и токоферолы [2].

Спиртовая экстракция является относительно дешевым и доступным способом выделения природных антиоксидантов из фитосырья. Этанольный экстракт голозерного овса (*Avena nudisativa*) был использован для предотвращения перекисного окисления хлопкового и соевого масел и показал высокую антиоксидантную активность, сравнимую с активностью таких синтетических антиоксидантов, как ионол и ТБГХ [3]. Основной вклад в антиоксидантный эффект спиртовых экстрактов вносят фенольные соединения: флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты и их эфиры и фитостерины.

Хорошо известно, что при прорастании антиоксидантная емкость зерна повышается, за счет увеличения как свободных, так и конъюгированных фенольных соединений. Их рост необходим для защиты проростка от возможных неблагоприятных факторов внешней среды. С появлением семядольных листьев скорость синтеза антиоксидантов снижается [4]. В этой связи пророщенное зерно, как источник высокоэффективных антиоксидантов, является перспективным объектом исследования.

Цель исследования. Оценить влияние полифенольного комплекса пророщенного голозерного овса на стабильность рафинированного подсолнечного масла методом ускоренного окисления.

Методы исследования. Устойчивость рафинированного подсолнечного масла к перекисному окислению, при внесении экстракта голозерного овса, вели методом ускоренного окисления. Значения показателя перекисного числа определяли по стандартной методике [5].

Общую антиоксидантную активность экстракта овса оценивали фосфомолибденовым методом [6]. Значение общей антиоксидантной активности при пересчете на аскорбиновую кислоту, находили по градировочному графику:

$$y = 0,0026x + 0,0045 \text{ и } R^2 = 0,9995.$$

Идентификацию фенолкарбоновых кислот и фитостеролов вели методом тонкослойной хроматографии [7].

Проращивание овса. Навеску овса голозерного ($30 \pm 0,01$) г замачивали в 100 мл 3 % перекиси водорода, а спустя 30 минут перекись водорода сливали и замачивали в 100 мл фильтрованной воды. Через сутки воду сливали, покрывали зерно слоем марли, смоченной отфильтрованной водой, и оставляли на трое суток в темном месте при температуре (20 ± 2)°C для проращивания, периодически

смачивая марлю водой. Пророщенное зерно высушивали в течение двух часов при температуре 40 °С в дегидраторе до влажности не более 14 % [8].

Приготовление спиртового экстракта овса. Для приготовления экстракта пророщенное зерно размалывали до размера частиц, проходящих через сито диаметром пор 1 мм. Размолотое зерно заливали 90 % раствором этилового спирта (гидромодуль 1:10). Экстракцию вели 72 часа, при температуре 25 °С при постоянном перемешивании (150 об./мин). Полученный экстракт центрифугировали в течение 10 минут, при скорости 3000 об./мин, надосадочную жидкость декантировали.

Метод ускоренного окисления. В чашки Петри (d = 90 мм) отмеряли ($12 \pm 0,001$) г масла. Спиртовой экстракт пророщенного овса вносили в рафинированное подсолнечное масло в количестве 0,5 % и 1 % от массы масла. Чашки помещали в термостат, нагретый до температуры 100 °С и понижали до 80 °С. Отбор проб для анализа проводили каждые два часа. Для этого чашки вынимали, охлаждали в эксикаторе до комнатной температуры и определяли перекисное число пробы масла. Эффективность действия экстракта овса оценивали по величине индукционного периода [5].

Обсуждение результатов. Для определения антиоксидантной активности фитоэкстрактов использовали интегральный показатель антиоксидантной емкости, который позволяет оценить совместное действия всех антиоксидантов экстракта с учетом их синергетического и антагонистического вклада. Значение антиоксидантной активности определяли фосфомолибденовым методом, который отличается экспрессностью, низкой стоимостью и репрезентативностью. Данный метод обычно применяют для выявления такие антиоксидантов, как фенолы, аскорбиновая кислота, токоферолы, каротиноиды. Общая антиоксидантная активность полученного спиртового экстракта пророщенного овса составила $9,77 \pm 0,03$ мг аскорбиновой кислоты/г сырья.

В контрольном образце подсолнечного масла, критическое значение перекисного числа 10 ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг масла достигается на 12 час эксперимента, а индукционный период (период резкого увеличения скорости накопления перекисных соединений) составляет около 8 часов. При внесении спиртового экстракта овса в рафинированное масло в количестве 0,5-1 % индукционный период возрастает на 20-25 % (рис. 1).

Идентификация компонентов спиртового экстракта овса была проведена методом тонкослойной хроматографии. Для отнесения компонентов экстракта к определенной группе соединений использовали внешние стандарты (фенольные кислоты, стиролы) и соответствующие проявители. Результаты хроматографического анализа приведены в таблице 1.

В результате проведенных исследований было показано, что спиртовой экстракт пророщенного овса, содержащий фенольные кислоты и стиролы, проявляет свойства антиоксиданта, ингибируя перекисное окисление подсолнечного масла, и увеличивает время индукционной стабильности на 20-25 %.

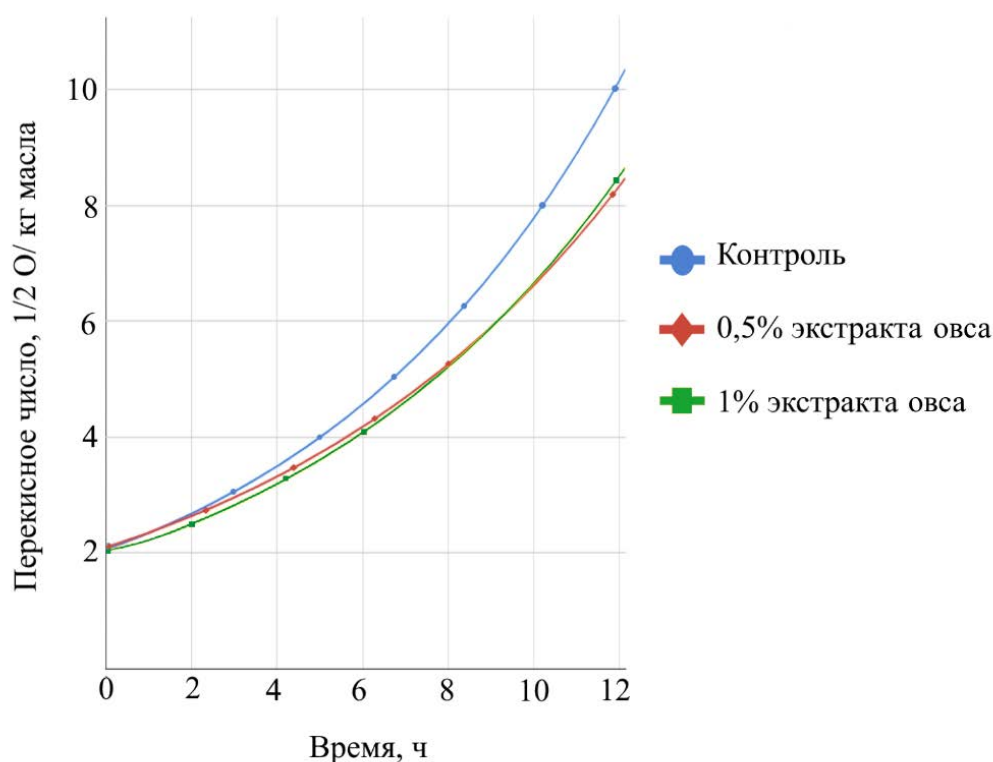


Рис. 1. Динамика накопления перекисных соединений в рафинированном подсолнечном масле в зависимости от концентрации спиртового экстракта пророщенного голозерного овса (при температуре 80 °C)

Таблица 1

Данные анализа ТСХ спиртового экстракта голозерного овса

Наименования идентифицированных фитосоединений	Элюент	Проявитель	Окраска	R _f
Галловая кислота	бензол: этанол: уксусная кислота (90:16:8)	5 % спиртовой раствор фосфомолибденовой кислоты [7]	Темно-синие пятна на желтом фоне	0,30
Кофейная кислота				0,47
Кумаровая кислота				0,65
Стерины	петролейный эфир: диэтиловый эфир: уксусная кислота (90:80:1)	Реактив с хлорным железом [7]	фиолетовое пятно на белом фоне	0,11

Список литературы

1. Прохорова, Л. Т. Влияние третбутилгидрохинонсодержащих антиоксидантов на термоокисление подсолнечного масла / Л.Н. Журавлева, И.А. Лисицына, Т.П. Аюкова, И.В. Довгальук // Вестник ВНИИЖ. – 2015. – №. 1–2. – С. 17–22.
2. Лоскутов, И. Г. Новый подход к структурированию сортового разнообразия голозерных и пленчатых форм культурного овса (*Avena sativa* L.) / Т.В. Шеленга, А.В. Конарев, Ю.И. Варгач, Е.А.Пороховинова, А.А.Гнутикова, А.В.Родионов // Экологическая генетика. – 2020. – Т. 18. – №. 1. – С. 27–41.
3. Tian, L. L. Antioxidant activity of oat extract in soybean and cottonseed oils / P. J. White // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 1994. – V. 71. – №. 10. – P. 1079–1086.

4. Яшин, А.Я. Определение природных антиоксидантов в пищевых злаках и бобовых культурах /Я.Н. Яншин, П.А. Федина, Н.И.Черноусова //Аналитика. – 2012. – №. 1. – С. 32–36.
5. Гамаюрова В. С., Пищевая химия/ В. С. Гамаюрова, Л. Э. Ржечицкая; – М.: «КДУ», «Университетская книга», 2016. – 496 с.
6. Prieto P., Pineda M., Aguilar M. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E //Analytical biochemistry. – 1999. – V. 269. – №. 2. – P. 337-341.
7. Шталь, Э. Хроматография в тонких слоях / под. ред. Э.Шталь. М.: Мир, 1965. – 508 с.
8. Кузнецова, Н. И. Разработка способа получения проростков пшеницы, обеспечивающего санитарно-гигиенические требования при получении молочно-злакового продукта /В. Н. Замалутдинова, Л. Э. Ржечицкая// Пищевые технологии и биотехнологии. XVII Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием (г. Казань, 20–23 апреля 2021 г.): материалы конференции / под ред. А. С. Сироткина; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2021. – С. 338–342.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АЛКОГОЛЬНОГО НАПИТКА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ПЛОДОВОГО СЫРЬЯ И МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Е. Д. Любимова, В. В. Апаршева

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
Тамбов, Россия, veraaparsheva@mail.ru

Аннотация: Обоснована перспективность использования молочной сыворотки и регионального плодового сырья в технологии производства алкогольного напитка. Изучены физико-химические показатели используемого производства сырья. Установлено влияние дополнительных сырьевых компонентов (молочной сыворотки, регионального плодового сырья, дрожжей) на сенсорные показатели, содержание сухих веществ и долю спирта в готовом продукте.

Ключевые слова: напитки, пуниш, молочная сыворотка, региональное плодовое сырье.

IMPROVEMENT OF ALCOHOLIC BEVERAGE TECHNOLOGY BASED ON THE USE OF REGIONAL FRUIT RAW MATERIALS AND WHEY

E. D. Lybimova, V. V. Aparsheva

FSBEU HE Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Summary: The prospects of using whey and regional fruit raw materials in the production technology of alcoholic beverages are substantiated. The physicochemical parameters of the raw materials used in the production were studied. The influence of additional raw materials (whey, regional fruit raw materials, yeast) on sensory indicators, dry matter content and alcohol content in the finished product has been established.

Keywords: drinks, punch, whey, regional fruit raw materials.

Напитки играют важную роль в рационе питания человека. При этом российские потребители все больше отдают предпочтение продуктам с натуральным составом, без синтетических вкусо-ароматических добавок и консервантов, учитывают содержание сахара, крепость и полезные свойства напитка.

На фоне сложившейся геополитической ситуации и нарастающего санкционного давления многие виды напитков и сырья перестают ввозить из-за границы [1]. Все это ставит перед отечественными производителями новые задачи по развитию собственных технологически независимых направлений, повышению качества готовой продукции, обеспечению общеукрепляющих, профилактических свойств и расширению линейки производимых напитков в целом [2].

Одним из путей решения поставленных задач является совершенствование традиционных рецептур напитков за счет привлечения альтернативных национальных видов сырья и внедрения интенсивных наукоемких технологий.

Пунш – это один из древнейших и в то же время современных многокомпонентных напитков, содержащих экстракты растительного сырья. Родиной его считается Индия, где пунш готовили всего из пяти ингредиентов (алкоголя, сахара, лимонного сока, горячей воды и пряностей) и подавали горячим. В XIX веке этот напиток стал популярен в России, но помимо классического варианта исполнения, в нашей стране готовили также «пунш глясе», или охлаждённый пунш [3].

Алкольный рынок СССР был представлен 25 сортами пуншей со средней крепостью (17-18 % об. спирта), достаточно высоким содержанием сахаров, пряностей и экстрактов плодово-ягодного сырья. В Советские пунши заводского производства перед употреблением рекомендовалось добавлять горячий чай, горячую или газированную воду [4].

В рамках концепции по сохранению и укреплению здоровья населения, а также расширения ассортимента отечественных напитков, перспективным направлением является использование в рецептурах пуншей продуктов переработки регионального плодового сырья и молочной сыворотки. Такой подход позволит решить проблему комплексной переработки молочного сырья; обеспечить экологичность и экономическую эффективность производственного процесса, обогатить готовый напиток витаминами, макро- и микроэлементами, содержащимися в региональном плодовом сырье, получить освежающий ферментированный напиток, богатый лактобактериями.

Целью исследования являлось научное обоснование возможности использования молочной сыворотки и регионального плодового сырья (сок яблочный из районированных сортов Тамбовской области) в производстве алкольного напитка – пунш.

Для разработки рецептуры ферментированного напитка использовали следующие ингредиенты: молочная сыворотка, вода, региональное плодовое сырье (сок яблочный), тростниковый сахар, пряности (корица, ваниль и мускатный орех) и дрожжи.

Химический состав, вкус и аромат яблочного сока имеют важное значение в производстве напитков и напрямую зависят от района произрастания плодов, а также условий их созревания. Яблочный сок является источником витаминов, пектиновых волокон и активной клетчатки, минеральных элементов, органических кислот и углеводов [5].

Сок яблочный получали путем прямого отжима из сортов яблок, широко распространённых в Тамбовской области – бессемянка мичуринская, анис полосатый. Полученные образцы сока представляли собой мутную жидкость оранжево-коричневого цвета с приятным ароматом и винно-кисло-сладким десертным вкусом. Установлено, что образцы сока имели следующие физико-химические показатели: титруемая кислотность – 3,1 г/л (в расчете на безводную лимонную кислоту, pH 8,1); содержание сухих веществ 14,1 %; сахара – 10,9 %; содержание аскорбиновой кислоты – 11,7 мг/100 гр.

Молочная сыворотка является побочным продуктом, который отделяется после свёртывания молочного белка под действием кислот, образуемых

микроорганизмами, либо внесённых искусственно, или в результате воздействия протеолитических ферментов (сычужный фермент) в технологии производства сыров, творога и казеина. Она богата витаминами (РР, С, В2, В1, бета-каротин и др.) и минеральными веществами (калием, кальцием, фосфором, натрием, магнием и железом) [6].

Для производства модельных образцов использовалась подсырная несоленая молочная сыворотка со следующими физико-химическими показателями: Массовая доля сухих веществ – 5,3%; массовая доля белка – 0,5 %, титруемая кислотность - 19°Т

В рамках исследования в рецептуру пуншей вносили различные виды дрожжей: дрожжи для сидра Mangrove Jack's «Cider M02» (данный штамм активно ферментирует фруктозу, выделяя большие количества эфира), дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* (данный вид дрожжей хорошо усваивает сахара, выделяя углекислый газ и этанол), а также готовили образцы без их внесения.

Перед приготовлением пунша все ингредиенты подготавливали: сахар растворяли в воде, сюда же добавляли измельченные пряности; яблоки мыли, нарезали на кусочки, удаляя при этом сердцевину и семена, после чего отжимали сок. Все ингредиенты тщательно перемешивали. Далее напиток отправляли на ферментацию в течение 2-3 суток при комнатной температуре 18-20°С. В процессе ферментации проводили периодическое помешивание. Выстоявшийся напиток, насыщенный ароматами пряностей, отправляли на фильтрацию. Затем пунш выдерживали ещё в течение 1 суток без доступа кислорода при комнатной температуре 18-20°С для газации, после чего проводили оценку качества напитка.

Внешний вид образцов до фильтрации (рис. 1) и после фильтрации (рис. 2) представлены на рисунках.

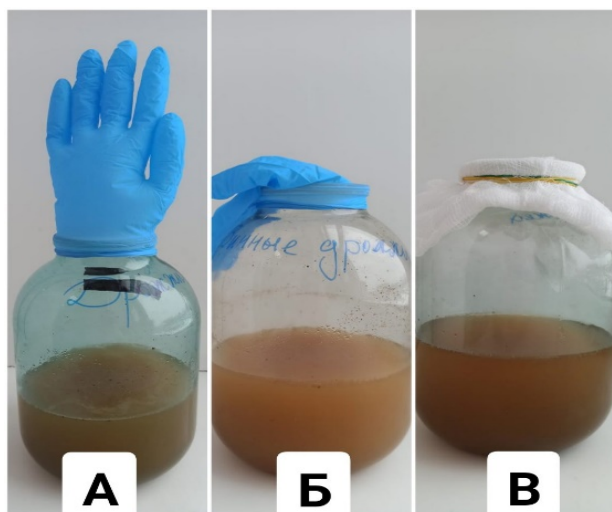


Рис. 1. Внешний вид напитокки после ферментации: а – с дрожжами для производства сидра, б – с винными дрожжами, в – без дрожжей

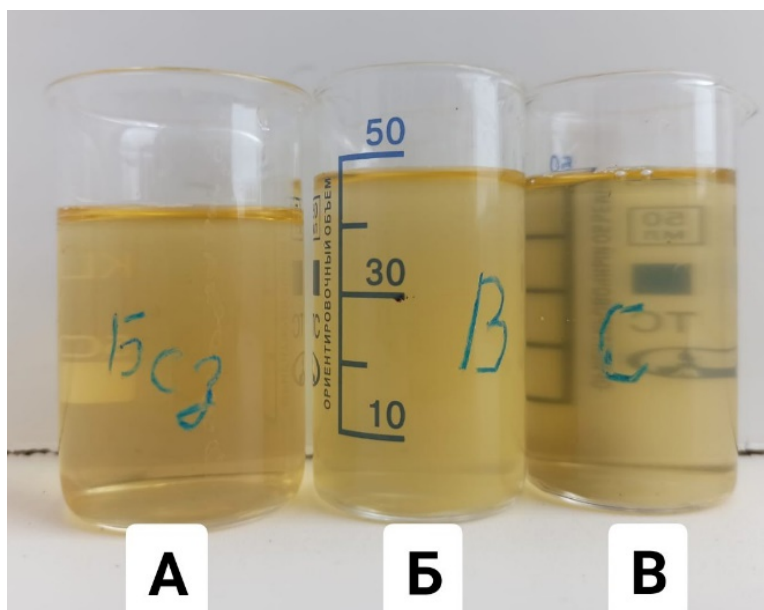


Рис. 2. Напиток после фильтрации: а – без дрожжей, б – с винными дрожжами, в – с дрожжами для производства сидра

Критериями оценки качества образцов пунша служили значения органолептических и физико-химических показателей (табл. 1).

Таблица 1

Показатели качества образцов

Показатель	Образец 1 (без дрожжей)	Образец 2 (дрожжи для производства сидра)	Образец 3 (винные дрожжи)
Внешний вид	Полупрозрачная светло-жёлтый жидкость	Полупрозрачная светло-жёлтый жидкость	Полупрозрачная светло-жёлтый жидкость
Вкус и аромат	Приятный яблочный аромат. Вкус: сладковатый, с привкусом корицы, без терпкости	Приятный яблочный аромат. Вкус: сладковато-терпкий с легкой кислинкой	Аромат корицы и мускатного ореха, Вкус: пряный сладковато-терпкий с легкой кислинкой
Содержание сухих веществ, %	12,4	11,3	11,2
Массовая доля спирта, %	0,61	1,32	1,36
Объемная доля спирта, %	0,82	1,77	1,82
Массовая доля действенного экстракта, %	16,43	15,86	15,57
Экстрактивность начального сусла, %	17,6	18,3	18,1

Полученные образцы имели качественно новые сенсорные показатели, обусловленные содержанием физиологически активных веществ сыворотки и яблочного сока, полученного на основе регионального плодового сырья. Напитки обладали приятным фруктово-сладковатым ароматом и вкусом. Сортные особенности используемых в производстве сока яблок, оказали влияние на состав ароматобразующих соединений готового напитка. Наилучшие органолептические показатели качества продемонстрировал второй образец.

Установлено, что добавление дрожжей приводит к росту доли спирта на 54...55% по сравнению с образцом, не содержащим дрожжевые клетки. При этом полученные напитки имеют низкое содержание алкоголя, тогда как в классическом пунше содержание спирта варьируется от 25 до 30 %.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о перспективности использования молочной сыворотки, дрожжей для производства сидра и регионального плодового сырья в технологии производства пуншей.

Список литературы

1. Шелехова, Н.В. Современное состояние и перспективы развития контроля качества алкогольной продукции /Н.В. Шелехова, Т.М. Шелехова, Л. И. Скворцова, Н.В. Полтавская // Пищевая промышленность. – 2019. – № 4. – С. 117–118.
2. Камчатова Е.Ю. Возможности применения ресурсного подхода при обеспечении технологического суверенитета промышленности РФ/ Е.Ю. Камчатова, М.Н. Муратова // Инновации и инвестиции. - 2023. №2. –С. 196-201.
3. Сокольский И. «Пунш, друзья мои, пунш и ничто иное...» /И. Сокольский // Наука и жизнь. — 2016. — № 12. — С. 118—123.
4. Герасимова В. А. Товароведение и экспертиза вкусовых товаров: Учебник для вузов / В.А. Герасимова, Е. С. Белокурова, А. А. Вытовтов —СПб.: Питер, 2005.— 416 с.
5. Сравнительный анализ свойств яблочного сока [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: <https://school-science.ru/1/13/29195>
6. Значение молочной сыворотки для здоровья человека [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014005062>

КЕФИР, ОБОГАЩЕННЫЙ ЭКСТРАКТОМ СУЛЬФОРАФАНА**В. В. Матыцина, Н. В. Баракова, К. А. Рухляда**

Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия
vikaamtcn@mail.ru

Аннотация: Представлены результаты исследований органолептических и физико-химических показателей кефира, обогащенного экстрактом сульфорафана, извлеченного из репы с применением ферментного препарата *Vegazym HC* в количестве 0.7 % от массы сырья. В сравнении с контрольным образцом, опытные образцы с внесенным экстрактом сульфорафана в количестве 15, 20, 25 % взамен количества молока обладали приятным привкусом и запахом крестоцветных, а образец с 30 % экстракта сульфорафана имел резкий вкус и запах. Все опытные образцы кефира набирали титруемую кислотность на протяжении всего срока хранения (5 дней) и по консистенции показали себя более стабильными, чем контрольный образец. Полученные данные имеют важное значение при разработке кефира, обогащенного экстрактом сульфорафана, для профилактики или в дополнение к лечению онкологических, нейродегенеративных заболеваний, диабета и ожирения.

Ключевые слова: ферментированные молочные продукты, кефир, крестоцветные овощи, сульфорафан, экстракция, ферментные препараты.

OBTAINING KEFIR ENRICHED WITH SULFORAPHANE EXTRACT**V. V. Matytcina, N. V. Barakova, K. A. Rukhlyada**

ITMO University, Saint-Petersburg, Russia
vikaamtcn@mail.ru

Abstract: The results of studies of organoleptic and physico-chemical parameters of kefir enriched with sulforaphane extract extracted from turnips using the enzyme preparation *Vegazym HC* in an amount of 0.7% by weight of raw materials are presented. In comparison with the control sample, the experimental samples with the added sulforaphane extract in the amount of 15, 20, 25% instead of the amount of milk had a pleasant taste and smell of cruciferous, and the sample with 30% sulforaphane extract had a sharp taste and smell. All the kefir prototypes gained titratable acidity throughout the entire shelf life (5 days) and showed themselves more stable in consistency than the control sample. The data obtained are important in the development of kefir enriched with sulforaphane extract for the prevention or in addition to the treatment of oncological, neurodegenerative diseases, diabetes and obesity.

Keywords: fermented dairy products, kefir, cruciferous vegetables, sulforaphane, extraction, enzyme preparations.

Кефир – древний кисломолочный напиток родом с Кавказа, имеющий вязкую консистенцию и кислый вкус. Напиток может быть приготовлен из коровь-

его, овечьего, верблюжьего, козьего или другого вида молока, смешанного с кефирными грибами, которые обычно восстанавливаются после процесса ферментации [1]. Кефирные грибки – это симбиотическая закваска, содержащая молочнокислые бактерии наряду с дрожжами и уксуснокислыми бактериями [2].

Кефир полезен благодаря биологически активным соединениям в своем составе, таким как белки, липиды, витамины, минералы, аминокислоты и микроэлементы [3]. Кроме того, во время ферментации молока увеличивается содержание витаминов, фолиевой кислоты, кальция и аминокислот, образуются биологически активные соединения – пептиды и гетерополисахариды, придающие напитку антигипертензивную, антиоксидантную, антиаллергенную, противоопухолевую, противомикробную, противовоспалительную и снижающую уровень холестерина активность [4].

Возможность разработки обогащенных кефирных напитков представляет собой хорошую альтернативу обычному кефиру, с целью достижения в конечных напитках синергетических свойств, которые оказывали бы пользу здоровью человека [5]. Имеются исследования, доказывающие, что растительные экстракты, добавляемые к кефиру, могут улучшить его полезные свойства [6, 7, 8].

В связи с этим, использование растительных компонентов, например, экстракта сульфорафана, поможет добиться в функциональных кефирных напитках таких заданных полезных свойств, как антиоксидантные, противоопухолевые, противовоспалительные [9].

При получении растительных экстрактов важным показателем является максимальное извлечение биологически ценных веществ, содержащихся в клетках растений. Наиболее важным этапом в получении биологически активных веществ из природных источников является экстракция [10].

Наиболее распространенными традиционными методами извлечения биологически активных веществ из растений являются экстракция Сокслета, мацерация и гидродистилляция [11]. Основой первых двух методов является использование органических растворителей, которые могут генерировать опасные токсичные отходы. Последний метод – гидродистилляция – состоит из гидродиффузии, гидролиза и теплового разложения. При высокой температуре экстракции термолабильные химические вещества могут быть повреждены или разрушены.

Альтернативой для высвобождения биологически активных веществ из растительных клеток путем разрушения и экстракции клеток является использование ферментных препаратов [12].

Экстракция с применением ферментных препаратов является более экологически чистым подходом при извлечении полезных соединений, поскольку вместо органических растворителей используется вода и щадящий температурный режим [13]. Данный метод подходит для такого биологически активного вещества, как сульфорафан, так как на его стабильность влияют pH, температура, тепло, свет и кислород.

Сульфорафан является алифатическим изотиоцианатом, предшественник которого, глюкозинолат глюкорафанин, содержащийся в таких крестоцветных овощах, как брокколи, цветная капуста, капуста и репа. Биосинтез сульфорафана

происходит посредством реакции гидролиза, в которой участвует фермент мирозиназы, присутствующий в растениях, и который вместе с неактивной формой эозинофильного катионного белка приводит к образованию сульфорафана [14].

Сульфорафан является фитокомпонентом с антиоксидантным, противовоспалительным и антиапоптотическим действием. Основываясь на его полезных свойствах, сульфорафан исследовали при основных нейродегенеративных заболеваниях, включая болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона и рассеянный склероз [15]. Было доказано, что сульфорафан также предотвращает возникновение многих хронических заболеваний, таких как ожирение и диабет [16]. Было обнаружено, что сульфорафан, содержащийся в крестоцветных овощах, обладает химиопрофилактической активностью *in vitro* и *in vivo*. Он защищает клетки от канцерогенов окружающей среды, а также вызывает остановку роста или апоптоз в различных раковых клетках [17].

Обзор Verhoeven et al. о потреблении *Brassica* (капуста) и риске развития рака показал, что в 67 % всех исследований сообщалось об обратной связи между общим потреблением овощей *Brassica* и риском развития рака с разными очагами воспаления. Когортные исследования обнаружили наибольшую обратную связь между потреблением брокколи и риском развития нескольких видов рака, включая рак легких и желудка [18]. Cohen et al. продемонстрировали, что потребление овощей *Brassica* обратно связано с риском рака предстательной железы [19]. По данным различных источников организм человека должен получать от 0,5 до 1,2 мг/кг веса человека этого вещества перорально при профилактике онкологических заболеваний и диабета [20]. В другом исследовании, где изучали действие сульфорафана на линии клеток рака яичника мыши С3 и Т3 было выявлено, что терапевтическая доза, обеспечивающая апоптоз-индуцирующее действие, составляет 25 мг на 100 г обогащенного продукта [21].

При обогащении продуктов питания растительными экстрактами, содержащими биологически активные вещества, важно понимать, насколько могут измениться органолептические и физико-химические показатели продукта.

Целью данной работы являлось: исследование влияния экстракта сульфорафана из репы на физико-химические и органолептические показатели кефира.

Материалы и методы.

В качестве источника сульфорафана использовали репу – доступный источник глюкозинолатов в широтах России. При получении экстракта, для увеличения выхода сульфорафана из репы использовали ферментный препарат пектолитического действия Vegazym HC от «ERBSLÖH» Geisenheim (Германия), который является специфическим пектиназным комплексом для овощей.

Для эксперимента использовалось молоко “SPAR” 3,2%, пастеризованное (производитель АО “Павловский молочный завод”), изготовленное по ГОСТ 31450-2013.

Для сквашивания молока использовали сухую бактериальную закваску на кефирных грибах (*Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. cremoris*, *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris*, *Kluyveromyces marxianus*) от производителя ООО “Иван поле”.

Содержание сульфорафана в сырье и экстрактах определяли по методу Осина [22]. Методика определения включала: растворение сухого порошка концентрированной щелочью для сульфидирования; добавление концентрированной соляной кислоты для образования сероводорода; перегонка смеси в колбе с абсорбером. Количество поглощенного сероводорода определяли йодометрическим методом.

Репу измельчали на терке с отверстиями диаметром 5 мм. Для интенсификации процесса экстрагирования сульфорафана осуществляли обработку измельченной репы ферментным препаратом Vegazym HC в количестве 0,7 % от массы сырья.

Ферментативную обработку измельченной репы проводили на водяной бане при температуре 60 °C в течение 60 мин. Сушку мезги осуществляли на дегидраторе при температуре 60 °C до массовой доли влаги 15 % и измельчали. Для приготовления водных экстрактов сульфорафана 20 г измельченной высушенной репы (мезгу) помещали в стерильные колбы Эрленмейера вместимостью 250 мл, наполненные дистиллированной водой, и выдерживали в термостате в течение 24 ч при температуре 30 °C при постоянном перемешивании с помощью магнитной мешалки. Полученный водный экстракт фильтровали под вакуумом через бумажный фильтр в керамической воронке Бюхнера и собирали в колбу Бунзена на 500 мл.

В образцы коровьего молока добавляли экстракт сульфорафана в количестве 15, 20, 25 и 30 % взамен количества используемого молока и закваску в количестве 0,3 г на 100 мл молока и сквашивали в течение 24 ч при 30 °C в термостате до достижения нормальной для кефира титруемой кислотности 85-130 Т°. После чего образцы охлаждали в течение 2-х часов в холодильнике при $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ и определяли органолептические и физико-химические показатели по ГОСТ 31454-2012 “Кефир. Технические условия”. Титруемую кислотность определяли по ГОСТу 3624-92 и ГОСТу 32892-2014. Органолептические показатели опытных образцов оценивали в соответствии с ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011 и выражали в баллах от 1 до 5. Структурно-механические показатели полученного кефира и их изменение в процессе хранения определяли на ротационном вискозиметре Visco Basic Plus при числе оборотов шпиндель R2 -20 об/мин.

Результаты и обсуждение.

По окончании ферментации контрольный образец имел молочно-белый цвет, однородную консистенцию с небольшим количеством пузырьков газа, вызванных действием микрофлоры кефирных грибков. Вкус и запах напитка были чистыми, кисломолочными, без посторонних привкусов и запахов, кефир имел слегка острый привкус. Образцы с внесенной дозой сульфорафана 15-25% обладали молочным цветом, имели однородную консистенцию, вкус и запах были кисломолочными с выраженным запахом и приятным привкусом крестоцветных, с увеличением дозы вносимого экстракта вкус и запах становились интенсивнее, но все еще оставались приятными.

Образец с внесенной дозой сульфорафана 30% обладал молочным цветом, равномерным по всему объему. Кефир имел жидкую неоднородную консистенцию, обладал резкими вкусом и запахом крестоцветных.

Балльную оценку органолептических показателей проводили комиссией экспертов в составе 4 человек. Средняя органолептическая оценка ферментированного напитка с добавлением экстракта сульфорафана и контрольного образца представлена в таблице 1.

Таблица 1

Средняя органолептическая оценка ферментированного напитка с добавлением экстракта сульфорафана и без добавления экстракта

Наименование образца	Средний балл
Кефир без добавления экстракта сульфорафана	4,92
Кефир с добавлением 15% экстракта сульфорафана	4,0
Кефир с добавлением 20% экстракта сульфорафана	3,75
Кефир с добавлением 25% экстракта сульфорафана	3,67
Кефир с добавлением 30% экстракта сульфорафана	3,0

Из таблицы следует, что внесение экстракта сульфорафана приводит к изменению вкуса и запаха кефира, к снижению среднего балла за органолептическую оценку продукта.

Основным физико-химическим показателем кефира является значение титруемой кислотности – ее накопление в процессе ферментации и сохранение этого показателя на протяжении всего срока годности (для кефира рекомендуемый срок хранения 7-10 дней). По окончании ферментации (на начало хранения образцов напитков) количество титруемой кислотности в образцах с добавлением сульфорафана увеличилось в среднем на 18 %. Во всех образцах – с внесением экстракта сульфорафана и без него, в процессе хранения напитков титруемая кислотность повышается на протяжении всего срока хранения готовых напитков в холодильнике. Титруемая кислотность опытных образцов уменьшается с увеличением количества вносимого экстракта.

Важными показателями кефира являются его реологические показатели, в том числе вязкость напитка. Влияние экстракта сульфорафана на изменение коэффициента динамической вязкости в процессе хранения готовых напитков в холодильнике при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 5 дней представлено на рис. 1.

Из графиков следует, что по окончании ферментации (на начало хранения образцов напитков) внесение экстрактов сульфорафана привело к снижению коэффициента динамической вязкости продукта в 2, в 4 и более, чем в 7 раз. Из графиков также следует, в контрольном образце за время хранения коэффициент динамической вязкости снизился с 1200 мПа*с до 150 мПа*с, то есть почти в 8 раз. Это связано с нарушением структуры кефира и отделения сгустка от сыворотки. Изменение же коэффициента динамической вязкости в образцах с добавлением экстракта сульфорафана происходило незначительно, менее чем в 2 раза, то есть по консистенции кефир с экстрактом сульфорафана оставался более стабильным.

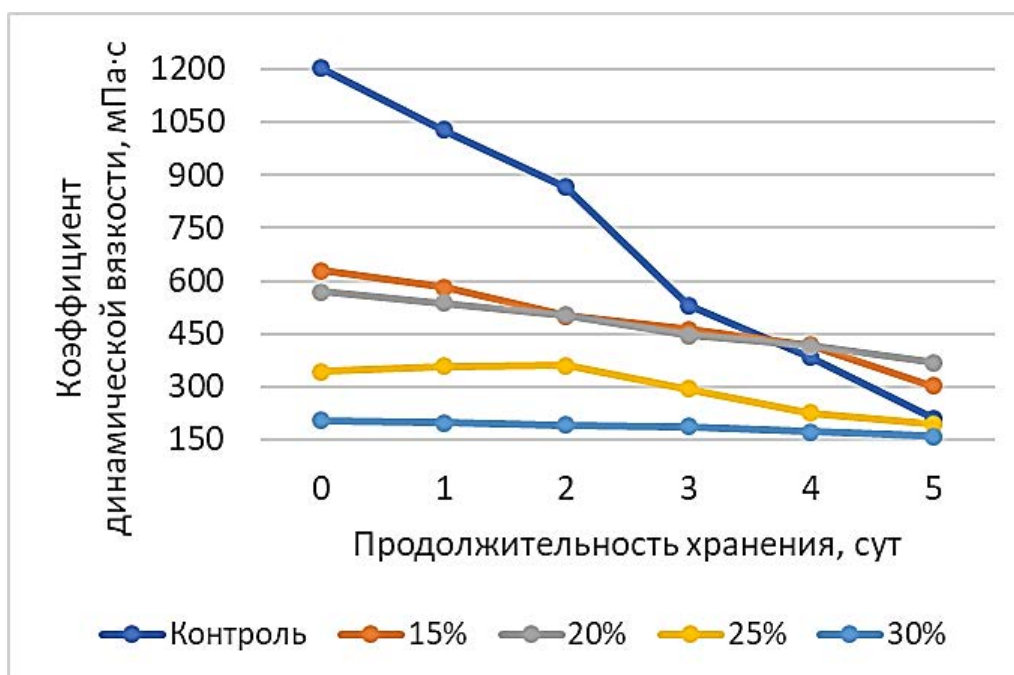


Рис. 1. Изменение коэффициента динамической вязкости кефира в процессе хранения при температуре $4\pm 2^{\circ}\text{C}$

Изменение органолептических показателей напитка в процессе хранения представлено на профилограммах. По результатам органолептической оценки от 4 экспертов были составлены профилограммы (рис.2, рис.3, рис.4, рис.5), по которым можно судить об изменении органолептических показателей в течение эксперимента. В процессе хранения образцов кисломолочного напитка ухудшение органолептических показателей отмечено на 4 сутки.

По исследуемым органолептическим и физико-химическим показателям кефира самые неудовлетворительные результаты продемонстрировал образец с количеством внесенного экстракта сульфарафана в количестве 30% взамен молока.



Рис. 2. Профилограмма продукта с разным количеством вносимого наполнителя (экстракта сульфарафана) и контрольного образца сразу после сквашивания и охлаждения



Рис. 3. Профилограмма продукта с разным количеством вносимого экстракта сульфорафана и контрольного образца на 1-3 день хранения



Рис. 4. Профилограмма продукта с разным количеством вносимого экстракта сульфорафана и контрольного образца на 4 сутки хранения



Рис. 5. Профилограмма продукта с разным количеством вносимого экстракта сульфорафана и контрольного образца на 5 сутки хранения

Однако, остальные опытные образцы все равно обладали ярко выраженными ароматом и привкусом крестоцветных, поэтому в дальнейшем планируется подобрать вкусоароматический компонент для приглушения вкуса и запаха экстракта сульфорафана.

Кефир с экстрактом сульфорафана можно рекомендовать для профилактики или в дополнение к лечению онкологических, нейродегенеративных заболеваний, диабета и ожирения благодаря антиоксидантным, противовоспалительным и антиапоптотическим свойствам сульфорафана.

Список литературы

1. Farag M. A. et al. The many faces of kefir fermented dairy products: Quality characteristics, flavour chemistry, nutritional value, health benefits, and safety //Nutrients. – 2020. – Т. 12. – №. 2. – С. 346.
2. Prado, M.R.; Blandón, L.M.; Vandenberghe, L.P.S.; Rodrigues, C.; Castro, G.R.; Thomaz-Soccol, V.; Soccol, C.R. Milk kefir: Composition, microbial cultures, biological activities, and related products. *Front. Microbiol.* 2015, 6, 1–10.
3. Bourrie, B.C.T.; Richard, C.; Willing, B.P. Kefir in the Prevention and Treatment of Obesity and Metabolic Disorders. *Curr. Nutr. Rep.* 2020, 9, 184–192.
4. Kim, D.H.; Jeong, D.; Kim, H.; Seo, K.H. Modern perspectives on the health benefits of kefir in next generation sequencing era: Improvement of the host gut microbiota. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2019, 59, 1782–1793.
5. Marhamatizadeh, M.H.; Afrasiabi, S.; Rezazadeh, S.; Marhamati, Z. Effect of spearmint on the growth of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in probiotic milk and yogurt. *Afr. J. Food Sci.* 2011, 13, 747–753.
6. Perna, A.; Simonetti, A.; Gambacorta, E. Phenolic content and antioxidant activity of donkey milk kefir fortified with sulla honey and rosemary essential oil during refrigerated storage. *Int. J. Dairy Technol.* 2019, 72, 74–81.
7. Setiyoningruma, F.; Priadi, G.A.F. Supplementation of ginger and cinnamon extract into goat milk kefir. *AIP Conf. Proc.* 2019, 2175, 020069.
8. Wulansari, P.D.; Rahayu, N. Composition of Cow Milk Kefir Enriched with Ginger Extract (*Zingiber officinale*). *J. Livest. Sci. Prod.* 2019, 3, 193–198.
9. Yépez, A.; Russo, P.; Spano, G.; Khomenko, I.; Biasioli, F.; Capozzi, V.; Aznar, R. In situ riboflavin fortification of different kefir-like cereal-based beverages using selected Andean LAB strains. *Food Microbiol.* 2019, 77, 61–68.
10. Carrasco-Sandoval, J.; Rebolledo, P.; Peterssen-Fonseca, D.; Fischer, S.; Wilckens, R.; Aranda, M.; Henríquez-Aedo, K. A Fast and Selective Method to Determine Phenolic Compounds in Quinoa (*Chenopodium Quinoa Will*) Seeds Applying ultrasound-assisted Extraction and high-performance Liquid Chromatography. *Chem. Pap.* 2021, 75(1), 431–438.
11. Blicharski, T.; Oniszczyk, A. Extraction Methods for the Isolation of Isoflavonoids from Plant Material. *Open Chem.* 2017, 15, 34–45.
12. Yang, X.; Zhang, Y.; Pang, H.; Yuan, S.; Wang, X.; Hu, Z.; Zhou, Q.; He, Y.; Yan, Y.; Xu, L. Codisplay of *Rhizopus Oryzae* and *Candida Rugosa* Lipases for Biodiesel Production. *Catal.* 2021, 11(4).
13. Costa, Joana R., et al. "Valorization of agricultural lignocellulosic plant byproducts through enzymatic and enzyme-assisted extraction of high-value-added compounds: A Review." *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 8.35 (2020): 13112-13125.

14. Vanduchova, A.; Anzenbacher, P.; Anzenbacherova, E. Isothiocyanate from Broccoli, Sulforaphane, and Its Properties. *J. Med. Food* 2019, 22, 121–126.
15. Schepici G., Bramanti P., Mazzon E. Efficacy of sulforaphane in neurodegenerative diseases // *International journal of molecular sciences*. – 2020. – Т. 21. – №. 22. – С. 8637.
16. Sun Y. et al. Simulated Digestion and Fermentation In Vitro by Obese Human Gut Microbiota of Sulforaphane from Broccoli Seeds // *Foods*. – 2022. – Т. 11. – №. 24. – С. 4016.
17. Zhang Y. et al. Sulforaphane suppresses skin squamous cell carcinoma cells proliferation through miR-199a-5p/Sirt1/CD44/ICD signaling pathway // *Immunopharmacology and Immunotoxicology*. – 2023. – Т. 45. – №. 1. – С. 52-60.
18. Ye L. et al. Quantitative determination of dithiocarbamates in human plasma, serum, erythrocytes and urine: pharmacokinetics of broccoli sprout isothiocyanates in humans // *Clinica chimica acta*. – 2002. – Т. 316. – №. 1-2. – С. 43-53.
19. Fimognari C., Hrelia P. Sulforaphane as a promising molecule for fighting cancer // *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*. – 2007. – Т. 635. – №. 2-3. – С. 90-104.
20. de Souza C. G. et al. Metabolic effects of sulforaphane oral treatment in streptozotocin-diabetic rats // *Journal of medicinal food*. – 2012. – Т. 15. – №. 9. – С. 795-801.
21. Tortorella S. M. et al. Dietary sulforaphane in cancer chemoprevention: the role of epigenetic regulation and HDAC inhibition // *Antioxidants & redox signaling*. – 2015. – Т. 22. – №. 16. – С. 1382-1424.
22. Осик Н. С., Попов П. С., Бородулина А. А. Способ определения глюкозинолатов в семенах крестоцветных. – 1988.

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА С СОЛОДОВЫМ ЭКСТРАКТОМ

И. Ч. Нургелдиев, Е. В. Петухова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
iskandernurgeldiyev@gmail.com

Аннотация: С целью разработки технологии получения кисломолочного напитка с солодовым экстрактом осуществляли подбор оптимальной концентрации растительной добавки для получения продукта с лучшими органолептическими свойствами. Для выявления влияния добавки на скорость протекания микробиологических процессов изучали динамику кислотообразования с течением времени. Результаты исследований показали сокращение процесса сквашивания на 30 минут в опытных вариантах с используемыми концентрациями солодового экстракта, по сравнению с контролем, и улучшение органолептических свойств готового продукта.

Ключевые слова: кисломолочный напиток, солодовый экстракт, растительная добавка, кислотность, технология.

OBTAINING A FERMENTED MILK DRINK WITH MALT EXTRACT

I. Nurgeldiyev, E. V. Petukhova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: In order to develop a technology for obtaining a fermented milk drink with malt extract, the optimal concentration of a herbal supplement was selected to obtain a product with better organoleptic properties. To identify the effect of the additive on the rate of microbiological processes, we studied the dynamics of acid formation over time. The research results showed a reduction in the fermentation process by 30 minutes in experimental variants with the concentrations of malt extract used, compared with the control, and an improvement in the organoleptic properties of the finished product.

Keywords: fermented milk drink, malt extract, herbal supplement, acidity, technology.

Для улучшения органолептических показателей готового продукта, таких как вкус, цвет, аромат, консистенция, а также обогащения витаминами и биологически активными веществами в рецептуру кисломолочных напитков можно вводить добавки растительного происхождения. Растительное сырье имеет высокую доступность, и может обладать уникальным химическим составом благодаря содержащимся в нем веществам: витаминам, алкалоидам, флавоноидам, кумаринам, эфирным маслам и т.д. [1].

Так введение сока калины в концентрации 5 % к объему молока в технологию производства кефира способствует активизации молочнокислых бактерий и

дрожжей во время сквашивания смеси и дрожжей во время созревания напитка и позволяет получить продукт с хорошими органолептическими показателями [2]. Повышение биологической ценности напитка с соком калины обусловлено химическим составом плодов этого растения, а именно комплексом биологически активных веществ, таких как, гликозиды, фенольные соединения, полисахариды, сахара, органические кислоты, масла, витамины, 3 макроэлемента и 21 микроэлемент [3]. Введение клубничного сиропа, томатного сока и плодоовощного пюре в технологию получения кисломолочного напитка на основе сыворотки с применением кефирной закваски улучшает органолептические показатели продукта, в частности укрепляет связь с сывороткой [4]. Применение сиропа из цветов одуванчика и липы в технологии кефирного напитка придает ему функциональные свойства за счет обогащения витаминами А и С [5]. Введение сока черной смородины или сиропа Melissa и Stevia в рецептуру пахты способствует увеличению содержания кальция, магния, фосфора и витамина С в готовом продукте и позволяет получить напиток с низкой энергетической ценностью [6]. Совместное использование экстрактов шиповника и Stevia в определенном количестве приводит к сокращению процесса сквашивания на 2 часа, по сравнению с контролем, а также улучшению вкусовых, ароматических и биологических свойств полученного кефира [7]. Введение в кисломолочные продукты растительных компонентов также может улучшать структурно-механические свойства напитка, стабилизировать сгусток и сохранить консистенцию в процессе его хранения.

Перспективным растительным сырьем является солодовый экстракт. Экстракт ячменя содержит до 56-67 % легкоусвояемых углеводов; 15 незаменимых аминокислот; флавоны, стерины, дубильные вещества; витамины: В1, В2, пантотеновая кислота, В6, биотин, РР, С; растительные гормоны, ауксины. Ячменно-солодовый экстракт богат калием, фосфором, железом, марганцем, селеном, цинком. В составе экстракта присутствует комплекс ферментов, в составе которого α - и β - амилазы, протеазы, пептидазы, мальтаза, фитаза, каталаза, пероксидаза, оксидаза и дегидразы [8].

Целью работы является разработка технологии получения кисломолочного напитка с солодовым экстрактом.

В работе использовали закваску бактериальную ЛТс, солодовый концентрат (экстракт) ячменный хлебопекарный и пастеризованное молоко 1,5 % жирности. Солодовый концентрат и молоко дополнительно подвергали кратковременной высокотемпературной пастеризации.

Видовой состав закваски бактериальной ЛТс: *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Streptococcus thermophiles*.

Состав солодового концентрата (экстракта) ячменного хлебопекарного: солод ячменный – 70 %, вода – 30 %. Пищевая ценность 100 г: углеводы - 65 г, белки - 5 г. Энергетическая ценность 280 ккал (1210 кДж).

Приготовление закваски. Подготовку закваски осуществляли на 1,5 % пастеризованном молоке в концентрации 0,1 %. После перемешивания закваску выдерживали 1 час при температуре 40 °С, затем снова перемешивали и далее инкубировали при этой же температуре до нарастания кислотности 70-72 °Т.

Контрольный вариант. В пастеризованное молоко 1,5 % жирности вносили закваску в концентрации 5 % от объема молока. Смесь инкубировали при температуре 40 °С до достижения кислотности сквашивания.

Опытные варианты. В пастеризованное молоко 1,5 % жирности вносили закваску в концентрации 5 % от объема молока и солодовый экстракт в концентрациях 0,1 %, 0,5 %, 1 %, 2 % и 3 % от объема смеси. Смесь инкубировали при температуре 40 °С до достижения кислотности сквашивания.

Через каждые 30 минут осуществляли визуальный контроль за образованием сгустка. После сквашивания контрольный и опытные варианты перемешивали, охлаждали до температуры 14 °С и выдерживали напиток при данной температуре в течение 12 часов для созревания. Затем проводили органолептическую оценку готового продукта и определяли кислотность.

Параллельно проводили инкубирование контрольного варианта и опытных вариантов с концентрациями экстракта 0,1 %, 1 %, и 3 % с целью выявления динамики нарастания кислотности смеси. Отбор проб осуществляли каждые 30 минут до образования сгустка.

Результаты по оценке органолептических свойств готового продукта и кислотности напитка до и после созревания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Органолептическая оценка готового продукта и кислотность напитка до и после созревания

Характеристика	Контроль	Опыт 0,1 %	Опыт 0,5 %	Опыт 1 %	Опыт 2 %	Опыт 3 %
Цвет	Молочный	Молочный	Легкий оттенок кремового	Кремово-белый	Кремово-бежевый	Темно-кремовый
Сгусток	Плотный	Плотный	Слегка неоднородный	Плотный	Плотный, неоднородный	Плотный
Консистенция	Тягучая	Немного тягучая	Тягучая	Тягучая, жидкая	Менее тягучая	Тягучая
Запах	Ароматный	Ароматный	Ароматный	Ароматный	Ароматный	Ароматный
Вкус	Кисло-молочный	Кисловатый	Кисловатый	Приятный	Приятный с легким привкусом экстракта	Приятный, выраженный привкус экстракта
Кислотность, °Т (после сквашивания)	80	85	85	80	85	85
Время сквашивания, час	3.5	3	3	3	3	3
Кислотность, °Т (после созревания)	88	88	95	95	90	90

Как видно из представленных результатов, сквашивание молочно-растительной смеси в опытных вариантах наблюдалось через 3 часа инкубирования, а

молочной смеси в контрольном варианте - через 3,5 часа. Таким образом, внесение солодового экстракта даже в небольшой концентрации 0,1 % стимулировало процесс сквашивания.

Все образцы с солодовым экстрактом имели хорошие органолептические свойства. Введение растительной добавки придавало продукту кремовый цвет в различных оттенках в зависимости от применяемой концентрации, аромат и приятный привкус экстракта.

В процессе созревания наблюдалось дальнейшее увеличение кислотности, как в контрольном, так и в опытных вариантах. Образцы с 0,5 % и 1 % экстракта имели повышенную кислотность по сравнению с другими вариантами.

Динамика накопления кислотности с течением времени представлена на рисунке 1.

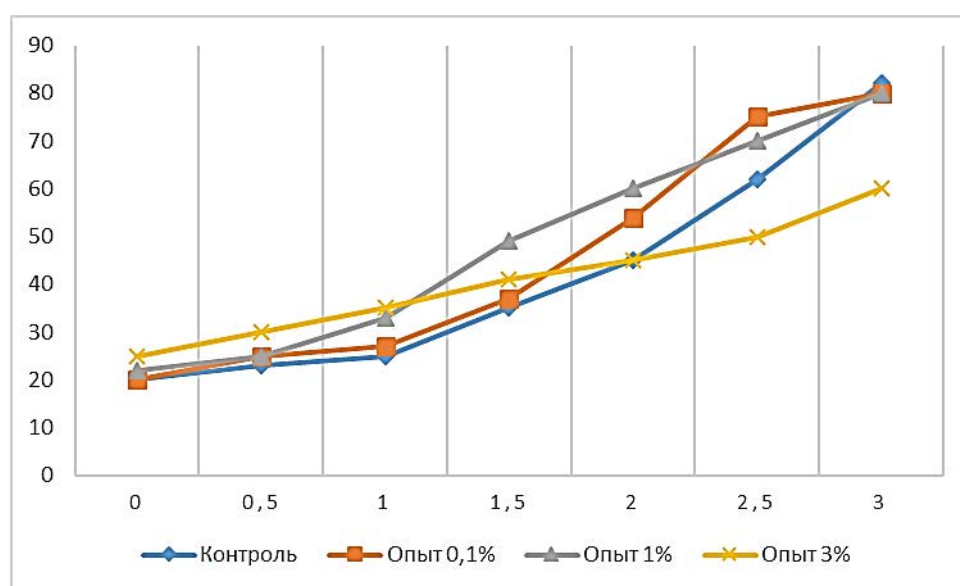


Рис. 1. Изменение кислотности сквашиваемой смеси в течение времени

Как видно из рисунка, в опытных вариантах с концентрациями экстракта 0,1 % и 1 % период интенсивного накопления наблюдался после часа инкубирования. Опытные варианты опережали контрольный вариант на 30 минут по достижению кислотности сквашивания.

В опытном варианте с 3 % экстракта наблюдалось плавное нарастание кислотности, и к 3 часам достигалась только кислотность сквашивания - 60 °Т. Полученные результаты не согласуются с данными, представленными в таблице 1. Расхождение результатов можно объяснить периодическим отбором проб, при котором происходило перемешивание смеси, что возможно нарушило процесс образования сгустка и повлияло на бродильную активность заквасочной микрофлоры при концентрации солодового экстракта 3 %.

Таким образом, применение солодового экстракта в концентрациях от 0,1 % до 3 % процентов является целесообразным в технологии получения кис-

ломолочного напитка. Введение растительной добавки в технологический процесс способствует сокращению процесса сквашивания и улучшает органолептические показатели готового продукта.

Список литературы

1. Голубева Л.В. Новый кисломолочный продукт с вкусовыми компонентами растительного происхождения / Л.В. Голубева, О.И. Долматова, Е.А. Пожидаева, А.Г. Гребенкина, Е. И. Зыгалова, Ю.Г. Медко // Журнал: Пищевая промышленность. – 2016. – №12. – 3 с.
2. Петухова Е.В. Изучение влияния сока калины на микрофлору кефирной закваски / Е.В. Петухова, А.Ю. Крыницкая // Бутлеровские сообщения. – 2022. – Т.71. – №9. – С. 96-104. ROI: jbc-01/22-71-9-96
3. Андреева В.Ю. Изучение элементного состава плодов калины обыкновенной и рябины обыкновенной различными современными методами. / В.Ю. Андреева, Н.В. Исайкина, Т.Н. Цыбукова, Е.В. Петрова. // Химия растительного сырья. – 2016. – №1. – С.177-180. DOI: 10.14258/jcprm.201601893
4. Долматова О.И. Использование экстракта дикорастущих трав при производстве кисломолочного напитка / О.И. Долматова, Е.А. Пожидаева А.Г. Гребенкина // Журнал: Пищевая промышленность. – 2017. – №12 – 26-28 с.
5. Васильева А.А. Использование растительных экстрактов для улучшения вкусоароматических свойств кефира / А.А. Васильева, Е.Ю. Захарчук, Т.М. Панова // Журнал: Вестник ПНИПУ. – 2019. – №4. – 12 с.
6. Петрова Л.А. Перспективы использования плодов калины в производстве пищевых продуктов / Л.А. Петрова, Л.А. Пашкевич // Журнал: Вестник ОРЕЛГИЭТ. – 2017. – 6 с.
7. Шibaева М.И. Влияние растительных компонентов на потребительские свойства кисломолочного напитка / М.И. Шibaева, О.П. Серова, А.Д. Бочкарева // Журнал: Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. – №1. – 2020. – 632-637 с.
8. Патент RU 2494632 С 1 Способ получения кисломолочного напитка. Оpubл. 10.10.2013. Бюл. №28

ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТОВ *TRICHAPTUM ABIETINUM*

К. С. Печникова, М. А. Сысоева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
kseniya2806@gmail.com

Аннотация: Проведён анализ научной литературы для оценки состава ферментов гриба *Trichaptum abietinum* с целью определения экономической целесообразности его применения. Было установлено, что гриб накапливает такие ферменты как лакказа, марганцевая пероксидаза, β -глюкозидаза и ксиланаза. Показано, что ферменты *Trichaptum abietinum* активно применяются в пищевой промышленности, целлюлозно-бумажной, медицинской и косметической отраслях.

Ключевые слова: *Trichaptum abietinum*, лакказа, марганцевая пероксидаза, β -глюкозидаза, ксиланаза, ферменты, применение.

APPLICATION OF *TRICHAPTUM ABIETINUM* ENZYMES

K. S. Pechnikova, M. A. Sysoeva

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: The analysis of scientific literature has been carried out to assess the composition of enzymes of the fungus *Trichaptum abietinum* in order to determine the economic feasibility of its use. It was found that the fungus accumulates enzymes such as laccase, manganese peroxidase, β -glucosidase and xylanase. It has been shown that *Trichaptum abietinum* enzymes are actively used in the food industry, pulp and paper, medical and cosmetic industries.

Keywords: *Trichaptum abietinum*, laccase, manganese peroxidase, β -glucosidase, xylanase, enzymes, application.

Trichaptum abietinum – несъедобный однолетний гриб, образующий в природе плодовое тело. Его можно встретить в хвойных и смешанных лесах, где он растёт на мёртвой древесине хвойных пород. Шляпки зонально окрашены в зеленовато-коричневые тона с лиловой или розовато-сиреневой полосой по краю, в сухую погоду шляпки могут выцветать до белых. Вид широко распространён. Период его активного роста с весны до поздней осени. Растёт *T. abietinum* многочисленными группами, рядами или ярусами. От сходного вида, трихаптума буро-фиолетового (*T. fuscoviolaceum*) отличается трубчатым гименофором [1].

При культивировании гриба в лабораторных условиях на твёрдых средах гриб образует плотный белый или желтовато-белый мицелий. Чаще *T. abietinum* культивируют на жидких средах с солодовым экстрактом (МЕ) для получения ферментов, или на твёрдых средах с добавлением древесины для аналогичной цели. Оптимальный рост гриба наблюдается при температуре 30°C, что отличает

его, например, от грибов вида *Kuehneromyces mutabilis*, для которых оптимальная температура составляет 20°C [2]. *T. abietinum* является быстрорастущим, поэтому промышленное получение его метаболитов представляет больший интерес по сравнению с такими культивируемыми грибами, как *Armillaria cepistipe*, *Peniophora limitata*, *Resinicium bicolor* и других долго растущих грибов.

Целью работы является выявление перспектив применения ферментов гриба *Trichaptum abietinum* в различных отраслях промышленности.

Хотя данный гриб является несъедобным он представляет интерес для культивирования, так как накапливает такие ферменты как лакказа, марганцевая пероксидаза, β -глюкозидаза и ксиланаза.

Лакказа является представителем класса оксидоредуктаз, она катализирует реакции окисления различных фенольных и некоторых нефенольных субстратов. Физиологические функции лакказы разнообразны, например, она разлагает лигнин, а также производит биосинтез лигнина в клеточной стенке. Лакказу применяют в пищевой промышленности, главным образом для стабилизации алкогольных и безалкогольных напитков, вместе с этим фермент используют для повышения качества теста и хлебобулочных изделий. Лакказу можно применять в фармации для синтеза новых лекарственных средств – циклоспоринов, антиоксидантов [3]. Все больший интерес лакказа представляет для косметической промышленности в качестве катализатора окисления в красках для волос. Краски для волос с лакказами в рецептуре обладают более слабым раздражающим действием, нежели краски на основе пероксида водорода и фенилендиаминов [4].

Было проведено сравнение лакказ выделенных из грибов *Fomitopsis pinicola*, *Trichaptum abietinum* и *Phlebia radiata*. Показано, что на древесной среде wood-LNAS активность лакказы штамма *T. abietinum* FBCC0110 превосходит по активности ферментов грибов *F. pinicola* FBCC1181 и *P. radiata* FBCC0043. По мере увеличения времени ферментативной реакции активность лакказ *T. abietinum* FBCC1181 была максимальной на третьей неделе и составляла 150 МЕ/л, в то время как активность у *P. radiata* FBCC0043 была только 60 МЕ/л [5].

Марганцевая пероксидаза представляет собой лигнолитический фермент, который продуцирует большинство дереворазрушающих грибов. Фермент представляет собой гем-содержащий гликопротеин и способен окислять разнообразные фенольные субстраты. Этот фермент широко применяется при утилизации промышленных отходов [6]. Проводятся исследования о применении фермента в других отраслях, таких как медицина и биотехнологии.

При исследовании штаммов грибов *T. abietinum* FBCC0110, *F. pinicola* FBCC1181 и *P. radiata* FBCC0043 на активность марганцевой пероксидазы были использованы твердая древесная и солодовая среды. Активность этого фермента у грибов *P. radiata* достигала 34,8 МЕ/л, а у *T. abietinum* 17,4 МЕ/л на среде wood-LNAS на третьей неделе культивирования [5]. При культивировании на среде МЕА активность марганцевой пероксидазы наблюдалась только на втором и третьем месяце, составляя 1,75 нкат/г*dw у *T. abietinum* FBCC0110 и 4 нкат/г*dw у *P. radiata* FBCC0043 [7]. Следовательно, для получения этого фермента выгоднее использовать твёрдую древесную среду wood-LNAS.

Установлено, что гриб *T. abietinum* содержит так же, такие ферменты как β -глюкозидаза и ксиланаза. Фермент β -глюкозидаза катализирует гидролиз β -гликозидной связи в олигосахаридах. Он принимает участие в процессе активации и дезактивации фитогормонов, а также в процессах лигнификации. Ферментативные биокатализаторы вызывают растущий интерес из-за их селективности и специфичности, кроме того, они имеют высокую эффективность в мягких условиях. Фермент используют в различных биотехнологических процессах, например, β -глюкозидазы бифидобактерий применяют для ферментации соевого молока, они улучшают питательные свойства и превращает изофлавоновые гликозиды в агликоны с высокой биодоступностью. Фермент, выделенный из молочнокислых бактерий, улучшает пищевую ценность и функциональные характеристики пищи [8].

Ксиланаза представляет собой фермент, разлагающий линейный полисахарид ксилан, один из основных компонентов клеточных стенок растений, на ксилозу. Фермент широко применяется в промышленности для отбеливания древесной массы без хлора перед процессом производства бумаги, а также в качестве добавки для улучшения перевариваемости птичьего и свиного корма. В пищевой промышленности ксиланазу используют для улучшения пекарных свойств муки и для осветления фруктовых соков и вин [9].

При анализе ферментативной активности β -глюкозидаз и ксиланаз грибов *T. abietinum* FBCC0110, *F. pinicola* FBCC1181 и *P. radiata* FBCC0043 на твёрдой среде wood-LNAS только ферменты гриба *F. pinicola* проявили высокую активность. Ферментативная активность β -глюкозидаз и ксиланаз гриба *T. abietinum* FBCC0110 была ниже и составляла на восьмой неделе культивирования β -глюкозидазы – 2,4 МЕ/л, а ксиланазная активность была максимальной на третьей неделе составляя 30 МЕ/л [5].

Таким образом, проведённый анализ научной литературы показал возможность культивирования *Trichaptum abietinum* с получением ферментов, таких как лакказа, марганцевая пероксидаза, ксиланаза и β -глюкозидаза. Обосновано их применение в целлюлозно-бумажном производстве, косметической, фармацевтической, биотехнологической и пищевой промышленности.

Список литературы

1. Светлова Т. В. Трутовики и другие деревообитающие афиллофоровые грибы. Часть 1 [Электронный ресурс] / Т. В. Светлова, И. В. Змитрович – Режим доступа: <http://mycoweb-stv.ru/aphyllophorales/1/22/index.html>, свободный. – Проверено 13.01.2023.
2. Y. Fukasawa Temperature effects on hyphal growth of wood-decay basidiomycetes isolated from *Pinus densiflora* deadwood / Yu Fukasawa // Mycoscience. – 2018. – Т. 59, № 3. – С. 259-262.
3. Юревич Л.И. Двухдоменная лакказа бактерии *streptomyces lividans* ac-1709 – термостабильный биокатализатор, активный при щелочных значениях pH / Л.И. Юревич, А.В Лисов, А.А. Леонтьевский // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 5. – С. 64-69.
4. Глазунова О. А. Структурно-функциональное исследование лакказ базидиомицетов: специальность 03.01.04. Биохимия: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук / Глазунова Ольга Александровна. – Москва, 2019. – 138 с.
5. T. Mali Interactions affect hyphal growth and enzyme profiles in combinations of coniferous wood-decaying fungi of Agaricomycetes / T. Mali, J. Kuuskeri, F. Shah, TK. Lundell // PLoS

ONE 12(9): электронный журнал. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185171>. – Дата публикации: 27.09.2017.

6. Бортникова В. А. Лигнолитические ферменты и их применение / В. А. Бортникова, А. Д. Еремин, Е. И. Егоренков, К. А. Фурман // Современные проблемы лингвистики и методики преподавания русского языка в ВУЗе и школе. – 2022. – № 41. – С. 280-282.
7. Decomposition of spruce wood and release of volatile organic compounds depend on decay type, fungal interactions and enzyme production patterns / T. Mali [и др.] // FEMS Microbiology Ecology. – 2019. – Т. 95, № 9 – fiz135
8. Xiaojuan D. Interaction between active compounds from *Rosa roxburghii* Tratt and β -glucosidase: Characterization of complexes and binding mechanism / D. Xiaojuan, Y. Yihong, D. Zhuhong // LWT: электронный журнал. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113707>. – Дата публикации: 27.06.2022.
9. Патент № RU 2 464 313 C2, МПК C12N 9/24 C12N 15/56. Модифицированная ксиланаза: № 2008144667/10: заявл. 10.04.2007: опубл. 20.05.2010 / САНГ Винг Л. – 130 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГРИБОВ РОДА *TRAMETES*

**И. Ш. Прозорова, В. В. Зыкова, Е. А. Бычкова, Е. В. Сысоева,
М. А. Сысоева**

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет» г. Казань, Россия

kuleeva.1996@mail.ru

Аннотация: Осуществлен анализ научной литературы по исследованию состава и биологической активности природных и культивируемых грибов рода *Trametes*. Показано, что эти грибы являются источником таких биологически активных соединений, как фенольные соединения, в том числе, флавоноиды, полисахариды, аминокислоты, липиды, витамины и др. Водные, спиртовые и ацетоновые экстракты из плодовых тел *T. gibbosa*, *T. hirsuta* и *T. versicolor* проявляют антиоксидантные и антибактериальные свойства, а биомасса *T. pubescens* штамм 923-2 обладает онкостатическим, гепатопротекторным и иммуномодулирующее действием.

Ключевые слова: биологически активные вещества, антиоксидантная активность, *Trametes*, пигменты.

PROSPECTS FOR THE USE OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS OF FUNGI OF THE GENUS *TRAMETES*

I. Sh. Prozorova, V. V. Zyкова, E. A. Bychkova, E. V. Sysoeva, M. A. Sysoeva

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: The analysis of scientific literature on the study of the composition and biological activity of natural and cultivated fungi of the genus *Trametes* has been carried out. It has been shown that these fungi are a source of biologically active compounds such as phenolic compounds, including flavonoids, polysaccharides, amino acids, lipids, vitamins, etc. Aqueous, alcoholic and acetone extracts from the fruit bodies of *T. gibbosa*, *T. hirsuta* and *T. versicolor* exhibit antioxidant and antibacterial properties, and the biomass of *T. pubescens* strain 923-2 has oncostatic, hepatoprotective and immunomodulatory effects.

Keywords: biologically active substances, antioxidant activity, *Trametes*, pigments.

Грибы рода *Trametes* Fr., являются продуцентами биологически активных веществ, обладающих антиоксидантными, противовоспалительными, иммуностимулирующими, противоопухолевыми, антимикробными свойствами [1-6]. Плодовые тела природного гриба *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilat с давних времен применяют в традиционной медицине Китая как жаропонижающее и противовоспалительное средство [7]. Многочисленные исследования показали, что

экстракты, выделенные из данного базидиомицета способны восстанавливать ослабленную иммунную систему онкологических больных [8]. Эти свойства обеспечивают β -глюканы, состоящие из полисахаридной и белковой части. В плодовых телах *T.versicolor* общее содержание глюкана 74,3 %, причем на долю α -глюкана приходится 8,7 %, а β -глюкана 65,6 % [9]. На основе β -глюкана *T.versicolor* японская биотехнологическая фирма «SanKyo» производит противоопухолевый препарат «Крестин» [10].

Кроме β -глюканов в природных и культивируемых грибах рода *Trametes* обнаружены пигменты, фенольные вещества, липиды, терпеноиды, аминокислоты, витамины [11-15].

В работе [11] изучены водные, метанольные и ацетоновые экстракты, выделенные из плодовых тел двух видов грибов, а именно *Trametes versicolor* и *Trametes gibbosa*, собранных в северо-западной части Румынии. В полученных экстрактах определены общее содержание фенольных соединений и флавоноидов, а также их антиоксидантная активность. Наибольшее количество фенольных соединений и флавоноидов обнаружено в водных экстрактах грибов *T. versicolor* и *T. gibbosa* и составило $46,22 \pm 0,89$ и $43,79 \pm 0,80$ мг эквивалент галловой кислоты/100 г свежей биомассы соответственно. В водном экстракте, выделенном из плодовых тел *T. versicolor* обнаружено наибольшее содержание флавоноидов $14,77 \pm 0,55$ мг эквивалент кверцетина/100 г свежей биомассы. Стоит отметить, что в метанольном и ацетоновом экстрактах данного гриба флавоноиды не обнаружены. Анализ антиоксидантной активности показал, что наибольшей активностью обладает метанольный экстракт, выделенный из *T. gibbosa* и составляет $0,534 \pm 0,01$ мМ эквивалент тролокса/100 г свежей биомассы.

Авторами [12] исследованы этанольные экстракты, выделенные из плодовых тел грибов *T. versicolor* и *T. hirsuta*, собранных в регионе Молдова, Румыния. Общее содержание фенольных соединений и флавоноидов в экстракте полученном из *T. versicolor* приблизительно в 2 раза выше по сравнению с экстрактом из *T. hirsuta*. Установлено, что при определении антиоксидантной активности методом DPPH этанольных экстрактов *T. versicolor* и *T. hirsuta* значение EC_{50} , близки, и составляют 1,2 и 1,3 мг/мл соответственно.

Проведено сравнение этанольных экстрактов, полученных из плодовых тел, собранных в Сербии, и культивируемого мицелия грибов *T. gibbosa*, *T. hirsuta* и *T. versicolor*. Выход экстрактивных веществ сильно отличался как между двумя видами, так и между природными и культивируемыми грибами. Выход экстрактивных веществ из мицелия составлял $8,00 \pm 0,27$ % для *T. versicolor*, $12,00 \pm 0,19$ % для *T. hirsuta* и $34,60 \pm 0,27$ % для *T. gibbosa*. При этом, самый высокий уровень извлечения из плодовых тел был отмечен у *T. versicolor* – $6,67 \pm 0,07$ % и самый низкий у *T. gibbosa* – $2,20 \pm 0,02$ %. Исследования содержания фенольных соединений и флавоноидов в экстрактах отдельных видов *Trametes* показали, что они присутствуют как в плодовых телах, так и в мицелии. Наибольшее их количество наблюдалось в этанольных экстрактах, полученных из плодового тела и мицелия *T. gibbosa*, содержание фенольных соединений составляет $18,21 \pm 0,30$ и $14,79 \pm 0,57$ мкг эквивалент галловой кислоты/мг высушен-

ного экстракта соответственно, а флавоноидов $2,85 \pm 0,06$ и $3,46 \pm 0,08$ мкг эквивалент кверцетина/мг высушенного экстракта соответственно. При определении антиоксидантной активности было установлено, что экстракты из плодовых тел обладают более высокой антиоксидантной активностью по сравнению с экстрактами из мицелия. Наибольшей способностью к удалению радикалов ABTS обладали экстракты из плодовых тел и мицелия *T. versicolor* значение EC_{50} составляет $8,46 \pm 0,49$ мг/мл и $20,00 \pm 1,57$ мг/мл соответственно [13].

Авторами статьи [14] исследована антибактериальная активность метанольного экстракта, полученного из плодовых тел промышленно выращенного базидиомицета *T. versicolor*, а также определено содержание в нем полисахарида, липидов, фенольных соединений и флавоноидов. Установлено, что количество полисахарида в метанольном экстракте *T. versicolor* составляет 351 ± 19 мг/г, липидов – 50 ± 2 мг/г, фенольных соединений – $25,8 \pm 1,4$ мг эквивалент галловой кислоты/г и флавоноидов – $4,3 \pm 0,2$ мг эквивалент катехина/г. Антибактериальную активность исследовали в отношении *Escherichia coli*, *Salmonella ser. Enteritidis*, *Shigella sonnei*, *Yersinia enterocolitica*, *Proteus hauseri*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Listeria monocytogenes* и *Bacillus cereus*. Метанольный экстракт, выделенный из мицелия *T. versicolor* ингибирует рост всех исследуемых тест-культур, при этом минимальная ингибирующая концентрация варьируется от 0,625 до 20 мг/мл.

Ковалевой Г. М. [10] исследован химический состав плодового тела и мицелия гриба *T. versicolor* штамм В 18/91. Показано, что доля общего белка в плодовых телах составляет 7,25 %, что в 2 раза ниже по сравнению с мицелием. Содержание аминокислот в мицелии также выше, чем в плодовом теле. Доля липидов в мицелии гриба *T. versicolor* штамм В 18/91 (на 15 сутки) и плодовом теле приблизительно одинаковы и составляют $1,49 \pm 0,06$ и $1,90 \pm 0,03$ % соответственно, с преобладанием нейтральных липидов. В мицелии ксилотрофа *T. versicolor* штамм В 18/91 обнаружены витамины В₁, В₂, С и Е.

Исследован химический состав и биологическая активность сухой биомассы *T. pubescens* штамм 923-2. Показано, что в сухой биомассе содержится: белка – 40-50 %, углеводов – 25-30 %, липидов 2,5-3,5 %, нуклеиновых кислот – 3,0-4,5 % и минеральных веществ – 6,5-8,5 %. Полученная сухая биомасса *T. pubescens* штамм 923-2 оказывает доказанное клиническими исследованиями онкостатическое, гепатопротекторное и иммуномодулирующее действие [15].

Интерес к грибам рода *Trametes* растет, поскольку они обладают широким спектром биологической активности. На основе природной и культивируемой биомассы грибов рода *Trametes* производят БАД. Например, разработана серия биологически активных добавок «Микосвит» на основе мицелия целого ряда лекарственных грибов, в том числе *T. versicolor*, которая обладает иммуностимулирующим действием, снижает уровень холестерина в крови, нормализует работу сердечно-сосудистой системы и др. [16]. Также известна БАД «Трамелан» производитель ООО «Микролек» на основе сухой биомассы *T. pubescens* штамм 923-2, обладающая иммуностимулирующей и гемостимулирующей активностью [17].

Таким образом, поиск эффективных продуцентов БАВ грибов рода *Trametes* продолжается и их перспективно применять в пищевой, сельскохозяйственной и фармацевтической промышленности.

Список литературы:

1. Ильина Г.В., Ильин Д.Ю. Ксилоторофные базидиомицеты в чистой культуре: монография. – Пенза, 2013, – 222 с.
2. Angelova G. Bioactivity of Biomass and Crude Exopolysaccharides Obtained by Controlled Submerged Cultivation of Medicinal Mushroom *Trametes versicolor* / G. Angelova, M. Brazkova, D. Mihaylova, A. Slavov // Journal of fungi. – 2022. – №8. – P. 1-20.
3. Akgul H. Phenolic content and biological activities of *Trametes hirsute* / H. Akgul, et.al. // Fresenius Environmental Bulletin. – 2021. – № 04A/2021. – P. 4130-4135.
4. Широких А. А., Зарипова Г. Ф., Устюжанин И. А. и др. Влияние компонентов питательной среды и условий культивирования на рост *Trametes versicolor* в мицелиальной культуре // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 3. С. 86-93.
5. Мустафин К. Г., Ахметсадыков Н. Н., Бисько Н. А. и др. Подбор оптимальных условий культивирования для повышенного синтеза биомассы базидиального гриба *Trametes versicolor* // Вестник КазНУ. Серия биологическая. 20016. № 2. С. 151-158.
6. Ананьева Е. П. Сравнительная характеристика эндо- и экзополисахаридов *Trametes pubescens* (schumach.) pilat. / Е. П. Ананьева, С. В. Гурина, Н. В. Кожемякина // Проблемы медицинской микологии. – 2013. – № 3. – С. 65-68.
7. Сысуев В. А. (ред.) Лекарственные грибы в традиционной китайской медицине и современных биотехнологиях. – Киров: О-Краткое, 2009. – 333 с.
8. Cui J. Polysaccharopeptides of *Coriolus versicolor*: physiological activity, uses, and production / J. Cui, Y. Chisti // Biotechnology Advances. – 2003. – № 21. P. 109–122.
9. Wang KL. Structural characterization and anti-alcoholic liver injury activity of a polysaccharide from *Coriolus versicolor* mycelia / KL Wang, et.al. // Int J BiolMacromol. – 2019. – №15 – P. 1102-1111.
10. Ковалева Г. К. Биологические особенности и биохимический состав ксилотрофных базидиомицетов *Fomitopsis officinalis* (vill.:fr.) bond et sing., *Ganoderma applanatum* (pers.) pat. и *Trametes versicolor* (l.:fr.) pilat: дис. ... канд. биол. наук : 03.00.24 / Ковалева Гульмира Кажгалиевна. – К., 2009. 172 с. – Библиогр.: с. 143-160.
11. Pop R. Characterization of *Trametes versicolor*: Medicinal Mushroom with Important Health Benefits / R. Pop, et.al // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. – 2018. – 8 p.
12. Vamanu E. Total phenolic analysis, antimicrobial and antioxidant activity of some mushroom tinctures from medicinal and edible species, by *in vitro* and *in vivo* tests / E. Vamanu, A. Voica // Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies. – 2017. – P. 318-324.
13. Knezević A. Antioxidative, antifungal, cytotoxic and antineurodegenerative activity of selected *Trametes* species from Serbia / A. Knezević, et.al. // Plos one. – 2018. – 18 p.
14. Matijašević D. The Antibacterial Activity of *Coriolus versicolor* Methanol Extract and Its Effect on Ultrastructural Changes of *Staphylococcus aureus* and *Salmonella Enteritidis* / D. Matijašević // Frontiers in Microbiology. – 2016. – № 7. – 15 p.
15. Горшина Е. С. Глубинное культивирование грибов рода *Trametes* Fr. С целью получения биологически активной биомассы: дис. ... канд. биол. наук : 03.00.23, 03.00.24 / Горшина Елена Сергеевна. – Москва, 2003. – 251 с.
16. Бисько Н. А. Оценка иммунологического статуса больных при применении БАДов серии «Микосвит» / Н. А. Бисько, Е. Ю. Шевчук, Н. Ю. Митропольская, В. Т. Билай // Успехи медицинской микологии: материалы четвертого Всероссийского конгресса по медицинской микологии. – Москва, 2006. – С. 180-182.
17. Горшина Е. С. Треллан – отечественная биологически активная добавка на основе сухой биомассы лекарственного базидиомицета *Trametes pubescens* (Schumach.) Pil.Т и другие препараты грибов рода *Trametes* (*Coriolus*) / Е. С. Горшина, М. М. Скворцова // Успехи медицинской микологии: материалы третьего Всероссийского конгресса по медицинской микологии. – Москва, 2005. – С.262-266.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ «ЧАЙНОГО ГРИБА» НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ЧАЯ

Е. С. Пучкова, Л. С. Панарина, С. А. Коваленко

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия

elizaveta.puchkova@inbox.ru

Аннотация: В работе проведено культивирование «чайного гриба» на различных питательных средах, таких как черный, зеленый чай и каркаде, и сравнение продуктов метаболизма. Определены органолептические и физико-химические характеристики полученных напитков, в том числе содержание сахаров, белка и витамина С, а также определение кислотного числа. Показано, что наиболее оптимальные потребительские характеристики имеет напиток на основе зеленого чая.

Ключевые слова: чайный гриб, *Medusomyces gisevi*, комбуча, культивирование, чай, витамин С.

CULTIVATION OF «*MEDUSOMYCES GISEVI*» ON VARIOUS TYPES OF TEA

E. S. Puchkova, L. S. Panarina, S. A. Kovalenko

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

elizaveta.puchkova@inbox.ru

Abstract: In the work, the cultivation of «kombucha» on various breeding grounds, such as black, green tea and karkade, and a comparison of metabolic products were carried out. The organoleptic and physico-chemical characteristics of the obtained beverages, including the content of sugars, protein and vitamin C, as well as the determination of the acid number, were determined. It is shown that the drink based on green tea has the most optimal consumer characteristics.

Keywords: *Medusomyces gisevi*, kombucha, cultivation, tea, vitamin C.

«Чайный гриб» (*Medusomyces gisevi*) – симбиоз дрожжевых грибов и уксуснокислых бактерий. При добавлении «гриба» к чаю, содержащему сахар, получают газированный напиток, широко использующийся в народной медицине. История «чайного гриба» берет начало с 250 г до нашей эры. В Китае он был известен как «эликсир здоровья и бессмертия». Считается, что в Россию гриб попал во время русско-японской войны, а признание и известность получил в 1913 году [1].

По внешнему виду «чайный гриб» напоминает медузу, именно с этим связывают его название – медузомицет. Гриб имеет белый цвет, иногда с желтоватым оттенком, на ощупь достаточно неприятный, склизкий. В естественных условиях обрывается на дне сосудов, в которых долго хранился винный уксус.

Чайный гриб представляет собой симбиоз двух микроорганизмов: дрожжевых грибов (*Zygosaccharomyces* spp., *Saccharomyces* sp.) и бактерий (*Acetobacter* sp., *Gluconobacter oxydans*, *Bacterium gluconicum*, *Torula*, *Dekkera*, *Pichia* sp.).

Для получения напитка на основе чайного гриба (так называемой комбучи) гриб заливают водой комнатной температуры с сахаром или сладким остывшим чаем. После выдерживания от 3 до 10 суток напиток готов к употреблению. Чем дольше время выдержки, тем кислее на вкус напиток, так как в составе гриба присутствуют бактерии, синтезирующие уксусную кислоту.

Напиток принимают внутрь, а также используют для местного применения и полоскания верхних дыхательных путей. Доказано, что комбуча положительно влияет на работу желудочно-кишечного тракта, улучшает качество сна, помогает при гипертонической болезни и атеросклерозе. Комбучу применяют при лечении гнойных ран и ожогов в виде примочек и компрессов. Полоскание верхних дыхательных путей чайным грибом помогает при простудных и инфекционных заболеваниях [1–3].

Целью работы является культивирование «чайного гриба» на различных питательных средах, таких как черный, зеленый чай и каркаде, и сравнение продуктов метаболизма.

Для приготовления питательной среды вскипятили 1 литр воды, затем через 25 мин добавили в раствор 100 г сахарного песка, тщательно перемешали и охладили до 25 °С. Подготовленный раствор отфильтровали через металлическое ситечко в ёмкость вместимостью 2 литра. После чего внесли в питательную среду слой «чайного гриба», ёмкость накрыли стерильной салфеткой и поставили в темное место. Культивирование вели при комнатной температуре в течение 7 суток, каждый день визуально оценивая ход процесса.

В конце процесса провели анализ органолептических и физико-химических показателей полученного напитка. Напиток был газированный, имел насыщенный кисловатый вкус, напоминающий квас, а по запаху – кефир. Визуально напиток из черного чая был янтарно-желтого цвета, из зеленого – янтарно-желтого цвета с зеленым оттенком, а из каркаде – темно-малиновый, прозрачный. Во всех ёмкостях гриб заполнил всё предоставленное ему на поверхности пространство, из небольшого фрагмента в процессе насаивания образовал круг, к центру более плотный, немного розоватый, на периферии белый.

В полученных напитках определяли кислотность, содержание суммарных сахаров, белка и витамина С.

Для определения кислотности в полученных напитках к 10 мл анализируемого образца прибавляли 0,5 мл раствора фенолфталеина и оттитровывали раствором гидроксида калия (0,1 г/моль) до появления устойчивого розового окрашивания. Показано, что наибольшее значение кислотного числа наблюдалось на среде из каркаде – 5,61, а наименьшее на основе зеленого чая – 3,646. В напитке из черного чая кислотное число составило 4,049. Вероятно, это связано с тем, что каркаде изначально содержит до 15 % органических кислот, тогда как начальная кислотность зеленого чая минимальна.

Для определения суммарных сахаров 1 мл анализируемого образца поместили в мерную колбу вместимостью 100 мл, прибавили 70-80 мл воды, перемешали и довели объем до 100 мл водой. 1 мл полученного раствора перенесли в стакан ёмкостью 50 мл и прибавили 9 мл воды, перемешали. В пробирку поместили 1 мл полученной разведенной культуральной жидкости, охладили на бане со льдом и добавили 2 мл антронового реактива. Перемешали и нагрели на кипящей бане в течение 15 минут. После охлаждения до комнатной температуры определили оптическую плотность раствора при длине волны 625 нм. В итоге получили результаты, коррелирующие с кислотностью. Так, содержание сахаров в напитке на основе зеленого чая было равно 410,6 мкг/мл, в напитке на основе черного чая – 407,88 мкг/мл, на основе каркаде – 263,24 мкг/мл.

Для определения общего белка в культуральной жидкости применили биуретовый метод. К 5 мл культуральной жидкости прибавили 5 мл биуретового реактива и оставляли на 30 мин. Параллельно для калибровочного графика готовили образцы стандартного раствора: к 5 мл каждого из 5 разведений стандартного раствора белка прибавляли 5 мл биуретового реактива. Оптическую плотность растворов измерили при длине волны 540 нм против контрольного раствора, состоящего из 0,9% раствора хлорида натрия и биуретового реактива.

В результате получили, что напиток на основе каркаде содержит наибольшее количество общего белка – 14,83 мг/мл, на основе зеленого чая – 11,266 мг/мл общего белка, а на основе черного – 7,008 мг/мл.

Для определения витамина С в коническую колбу вместимостью 100 мл поместили 10 мл исследуемого образца, прибавили 1 мл 2% раствора хлороводородной кислоты, 0,5 мл 1% раствора калия йодида, 2 мл 0,5% раствора крахмала и титровали раствором калия йодида. При титровании появляется стойкое светло-синее окрашивание. В результате выяснили, что напиток на основе каркаде содержит наибольшее количество витамина С – 90 мг/ 100 мл, в напитке на основе зеленого чая обнаружили аскорбиновой кислоты 70 мг/ 100 мл, а на основе черного – 44 мг/ 100 мл.

Таким образом, провели культивирование «чайного гриба» на трех субстратах – черный и зеленый чай, а также каркаде. По результатам проведенной работы, выяснили, что готовый напиток на основе каркаде содержит наибольшее количество общего белка и витамина С, однако и самое высокое значение кислотного числа, что влияет на его вкусовые характеристики, придавая напитку более кислый вкус. Напиток на основе зеленого чая, в свою очередь, приятнее на вкус, поскольку содержит больше сахаров, кроме того содержание витамина С у него выше, чем у напитка на основе черного чая, что позволяет рекомендовать его к употреблению.

Список литературы

1. Волчанская, А. А. Чайный гриб как основа получения в промышленности функциональных напитков / А. А. Волчанская // Инновационные наукоемкие технологии: VI Международная научно-практическая конференция, Тула, 27 июня 2019 года / Под общей редакцией В.М. Панарина. – Тула: Издательство "Инновационные технологии", 2019. – С. 9-11.

2. Кароматов, И. Д. Лечебные свойства чайного гриба (обзор литературы) / И. Д. Кароматов, С. И. К. Каххорова // Биология и интегративная медицина. – 2018. – № 1(18). – С. 381-394.
3. Пестерева, Д. В. Натуральные напитки на основе чайного гриба / Д. В. Пестерева // Оценка качества и безопасность потребительских товаров: Материалы всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Иркутск, 29–30 ноября 2018 года. Том Выпуск 13. – Иркутск: Иркутский государственный университет, 2019. – С. 167-171.

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ «БИОЙОД» НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО МОЛОЧНОГО ПРОДУКТА

К. А. Рухляда, Н. В. Баракова, В. В. Матыцина

Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия

ksn.ruh@gmail.com

Аннотация: Исследована возможность применения биологически активной добавки, содержащей органически связанный йод, при производстве кисломолочного продукта. Обогащенный кефир получали в лабораторных условиях в термостате при температуре $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$. В ходе исследования были изучены органолептические и физико-химические показатели кефира, обогащенного «Биойодом». Также было проведено сравнение данных показателей при различном содержании йода в кисломолочном продукте. Полученные результаты имеют значение при разработке функциональных продуктов питания для коррекции питания больных с патологией щитовидной железы.

Ключевые слова: йод, молоко, молочные продукты, йододефицит, обогащенный продукт, пищевая добавка

THE EFFECT OF THE BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE «BIOIOD» ON THE ORGANOLEPTIC AND PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF THE FERMENTED DAIRY PRODUCT

K. A. Rukhlyada, N. V. Barakova, V. V. Matytchina

ITMO University, Saint-Petersburg, Russia

ksn.ruh@gmail.com

Abstract: The possibility of using a biologically active additive containing organically bound iodine in the production of a fermented milk product has been investigated. Enriched kefir was obtained under laboratory conditions in a thermostat at a temperature of $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$. During the study, the organoleptic and physico-chemical parameters of kefir enriched with «Bioiod» were studied. Also, these indicators were compared with different iodine content in the fermented milk product. The results obtained are important in the development of functional food products for the correction of nutrition in patients with thyroid pathology.

Keywords: iodine, milk, dairy products, iodine deficiency, fortified product, food additive.

Введение

Ферментированные молочные продукты – это продукты питания, полученные в результате контролируемых ферментативных превращений основных компонентов молока – белков, жиров и лактозы под действием микроорганизмов [1]. В процессе микробной ферментации повышается пищевая ценность продукта,

увеличивается биодоступность питательных веществ входящих в его состав, удаляются токсичные или антипитательные вещества, такие как лактоза и галактоза [2]. Отсутствие у человека определенного количества фермента – лактазы, которая вырабатывается в тонком кишечнике, приводит к симптомам диареи, вздутия живота, возникновению болей в животе и метеоризму [3]. Непереносимость лактозы на данный момент является актуальной проблемой большей части населения земли. Было установлено, что употребление людьми с непереносимостью лактозы ферментированных молочных продуктов приводит к появлению меньшего количества побочных симптомов, чем потребление цельного молока [4].

Интерес потребителя к кисломолочным продуктам набирает обороты в связи с развитием новых технологий переработки пищевых продуктов и появлением научных доказательств пользы для здоровья некоторых ингредиентов [5]. Польза молочных продуктов для здоровья обусловлена биологически активными компонентами, которые присутствуют в натуральном молоке, а также, благодаря их соответствующим образом модифицированной активности, вырабатываемой под действием пробиотических бактерий, в кисломолочных продуктах. Пробиотики могут действовать также непосредственно в качестве профилактических средств или в терапии некоторых инфекционных, атеросклеротических, опухолевых или других тяжелых заболеваний [6].

В качестве микроорганизмов для получения ферментированных продуктов используют заквасочные культуры – группу микроорганизмов, способную вызывать брожение [7] и управлять процессами ферментации [8]. Основной ролью молочных заквасок является производство молочной кислоты путем ферментации лактозы. Кислота отвечает за развитие характерной текстуры кисломолочных продуктов, способствует общему вкусу продуктов и улучшает сохранность. Диацетил, ацетальдегид, уксусная кислота, также вырабатываемые молочными заквасочными культурами, способствуют вкусу и аромату конечного продукта.

Сложным ферментированным молочным продуктом является кефир, созданный путем симбиотической ферментации молока молочнокислыми бактериями и дрожжами, содержащимися в экзополисахаридно-белковом комплексе, называемом кефирным зерном [9]. Среди кисло - молочной продукции кефир отличается уникальным набором бактерий и грибов, входящих в его состав и влияющих на кислотность, степень накопления углекислоты и спирта, степень набухания белков [10]. Общественный интерес к ферментированным молочным продуктам и напиткам, содержащим пробиотики, с годами вырос вместе с растущим спросом на безопасные и качественные продукты здорового питания, сводя к минимуму спрос на дорогостоящие пищевые добавки [11]. Кефир считается продуктом с большим потенциалом в функциональных пищевых инновациях, поскольку он содержит большое разнообразие полезных микроорганизмов, а также их биологически активных соединений. Молочные кефирные продукты имеют широкий спектр важных преимуществ для здоровья, включая физиологические, профилактические и терапевтические свойства [12].

Большая часть населения России страдает от дефицита йода, часто, не зная об этом. Коррекция йодной недостаточности – это важная и неотложная задача

пищевой промышленности. Йод является жизненно необходимым микроэлементом, оказывающий влияние на многие функции организма человека. Дефицит йода приводит к нарушению синтеза гормонов щитовидной железы, а также к замедлению белкового и липидного обменов в организме. В последние годы в целях профилактики йоддефицитных состояний все чаще используются пищевые добавки (БАД), содержащие органические формы йода. Основными профилактическими мерами по предотвращению йоддефицита можно отнести регулярное потребление продуктов, богатых йодом и селеном, к которым относится морская рыба, морская капуста, овощи и фрукты, выращенные на богатых йодом почвах, а также молочные продукты [13]. Таким образом, обогащение молочных продуктов йодом помогло бы снизить уровень йоддефицита по стране.

Наиболее простой способ обогащения молочных продуктов йодом это добавление в молочный продукт йодированного молочного белка «Биойод», являющегося полноценным аналогом природного соединения. В ходе ранее проведенных научных исследований было установлено, что «Биойод» имеет высокую степень эффективности усвоения йода организмом человеком и полностью безопасен в применении. Благодаря ковалентной связи йода с белками, «Биойод» термо- и светостабилен при длительном хранении и позволяет получать продукты со стабильным содержанием йода до конца срока годности обогащенного продукта [14].

Материалы и методы

Объектом исследования являлся ферментированный молочный продукт (кефир) полученный путем смешанного молочнокислого и спиртового брожения пастеризованного молока жирностью 3,2% (производитель АО "Павловский молочный завод"), изготовленное по ГОСТ 31450-2013. с использованием закваски, приготовленной на кефирных грибках, без добавления чистых культур молочнокислых микроорганизмов и дрожжей. В состав микрофлоры кефирных грибков входили следующие группы микроорганизмов: молочнокислые и ароматобразующие лактококки; гомо- и гетероферментативные молочнокислые палочки; лейконостоки; дрожжи; уксуснокислые бактерии. Скваживание проводилось в течение 18 ч при $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$ до достижения титруемой кислотности 85-130 Т (для кефира). «Биойод» добавляли на стадии закваски в виде порошка йодированного молочного белка, содержащего 25 мг/г связанного с белком йода. В исследуемые образцы добавляли 15%, 35% и 50% от рекомендуемой суточной потребности организма в йоде - 150 мкг. В образец на 200 мл молока добавляли 0.9, 1.8 и 3 мг порошка «Биойода» соответственно.

Титруемую кислотность определяли в течение всего срока хранения кефира (5 суток) по ГОСТу 3624-92 и ГОСТу 32892-2014.

Вязкость кефира определяли на ротационном вискозиметре Брукфильда Visco Basic Plus при числе оборотов шпиндель R2 – 60 об/мин.

Органолептические показатели образцов оценивали в соответствии с Российским стандартом ISO 22935-3-201.

Результаты и обсуждение

Молочное сырье, используемое для сквашивания соответствовало стандартам ГОСТ 31454-2012. Органолептические и физико-химические показатели контрольного кефира и обогащенного йодом продукта определяли после сквашивания.

Оценка органолептических показателей показала, что обогащенный кефир с разной концентрацией йода имел специфические вкус и запах, присущие йодированному продукту. У всех исследуемых образцов был равномерный по всему объему молочный цвет и жидкая неоднородная консистенция, характерная для кисломолочного продукта.

Титруемая кислотность кисломолочных продуктов связана с накоплением в них продуктов брожения – органических кислот. Кислотность кефира влияет на вкусовые качества продукта и позволяет оценить пригодность продукта в пищу. Для кефира титруемая кислотность по регламенту ТР ТС 033/2013 составляет 85-130 градусов Тернера ($^{\circ}\text{T}$). Титруемая кислотность молока составляла 20°T и в результате ферментации увеличилась до 89°T в контроле, 86°T в образце с содержанием 15% биологически связанного йода, 87°T в образцах с содержанием 35% и 50% «Биойода».

При добавлении «Биойода» в количестве 15, 35 и 50% на момент окончания ферментации показатель титруемой кислотности незначительно уменьшался по сравнению с контролем. При этом титруемая кислотность находилась в пределах нормы в период всего срока хранения кисломолочного продукта.

Структурно-механические показатели определяли с помощью ротационного вискозиметра при температуре продукта 23°C (рисунок 1).

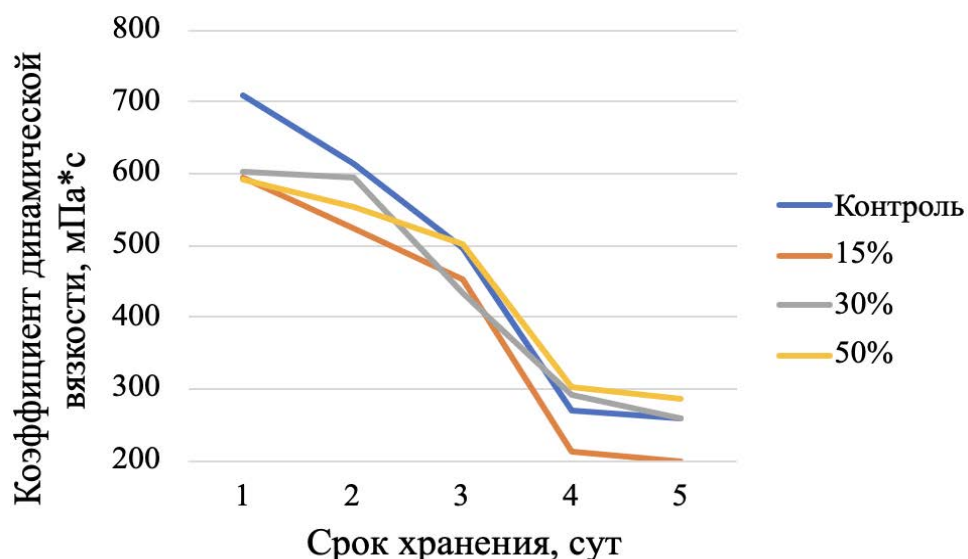


Рис. 1. Изменение коэффициента динамической вязкости кисломолочного продукта - кефира в процессе хранения

Из графиков следует, что в процессе хранения вязкость кефира во всех образцах (с добавлением «Биойода» и без добавления «Биойода») уменьшалась,

что указывает на разрушение его структуры и частичное отделение сыворотки от сгустка.

Полученные в ходе данного исследования результаты могут использоваться при дальнейшей работе по обогащению кисломолочных продуктов питания органически связанным йодом.

Заключение

Проведенные исследования показывают, что биологически активная добавка «Биойод» не влияет на физико-химические показатели и имеет перспективы при производстве функциональных продуктов питания, обогащенных йодом. Показатели титруемой и активной кислотности изменялись в пределах нормы в течение всего периода хранения. БАВ влияла на органолептические показатели, такие как запах и вкус, но не изменяла консистенцию исследуемого продукта.

Дальнейшие исследования по обогащению кефира органическими формами йода будут способствовать решению проблемы йододефицита населения.

Список литературы

1. Yi L. et al. Purification and characterization of a novel bacteriocin produced by *Lactobacillus crustorum* MN047 isolated from koumiss from Xinjiang, China // *Journal of Dairy Science*. – 2016. – Т. 99. – №. 9. – С. 7002-7015.
2. Shiby V. K., Mishra H. N. Fermented milks and milk products as functional foods—A review // *Critical reviews in food science and nutrition*. – 2013. – Т. 53. – №. 5. – С. 482-496.
3. Panesar P. S. et al. Microbial production, immobilization and applications of β -D-galactosidase // *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*. – 2006. – Т. 81. – №. 4. – С. 530-543.
4. Gilliland S. E. Influence of bacterial starter cultures on nutritional value of foods: improvement of lactose digestion by consuming foods containing lactobacilli // *Cultured Dairy Products Journal*. – 1985. – Т. 20. – №. 2. – С. 28-33.
5. Stanton C. et al. Market potential for probiotics // *The American journal of clinical nutrition*. – 2001. – Т. 73. – №. 2. – С. 476s-483s.
6. Santosa S., Farnworth E., Jones P. J. H. Probiotics and their potential health claims // *Nutrition reviews*. – 2006. – Т. 64. – №. 6. – С. 265-274.
7. Bhat Z. F., Bhat H. Tissue engineered meat-future meat // *Journal of Stored Products and Post-harvest Research*. – 2011. – Т. 2. – №. 1. – С. 1-10.
8. Hati S., Mandal S., Prajapati J. B. Novel starters for value added fermented dairy products // *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. – 2013. – Т. 1. – №. 1. – С. 83-91.
9. Bourrie B. C. T., Willing B. P., Cotter P. D. The microbiota and health promoting characteristics of the fermented beverage kefir // *Frontiers in microbiology*. – 2016. – С. 647.
10. Гербер Ю. Б., Гаврилов А. В., Сироткина Э. М. Сравнительная оценка существующих технологий производства кефира // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. – 2016. – №. 8 (171). – С. 83-88.
11. De Simone C. The unregulated probiotic market // *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. – 2019. – Т. 17. – №. 5. – С. 809-817.
12. Kesenkas H., Gürsoy O., Özbas H. Chapter 14—Kefir A2—Frias, Juana // *Fermented foods in health and disease prevention*. – 2017. – С. 339-361.
13. Гришкевич Е. К., Саломатов А. С. Современные методы обогащения молочных продуктов йодом // *Научные вести*. – 2019. – №. 2. – С. 135-140.
14. Дедов И. И., Свириденко Н. Ю. Реализация концепции охраны здоровья населения Российской Федерации на период до 2005 года в области ликвидации заболеваний, связанных с дефицитом йода // *Москва*. – 2001.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ

Д. И. Садртдинова, Д. А. Курова, Л. Э. Ржечицкая

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет», г.Казань, Россия
di_sdrt@mail.ru

Аннотация. Проведен сравнительный анализ общей антиоксидантной активности экстрактов дикорастущих растений – крапивы и сныти, с использованием спектрофотометрического метода, основанного на восстановлении молибдена (VI) до молибдена (V). Наибольшую антиоксидантную активность показали водные экстракты. Для качественной оценки и отнесения компонентов полифенольного комплекса этанольных экстрактов к определенной группе соединений применен метод ТСХ.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, сныть, крапива, экстракт, фосфомолибденовый метод.

COMPARATIVE EVALUATION OF THE ANTIOXIDANT POTENTIAL OF WILD PLANTS

D. I. Sadrtdinova, D. A. Kurova, L. E. Rzhechitskaya

Kazan National Research Technological University", Kazan, Russia,
di_sdrt@mail.ru

Annotation. A comparative analysis of the total antioxidant activity of extracts of wild plants – nettle and goutweed, was carried out using a spectrophotometric method based on the reduction of molybdenum (VI) to molybdenum (V). Aqueous extracts measure the highest antioxidant activity. For a qualitative assessment and assignment of the components of the polyphenolic complex of ethanol extracts to a new group of antibiotics, the TLC method is used using an individual kit and a suitable developer.

Keywords: antioxidant activity, goutweed, nettle, extract, phosphomolybdenum method.

Всевозрастающий интерес к использованию природных антиоксидантов обусловлен многочисленными научными данными, связывающими окислительный стресс с разнообразными дегенеративными расстройствами в организме человека, течение которых обусловлено окислительными процессами с участием свободных радикалов [1]. Легко доступным и дешевым источником природных антиоксидантов, способных связывать активные формы кислорода и не вызывающих побочных эффектов, являются дикорастущие лекарственные растения [2]. Доказано, что важным фактором терапевтического действия лекарственных растений составляют фенольные соединения, такие как флавоноиды, фенольные

кислоты, дубильные вещества и др., которые являются вторичными метаболитами. Антиоксидантные свойства фенолов связывают с их высокой окислительно-восстановительной активностью, способностью гасить синглетный кислород и комплексообразующими свойствами.

Широкий спектр разных по химической природе антиоксидантов, присутствующих в растениях, затрудняет их выделение и количественное определение. Поэтому для оценки суммарного содержания антиоксидантов в сырье применяют показатель обобщенной антиоксидантной активности (АОА) или суммарной антиоксидантной емкости в пересчете на стандартное вещество [3]. Наиболее часто этот показатель определяют с применением разнообразных спектрофотометрических методов. К таким оперативным и простым в исполнении методам относится фосфомолибденовый, метод основанный на восстановлении молибдена (VI) до молибдена (V) [4].

Фосфомолибденовый метод позволяет оценить общий восстановительный эффект индивидуальных низкомолекулярных антиоксидантов в полученных экстрактах при использовании элюентов различной природы. Значение АОА выражают в единицах концентрации, как правило, аскорбиновой кислоты (АК) на грамм исследуемого сырья в пересчете на сухие вещества.

В качестве объекта исследования были выбраны известные дикорастущие растения. Это хорошо исследованная крапива двудомная (*Urtica dioica*) и незаслуженно забытая в наше время сныть обыкновенная (*Aegopodium Podagraria*). Они являются многолетними и неприхотливыми травянистыми растениями, растущими как в тени, так и на солнце. Надземная часть сныти богата витамином С и каротиноидами, макро- и микроэлементами, которые относительно легко переходят в водные и водно-спиртовые экстракты. Кроме вышесказанного сныть обыкновенная богата флавоноидами и кумаринами, все это вместе и определяет ее антиоксидантные свойства [5].

Материалы и методы

Химикаты и реагенты. Молибдат аммония $((\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O})$; ортофосфат натрия $(\text{Na}_3\text{PO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O})$, аскорбиновая кислота, 96 % этиловый спирт, концентрированная серная кислота, степень чистоты всех препаратов ч.д.а. Растительное сырье – крапиву двудомную и сныть обыкновенную, приобретали в торговой сети.

Инструментарий. Для сгущения экстрактов применяли ротационный испаритель ИКА RV 10. Спектры поглощения при определенных длинах волн регистрировали с помощью спектрофотометра ПЭ-5300ви в видимом диапазоне, в кюветах с длиной светового пути 10 мм.

Базовые приготовления. Исходные растворы аскорбиновой кислоты готовили в воде непосредственно перед использованием. Калибровочные графики строили по стандартным растворам аскорбиновой кислоты с концентрацией 0,01 мг/мл–0,15 мг/мл путем последовательного разведения рабочего раствора 0,1 мг/мл. Фосфомолибденовый реактив готовили по стандартной методике (0,494 г молибдата аммония и 1,065 г ортофосфата натрия в мерной колбе на 100 мл растворены в 0,6 М серной кислоты) [4].

Фитосырье заливали экстрагентом (дистиллированная вода, 45% и 80% этиловый спирт) в соотношении 1:20. Процесс экстракции вели путем четырехкратной мацерации, температура водной экстракции 80 °С, спиртовой – 60 °С. Полученные экстракты объединяли и центрифугировали (2000 об./мин), а затем сгущали под вакуумом на ротационном испарителе при температуре 40 °С. Сгущенный продукт высушивали в конвективном дегидрататоре при температуре 40-45 °С в течение 4-7 часов до влажности не более 9 %.

Оценка общей антиоксидантной активности. Аликвоту 0,5 мл раствора образца, содержащего восстанавливающие соединения (в воде, 45% или 80% этаноле), смешивали в пробирке с 5 мл фосфомолибденового реактива. Пробирки закрывали полиэтиленовыми пробками и инкубировали в термоблоке при 95 °С в течение 90 мин. После охлаждения образцов до комнатной температуры измеряли оптическую плотность растворов при 695 нм относительно раствора сравнения. В качестве раствора сравнения использовали 0,5 мл растворителя (в воде, 45% или 80% этаноле) и 5 мл фосфомолибденового реактива. Раствор сравнения инкубировался в тех же условиях.

Расчет эквивалентного содержания аскорбиновой кислоты (ЭК_{АК}, мг/мл) в исследуемых экстрактах вели по калибровочному графику.

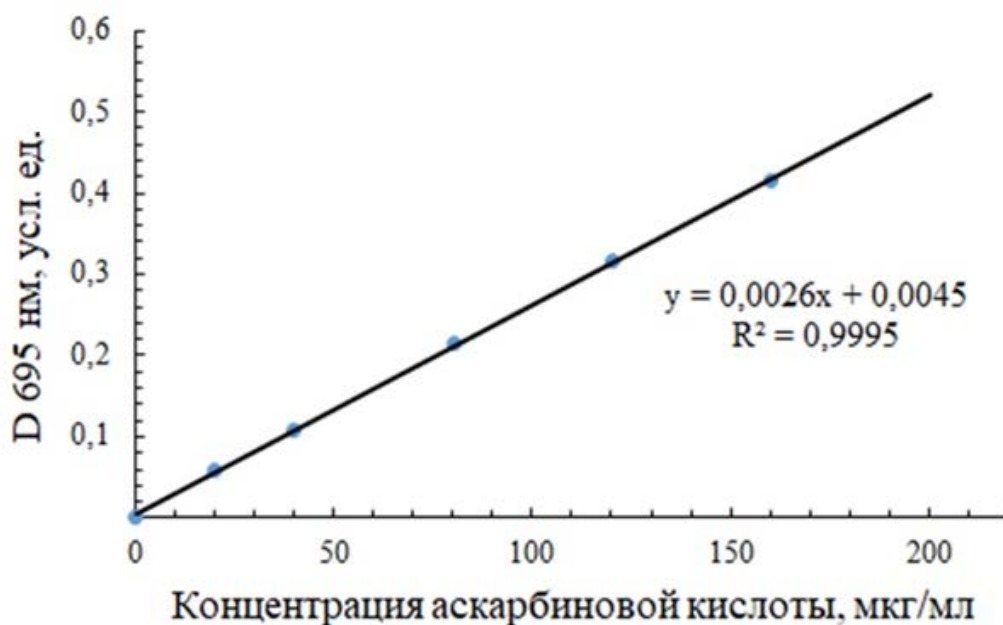


Рис. 1. Калибровочный график зависимости оптической плотности от концентрации аскорбиновой кислоты

Значение АОА (мг АК/г) определяли по формуле

$$AOA = \frac{ЭК_{АК} \cdot V \cdot n}{m \cdot СВ},$$

где ЭК_{АК} – эквивалент аскорбиновой кислоты, мг/мл; m – масса исследуемого фитосырья г; V – объем исследуемого экстракта, мл; n – разведение исследуемого экстракта; СВ – сухие вещества исследуемого фитосырья, ед. доли.

Результаты и обсуждение

В качестве объекта исследования были выбраны малоизученное дикорастущее растение – сныть обыкновенная, для сравнения и оценки репрезентативности метода – крапива двудомная. Значения АОА полученных водных и водно-спиртовых экстрактов с использованием фосфомолибденового метода приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения АОА водных и водно-спиртовых экстрактов

Наименование сырья	Режимы приготовления экстрактов		АОА, мг АК /г	
	Элюент	T _{эстр} , °C	экстракта	сырья
Крапива	Дистиллированная вода	80	72,16 ± 1,08	17,07 ± 0,04
Сныть		80	116,89 ± 0,80	24,07 ± 0,04
Крапива	45% спиртовой раствор	60	81,37 ± 0,54	16,19 ± 0,16
Сныть		60	17,37 ± 0,94	5,35 ± 0,29
Крапива	80% спиртовой раствор	60		6,36 ± 0,18
Сныть		60	39,42 ± 1,79	8,58 ± 0,38

Значения АОА восстановленных водных экстрактов в течение трех суток остается неизменным. Для идентификации фенольного комплекса спиртовых экстрактов применяли метод ТСХ [6]. Были обнаружены 11 веществ, 3 из которых идентифицировали с использованием внешних стандартов (таблица 2).

Таблица 2

Идентификация фенольных кислот в водно-спиртовых экстрактах сныти и крапивы методом ТСХ

Наименование идентифицируемого соединения	Элюент	Проявитель	R _f
Галловая кислота	бензол: этанол: уксусная кислота (90:16:8)	5 % спиртовой раствор фосфомолибденовой кислоты	0,30
Кофейная кислота			0,47
Кумаровая кислота			0,65

Список литературы

1. Halliwell, B. Reactive oxygen species in living systems: source, biochemistry, and role in human disease/ B. Halliwell. American Journal of Medicine. 1991. – N 91. – P. 14-22.
2. Gulcin, I., Antioxidant, antimicrobial, antiulcer and analgesic activities of nettle (*Urtica dioica* L.) / O.I. Kufrevioglu, M. Oktay, M.E. Buyukokuroglu. //J. Ethnopharmacol. – 2004. – N.90. – P.205-215.
3. Цюпко, Т. Г. Определение суммарного содержания антиоксидантов методом FRAP / И.С. Петракова, Н.С. Бриленок, Н.А. Николаева, Д.А. Чупрынина, З.А., Темердашев, В.И. Вершинин //Аналитика и контроль. – 2011. – № 3. – 287-289.

4. Prieto, P. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E / Pineda M., Aguilar M. //Analytical biochemistry. – 1999. – V. 269. – №. 2. – P. 337-341/
5. Агеев, В. А. Фармакогностическое исследование *Aegopodium podagraria* L. Флоры Сибири и перспективы ее применения в медицине для снижения побочных эффектов противоопухолевых средств / Агеев В. А., Ханина М.А., Сенькова А. В., Макарова Д. Л. // Вестн. Пермской государственной фармацевтической академии: Научно-практический журн. – 2010. – № 7. – С. 16–181.
6. Duve, K.J. Extraction and Identification of Antioxidants in Oats / P.J. White //Journal of the American Oil Chemists' Society. – 1991. – Vol. 68. – N. 6. – P.365-380.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБИОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕПТИДНЫХ ФРАКЦИЙ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA* *SOROKINIANA*

М. С. Темнов, Я. В. Устинская, К. И. Меронюк

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов, Россия
temnov.mihail@mail.ru

Аннотация: Проведены экспериментальные исследования антибиотических свойств пептидной фракции микроводорослей. Было установлено, что пептидная водорастворимая фракция, полученная из белков микроводорослей при ее обработке пепсином, проявляла антибиотические свойства как при освещении белым светом, так и в темноте, минимальная ингибирующая концентрация ≈ 400 -500 мкг.

Ключевые слова: микроводоросли, пептиды, антибиотический эффект.

STUDY OF THE ANTIBIOTIC PROPERTIES OF PEPTIDE FRACTIONS OF THE BIOMASS OF MICROALGAE *CHLORELLA SOROKINIANA*

M. S. Temnov, Ya. V. Ustinskaya, K. I. Meronyuk

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Abstract: Experimental studies of the antibiotic properties of the peptide fraction of microalgae have been carried out. It was found that the peptide water-soluble fraction obtained from microalgae proteins upon its treatment with pepsin exhibited antibiotic properties both under white light illumination and in the dark, the minimum inhibitory concentration being ≈ 400 -500 μg .

Keywords: microalgae, peptides, antibiotic effect.

Возрастающая антибиотикорезистентность и проблемы, вызванные ей (снижение средней продолжительности жизни человека, снижение продуктивности различных отраслей сельского хозяйства) могут оказать значительное влияние на мировую экономику [1]. Перспективными продуцентами таких биологически активных веществ могут являться микроводоросли. Эти микроорганизмы представляют особый интерес, так как за время своего существования в водной среде (покрывает более 71 % планеты) разработали стратегии устойчивости и защиты, чтобы противостоять воздействию патогенных бактерий, вирусов и грибов [2]. Водные микроорганизмы отличаются значительным биоразнообразием и метаболическими способностями, не имеющими аналогов в наземных системах, что делает их привлекательной мишенью для биопоиска. Несмотря на то, что в последние годы увеличилось число исследований, описывающих новые биологически активные соединения, производимые микроводорослями, эти микроорганизмы

представляют собой относительно малоизученный источник биологически активных соединений. Например, в исследованиях [3,4] изучалась антибактериальная активность пептидных фракций микроводорослей *Chlorella vulgaris* в отношении грамотрицательных бактерий *Escherichia coli*. Было установлено, что антибактериальный эффект гидролизата был в несколько раз больше, чем эффект целых белков микроводорослей, что объясняется тем, что пептиды провоцировали разрыв клеточной стенки бактерий и ингибирование роста их клеток.

В связи с этим, целью данной работы были проверка наличия у пептидного концентрата микроводорослей антибиотических свойств в отношении грамположительных палочковидных бактерий, а также определение минимальной ингибирующей концентрации пептидного концентрата.

Микроводоросли *Chlorella sorokiniana*, полученные из Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, культивировались в фотобиореакторе (5 л) при температуре $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$, уровне фотосинтетически активной радиации (ФАР) = 100 ± 20 мкмоль фотонов/ $(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, аэрации газовой смеси с концентрацией углекислого газа 0,02 % (расход $1 \pm 0,2$ л/мин), на среде Таммийя.

Белковые соединения извлекались из предварительно разрушенных клеток микроводорослей. Разрушение клеток проводилось при воздействии ультразвука мощностью 150 Вт в течение 300 с и фермента лизоцима (20 мг/г) при температуре 37°C в течение 4 ч. Экстракцию водорастворимых соединений из биомассы проводили в течение 20 ч при температуре 4°C с использованием в качестве растворителя фосфатного буфера (рН..7,2-7,4).

Пептидная фракция была получена из белковой, путем гидролиза белков ферментом пепсином, взятом в соотношении 1 (массовая единица фермента) : 100 (массовых единиц биомассы клеток). Обработка осуществлялась при рН..2 в течение 4 часов. Инактивация фермента осуществлялась путем нагревания смеси до температуры 85°C в течение 15 минут. Выравнивание уровня рН осуществлялось 1 М гидроксидом натрия до уровня 7. Содержание белка в экстракте определяли с использованием спектрофотометрического метода [5]. Был получен раствор пептидов концентрацией 9,32 мг/мл.

Определение минимальной ингибирующей концентрации пептидного концентрата клеток микроводорослей *Chlorella sorokiniana*, на грамположительные бактерии осуществлялся с применением метода лунок согласно методике, описанной в работе [6].

На первом этапе эксперимента стерильным инструментом в среде Мюллера-Хинтон (МХА) (толщина слоя агара в чашке $4 \pm 0,5$ мм), которая была помещена в чашки Петри, проделывались лунки размером 6-7 мм. Затем, в чашку Петри на питательную среду с проделанными лунками вносилось 50 мкл грамположительных бактерий с концентрацией примерно $99,9 \cdot 10^6$ КОЕ/мл. Далее в лунки вносилось определенное количество водорастворимой пептидной фракции (согласно таблице 1). Чашки Петри с внесенной бактериальной культурой помещались в термостат и культивировались при температуре 37°C . Часть чашек Петри освещалась белым светом с уровнем фотосинтетически активной радиации (ФАР) = 100 ± 20 мкмоль фотонов/ $(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Положительный контроль во всех экспериментах – азитромицин – 15 мкг. Отрицательный контроль – фосфатный буфер рН..7,4 – 80 мкл.

Схема эксперимента

№	Объем, вносимый на диск, мкл	Кол-во пептидов на диске, мкг	Свет
1	86	800	+
2	75	700	+
3	64	600	+
4	54	500	+
5	43	400	+
6	11	100	+
7	5	50	+
8	86	800	-
9	75	700	-
10	64	600	-
11	54	500	-
12	43	400	-
13	11	100	-
14	5	50	-

Результаты эксперимента, представленные в таблице 2., позволяют сделать вывод о том, что водорастворимая пептидная фракция, извлеченная из клеток микроводорослей *Chlorella vulgaris* Beijer IPPAS C-1 (*Chlorella sorokiniana*) оказывает ингибирующее действие на рост грамположительных бактерий как при освещении белым светом $\Phi AP = 100 \pm 20$ мкмоль фотонов/(м²·с), так и в темноте (0 мкмоль фотонов/(м²·с)), минимальная ингибирующая концентрация пептидной фракции ≈ 400 -500 мкг.

Можно предположить, что в процессе гидролиза белков микроводорослей пепсином образуются короткоцепочечные пептиды, содержащие большое количество положительно заряженных аминокислот (аргинин, гистидин, лизин), именно эти пептиды могут встроиться в отрицательно заряженную цитоплазматическую мембрану бактериальной клетки (бактериальные клеточные мембраны имеют больший отрицательный заряд по сравнению с эукариотическими клетками) [7].

Такие пептиды, как «штопор», могут «вкрутиться» в цитоплазматическую мембрану, образуя в ней канал, через который внутреннее содержимое клетки будет вытекать наружу, что приведет к гибели бактериальной клетки.

Для уточнения механизма действия пептидов микроводорослей необходимо идентифицировать конкретные пептидные фракции, обладающие антибактериальным эффектом, например, с применением гель-хроматографии.

Затем необходимо установить аминокислотный состав антибактериальных пептидов, это позволит определить их общий заряд и возможную пространственную структуру. Эти эксперименты позволят более четко установить возможный механизм антибактериального действия пептидов микроводорослей.

Таблица 2

Схема эксперимента

№	Кол-во вещ-ва на диске, мкг	Свет	D ₁ , мм	D ₂ , мм	D ₃ , мм	D _{ср} , мм
1	800	+	12,7	12,7	12,7	12,7
2	700	+	11,3	11,3	11,7	11,4
3	600	+	11,4	11,3	10,5	11,1
4	500	+	11,0	10,3	11,0	10,8
5	400	+	10	7,3	7,3	8,2
6	100	+	-	-	-	-
7	50	+	-	-	-	-
8	800	-	12,4	13,3	12,3	12,7
9	700	-	10,5	12,5	11,5	11,5
10	600	-	11,1	11,1	11,5	11,2
11	500	-	11,0	11,4	10,7	11
12	400	-	9	-	12,3	7,1
13	100	-	-	-	-	-
14	50	-	-	-	-	-

Список литературы

1. O'Neill, J. Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations / J. O'Neill. – 2016. – 84 p.
2. Microalgae and cyanobacteria strains as producers of lipids with antibacterial and antibiofilm activity / V. Cepas, I. Gutiérrez-Del-Río, Y. López et al. // Mar. Drugs. – 2021. – Vol. 19. – P. 675-694. doi: 10.3390/md19120675.
3. Nanomaterials and molecular transporters to overcome the bacterial envelope barrier: Towards advanced delivery of antibiotics / R. S. Santos, C. Figueiredo, N. F. Azevedo et al. // Adv. Drug Deliv. Rev. – 2018. – Vol. 137. – P. 28-48. doi: 10.1016/j.addr.2017.12.010.
4. Target CPP: Accurate prediction of cell-penetrating peptides from optimized multi-scale features using gradient boost decision tree / M. Arif, S. Ahmad, F. Ali et al. // J. Comput. Aided Mol. Des. – 2020. – Vol. 34. – P. 841-856. doi: 10.1007/s10822-020-00307-z.
5. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии / Э. Эйкен, А. Р. Бейдоун, Дж. Файфф и др. ; под редакцией К. Уилсон, Дж. Уолкер ; перевод Т. П. Мосолова, Е. Ю. Бозелек-Решетняк. – 3-е изд. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. – 853 с.
6. Егоров, Н. С. Основы учения об антибиотиках: учебник, 6-е изд., перераб. и доп. / Н. С. Егоров. – М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004. – 528 с.
7. Matsuzaki, K. Control of cell selectivity of antimicrobial peptides / K. Matsuzaki // Biochim Biophys Acta. – 2009. – Vol. 1788, № 8. – P. 1687-1692. doi: 10.1016/j.bbamem.2008.09.013.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБИОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИПИДНОЙ ФРАКЦИЙ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA SOROKINIANA*

М. С. Темнов, Я. В. Устинская, М. А. Еськова, К. И. Меронюк

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов, Россия
temnov.mihail@mail.ru

Аннотация: Исследованы антибиотические свойства липидной фракции эндометаболитов микроводорослей *Chlorella sorokiniana*. В липидной фракции содержались длинноцепочечные спирты в концентрации 35 мг/мл; триацилглицериды в концентрации 47,5 мг/мл; О-диалкилмоноглицериды в концентрации 25 мг/мл; эфиры стеренов или триалкиловые эфиры глицерина в концентрации 30 мг/мл. Установлено, что эта неполярная липидная фракция оказывает ингибирующее действие на рост грамположительных бактерий при освещении белым светом (ФАР) 100 ± 20 мкмоль фотонов/(м²·с), минимальная ингибирующая концентрация ≈ 330 мкг. В отсутствие освещения ингибирующий эффект отсутствовал.

Ключевые слова: микроводоросли, липиды, грамположительные бактерии, антибиотический эффект.

STUDY OF THE ANTIBIOTIC PROPERTIES OF THE LIPID FRACTION OF THE BIOMASS OF MICROALGAE *CHLORELLA SOROKINIANA*

M. S. Temnov, Ya. V. Ustinskaya, M. A. Eskova, K. I. Meronyuk

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Abstract: The antibiotic properties of the lipid fraction of the endometabolites of microalgae *Chlorella sorokiniana* have been studied. The lipid fraction contained long-chain alcohols at a concentration of 35 mg/ml; triacylglycerides at a concentration of 47.5 mg/ml; O-dialkylmonoglycerides at a concentration of 25 mg/ml; sterol esters or trialkyl ethers of glycerol at a concentration of 30 mg/ml. It was found that this non-polar lipid fraction has an inhibitory effect on the growth of gram-positive bacteria when exposed to white light (PAR) of 100 ± 20 μ mol photons/(m² s), the minimum inhibitory concentration is ≈ 330 μ g. In the absence of illumination, there was no inhibitory effect.

Keywords: microalgae, lipids, gram-positive bacteria, antibiotic effect.

Повсеместное применение антибиотических средств при лечении заболеваний и в сельском хозяйстве приводит к появлению резистентных патогенных микроорганизмов и истощению пула эффективных антибактериальных средств. При этом, по оценкам обзора [1] устойчивости к противомикробным препаратам,

опубликованного в 2016 году, к 2050 году от бактериальных резистентных инфекций может ежегодно умирать до 10 миллионов человек. В связи с этим, актуальным является поиск новых антибиотических природных соединений, перспективными продуцентами таких биологически активных веществ могут являться микроводоросли [2, 3].

В связи с этим целью работы было исследование антибиотических свойств липидной фракции, извлеченной из клеток микроводорослей *Chlorella sorokiniana*, определение минимальной ингибирующей концентрации неполярной липидной фракции в отношении грамположительных бактерий.

Культивирование штамма микроводорослей осуществлялось в фотобиореакторе (5 л) при температуре $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$, уровне фотосинтетически активной радиации (ФАР) $= 100 \pm 20$ мкмоль фотонов/ $(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, аэрации газовой воздушной смесью с концентрацией углекислого газа 0,02 % (расход $1 \pm 0,2$ л/мин) на среде Таммийя. Дезинтеграция клеток осуществлялась при последовательном воздействии фермента лизоцима, взятого в количестве 15 мг/г биомассы, при температуре обработки 37°C , режиме перемешивания в шейкере-инкубаторе 60 оборотов в минуту в течение 4 часов и воздействии СВЧ-излучения мощностью 560 Вт в течение 30 с (3 операции обработки с обязательным контролем температуры – не более 60°C). Разрушенные клетки микроводорослей сушили до постоянной массы при температуре 60°C до постоянной массы. Экстракция неполярной фракции осуществлялась путем добавления к биомассе петролейного эфира в соотношении 1 г : 12,5 мл в течение 10 ч при температуре 45°C . Качественный анализ неполярной фракции осуществлялся методом тонкослойной хроматографии [4]. Определение массовой доли извлеченных липидов осуществлялось по формуле:

$$M_{\text{л}} = ((m_1 - m_2) / m_1) \cdot 100 \%,$$

где $M_{\text{л}}$ – массовая доля извлеченных липидов, %; m_1 – масса высушенной биомассы клеток микроводорослей до экстракции, г; m_2 – масса высушенной биомассы клеток микроводорослей после экстракции, г.

Поиск минимальной ингибирующей концентрации неполярной липидной фракции, извлеченной из клеток микроводорослей *Chlorella sorokiniana*, на грамположительные бактерии осуществлялся с помощью метода дисков, согласно методике, описанной в [5]. Экспериментальное исследование по определению минимальной ингибирующей концентрации осуществлялось согласно схеме, описанной в таблице 1. Определенная доза неполярной липидной фракции (согласно таблице 1) помещалась на диск размером 5 мм. Диски помещались на чашки Петри со средой Мюллера-Хинтон (МХА) (толщина слоя агара в чашке $4 \pm 0,5$ мм), на которую вносилось 50 мкл бактерий (Грам+) с концентрацией $99,9 \cdot 10^6$ КОЕ/мл. Затем чашки Петри помещались в термостат и культивировались при температуре 37°C . Часть чашек Петри освещалась белым светом с уровнем фотосинтетически активной радиации (ФАР) $= 100 \pm 20$ мкмоль фотонов/ $(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ (уровень освещенности, при котором штамм культивировался). Положительный контроль во всех экспериментах – азитромицин – 15 мкг. Отрицательный контроль – петролейный эфир – 80 мкл. Эксперимент повторялся три раза.

Анализ результатов эксперимента (рисунок 1) позволяет сделать вывод, что состав извлеченной из клеток микроводорослей неполярной фракции сходен с составом рафинированного подсолнечного масла. В неполярной фракции содержались:

1) длинноцепочечные спирты ($R_f = 0,13$) в концентрации 35 мг/мл;

2) триацилглицериды ($R_f = 0,38$) в концентрации 47,5 мг/мл;

3) О-диалкилмоноглицериды ($R_f = 0,74$) в концентрации 25 мг/мл;

4) Эфиры стериннов или эфиры восков или триалкиловые эфиры глицерина ($R_f = 0,85$) в концентрации 30 мг/мл.

Общая концентрация веществ липидной природы в смеси составляла приблизительно 138 мг/мл.

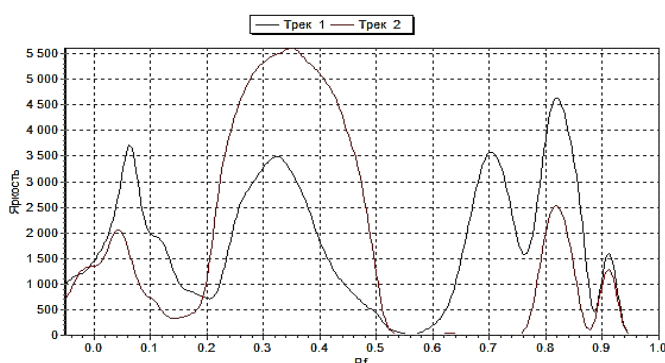


Рис. 1. Хроматограмма неполярной фракции, извлеченной из клеток микроводорослей, (трек 1) и рафинированного подсолнечного масла (трек 2)

Таблица 1

Схема эксперимента

№ образца	Концентрация экстракта, мг/мл	Экстракт на диск, мкл	Количество веществ на диске, мкг	Свет
0	138	55	7590	-
1	138	55	7590	+
2	138	39	5380	+
3	138	23,5	3243	+
4	138	8	1104	+
5	138	4	552	+
6	13,8	32	440	+
7	13,8	24	330	+
8	13,8	16	220	+
9	13,8	8	110	+
10	13,8	5,5	76	+
11	13,8	4	55	+
12	13,8	2,5	35	+
13	0,138	78	11	+
14	0,138	55	8	+
15	0,138	23,5	3	+
16	0,138	8	1	+
17	0,138	4	0,6	+

Результаты эксперимента представлены в таблице 2, их анализ позволяет сделать вывод о том, что неполярная липидная фракция, извлеченная из дезинтегрированных клеток биомассы микроводорослей *Chlorella sorokiniana*, оказывает ингибирующее действие на рост грамположительных бактерий при освещении белым светом (ФАР) 100 ± 20 мкмоль фотонов/(м²·с), минимальная ингибирующая концентрация неполярной липидной фракции ≈ 330 мкг.

Таблица 2

Результаты эксперимента

№	Концентрация экстракта, мг/мл	Экстракт на диск, мкл	Количество веществ на диске, мкг	Свет	D ₁ , мм	D ₂ , мм	D ₃ , мм	D _{ср} , мм
0	138	55	7590	-	-	-	-	-
1	138	55	7590	+	12	7	10	10
2	138	39	5380	+	10	12	8	10
3	138	23,5	3243	+	10	9	10	9,3
4	138	8	1104	+	10	10	9	9,3
5	138	4	552	+	9	8	9	8,7
6	13,8	32	440	+	7	8	9	8
7	13,8	24	330	+	7	6	6	6,7
8	13,8	16	220	+	-	-	-	-
9	13,8	8	110	+	-	-	-	-
10	13,8	5,5	76	+	-	-	-	-
11	13,8	4	55	+	-	-	-	-
12	13,8	2,5	35	+	-	-	-	-
13	0,138	78	11	+	-	-	-	-
14	0,138	55	8	+	-	-	-	-
15	0,138	23,5	3	+	-	-	-	-
16	0,138	8	1	+	-	-	-	-
17	0,138	4	0,6	+	-	-	-	-

При этом, в отсутствии освещения (ФАР = 0 мкмоль фотонов/(м²·с)) ингибирующий эффект отсутствовал даже при внесении на диск максимального количества неполярных веществ 7590 мкг.

Список литературы

1. O'Neill, J. Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations / J. O'Neill. – 2016. – 84 p.
2. Sun, Y. Isolation and characterization of an antibacterial peptide from protein hydrolysates of *Spirulina platensis* / Y. Sun, R. Chang, Q. Li et al. // European Food Research Technology. – 2015. – P. 1-8. doi:10.1007/s00217-015-2576-x.
3. Nagarajan, M. SAR analysis and bioactive potentials of freshwater and terrestrial cyanobacterial compounds: A review / M. Nagarajan, V. Maruthanayagam, M. J. Sundararaman // Appl. Toxicol. – 2013. – Vol. 33. – P. 313-349. doi: 10.1002/jat.2833.
4. Денситометр Сорбфил. Версия 2.0: Руководство пользователя. – Краснодар: Имид, 2013. – 19 с.
5. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам: рекомендации Межрегиональной ассоциации по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии. – 2021. – 225 с.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КЕФИРОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ЗАКВАСОК

С. В. Ульянова, А. А. Салина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
ulyanovasv99@yandex.ru

Аннотация: Проведены исследования органолептических, физико-химических показателей кисломолочных продуктов получаемых с помощью различных кефирных заквасок. В результате обработки полученных данных были проанализированы эффективность использование различных заквасок и качество получаемых кисломолочных продуктов.

Ключевые слова: кефирные грибки, закваска, кисломолочные продукты, кислотность, микроскопирование.

QUALITY INDICATORS OF KEFIRS OBTAINED WITH THE USE OF VARIOUS STARTER CULTURES

S. V. Ulyanova, A. A. Salina

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Studies of organoleptic, physico-chemical parameters of fermented milk products obtained with the help of various kefir starter cultures have been carried out. As a result of processing the data obtained, the effectiveness of the use of various ferments and the quality of the resulting fermented milk products were analyzed.

Keywords: kefir fungi, sourdough, fermented milk products, acidity, microscopy.

Всем известно, что усвояемость кисломолочных продуктов выше, чем усвояемость самого молока, поскольку они влияют на секреторную деятельность желудка и кишечника, благодаря чему железы пищеварительного тракта интенсивно выделяют ферменты, ускоряющие переваривание пищи. Их диетические свойства определены благотворным воздействием микроорганизмов и веществ на организм человека [1].

В настоящее время очень большой ассортимент кисломолочных продуктов. Ежедневно на витринах магазинов возникает что-то новое, где каждый найдет свое любимый продукт. Однако есть и те, кто очень щепетилен в выборе кисломолочных напитков, поэтому им нравится готовить их самостоятельно, это показывает, что это относительно простой процесс и по приемлемой цене.

Закваска – это небольшая коробочка, внутри которой находится пакетик с высушенными штаммами бактерий. Из них вы легко сможете приготовить абсолютно любой кисломолочный продукт самостоятельно и не один раз.

Объектом исследования в данном проекте являются сухие и сублимированные закваски для приготовления кефира. Для изучения органических, физико-химических параметров и дальнейшей микроскопии были получены следующие закваски, характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика кефирных заквасок, используемых для приготовления кисломолочных продуктов

	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
1	2	4	5	6
Наименование	Натуральные лиофилизированные кефирные грибки «Здоровеево»	Биокультура кисломолочная (закваска) «Молочный гриб»	Заводская кефирная закваска	Закваска для кефира
Производитель	ИП Лапшин Максим Юрьевич	ООО «Планета»	ООО «Казанский молочный комбинат»	ООО «Зеленые линии»
Состав	Натуральная симбиотическая культура дрожжей, молочнокислых и уксуснокислых бактерий	Биокультура кисломолочная (закваска), молоко цельное	Биокультура кисломолочная (закваска), молоко цельное	Закваска, приготовленная на кефирных грибах

Для приготовления кисломолочных продуктов применялось молоко марки «Очень важная корова» с массовой долей жира 2,5 %.

Культивирование проводилось при температуре 30-37 °С в течении 72 часов. Через каждые 24 часа кефирные грибки процеживались через пластиковое сито, далее промывались в прохладной воде и вносились в новую порцию теплого молока.

Изучение готового продукта исследовалось по следующим показателям: органолептические (вкус, запах, цвет, консистенция), физико-химические (определение титруемой кислотности) и микроскопическое исследование.

По органолептическим показателям кефир должен соответствовать требованиям, указанным в ГОСТ 31454-2012 «Кефир. Технические условия» (таблица 2) [2].

Кислотность кисломолочных продуктов определяется по ГОСТ 3624-92 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности» [3]. Исследование проводилось в пяти повторностях.

Объекты микроскопировались при увеличении x1000 после приготовления препаратов, окрашенных метиленовым синим и по Грамму.

После культивирования кефирной закваски были получены следующие результаты органолептической оценки, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Органолептические показатели качества исследуемых образцов кефира

Наименование образца	Внешний вид и консистенция	Вкус и запах	Цвет
Образец №1	Однородная с нарушенным сгустком (разрыв). На поверхности присутствует сыворотка. При перемешивании частично появились хлопья. После быстрого перемешивания продукт стал однородным и жидким. Без газообразования	Чистый, кисло-молочный, более мягкий, без посторонних привкусов и запахов, присутствие дрожжевого запаха..	Молочный, равномерный по всей массе
Образец №2	Однородная с нарушенным сгустком (разрыв). На поверхности присутствует сыворотка. При перемешивании частично появились хлопья. Присутствует газообразование.	Чистый кисло-молочный запах, присутствие дрожжевого запаха.	Молочный, равномерный по всей массе
Образец №3	Однородная с нарушенным сгустком (разрыв). На поверхности присутствует сыворотка. При перемешивании частично появились хлопья. После быстрого перемешивания продукт стал однородным и жидким. Без газообразования	Чистый, кисло-молочный, более мягкий, без посторонних привкусов и запахов, дрожжевого привкуса нет.	Молочный, равномерный по всей массе
Образец №4	Однородная с ненарушенным сгустком, в меру вязкая, кремообразная. После перемешивания выделилась сыворотка и хлопья. После интенсивного перемешивания продукт стал однородным, плотным, глянцевым.	Чистый кисло-молочный, приятный, без посторонних привкусов и запахов.	Молочный, равномерный по всей массе

Изучив полученные результаты, было установлено, что все образцы по органолептическим показателям соответствуют требованиям ГОСТ 31454-2012.

Исследование титруемой кислотности кисломолочного продукта проводилось в пяти повторностях. Результаты определения титруемой кислотности исследуемых образцов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели титруемой кислотности исследуемых образцов

Номер образца	Кислотность, ° Т
Образец №1	126,2
Образец №2	122,8
Образец №3	118,6
Образец №4	109,2

Для сравнения приведен график на рисунке 1.

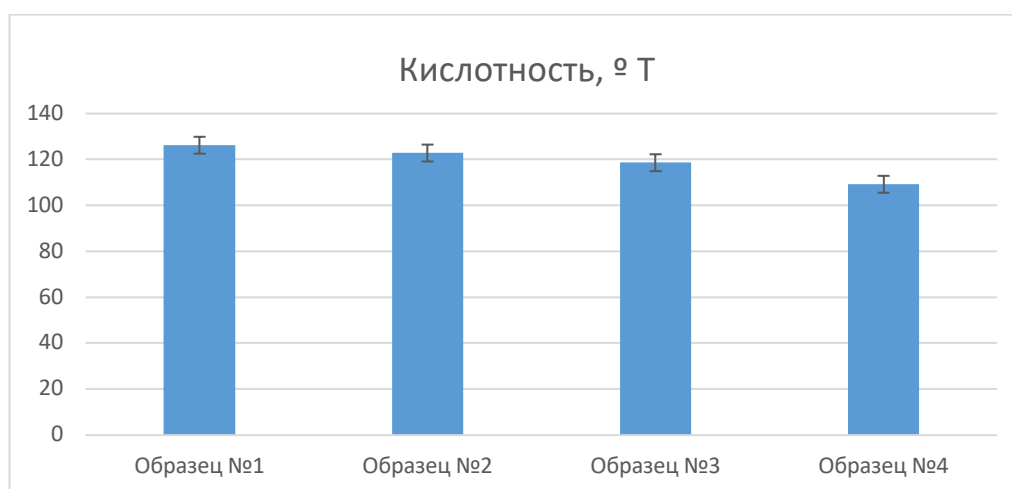


Рис. 1. Сравнительный график кислотности титруемых образцов

Качество кисломолочных продуктов зависит от используемой закваски. Оно должно иметь густую однородную молочную чашу, быть привлекательным на вкус, иметь определенный приятный запах и определенное количество титруемой кислотности в соответствии с технологическим требованием. С повышением кислотности смеси снижается активность исходных бактерий, что увеличивает продолжительность свертывания молока и ухудшает качество конечного продукта [4].

Проанализировав рисунок 1, можно сделать выводы, что все образцы соответствуют нормативным значениям, указанным в нормативных документах на конкретный продукт (кефир 85 – 130 °Т).

Все кисломолочные продукты имеют общую особенность технологии производства, а именно ферментацию путем введения в них дрожжей или молочнокислых бактерий. Кисломолочный продукт, который получается в результате жизнедеятельности кефирных зерен, является одновременно продуктом молочнокислого и спиртового брожения. кефирный продукт, образующийся в результате жизнедеятельности кефирных зерен, считается продуктом молочнокислого и спиртового брожения. Кефир содержит не только молочную кислоту, но также спирт и углекислый газ [4].

Молочнокислые бактерии (МКБ) способны сбраживать углеводы с образованием молочной кислоты. МКБ относятся к трём семействам: *Lactobacteriaceae*, *Streptococcaceae* и *Peptococcaceae*. Характерные виды МКБ относятся к родам *Streptococcus*, *Lactobacillus* и *Leuconostoc* [4]. В качестве источника энергии в процессе брожения МКБ используют углеводы и выделяют молочную кислоту.

Образец № имеет очень разнообразный состав микрофлоры, включающий в себя палочковидные формы молочнокислых бактерий, они считаются активными кислотообразователями. А вот образец № 4 имеет кислотность меньше всех, это свидетельствует о небольшом количестве в составе палочковидных бактерий.

Микроскопический анализ исследуемых образцов подробно представлен на рисунках 2, 3, 4 и 5.

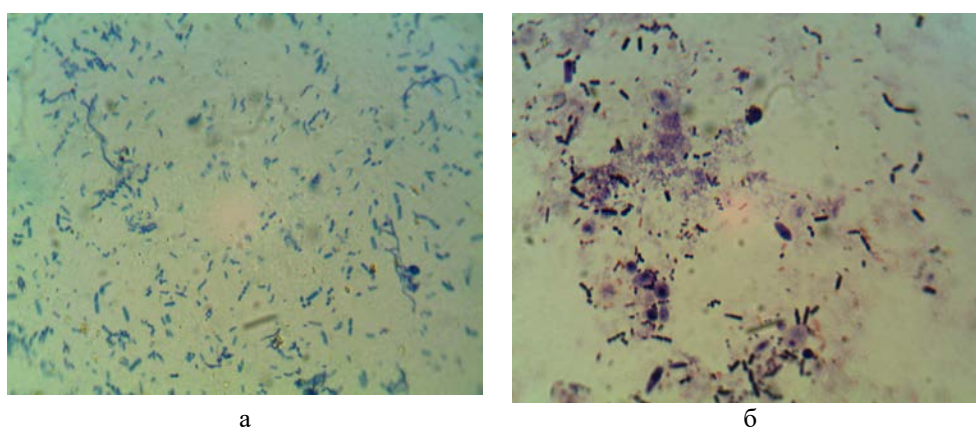


Рис. 2. Микроскопическая картина образца 1: а) окраска метиленовым синим: диплококки, стрептококки, палочки, дрожжи; б) окраска по Грамму: грамотрицательные и грамотрицательные палочки, грамположительные диплококки и стрептококки, дрожжи

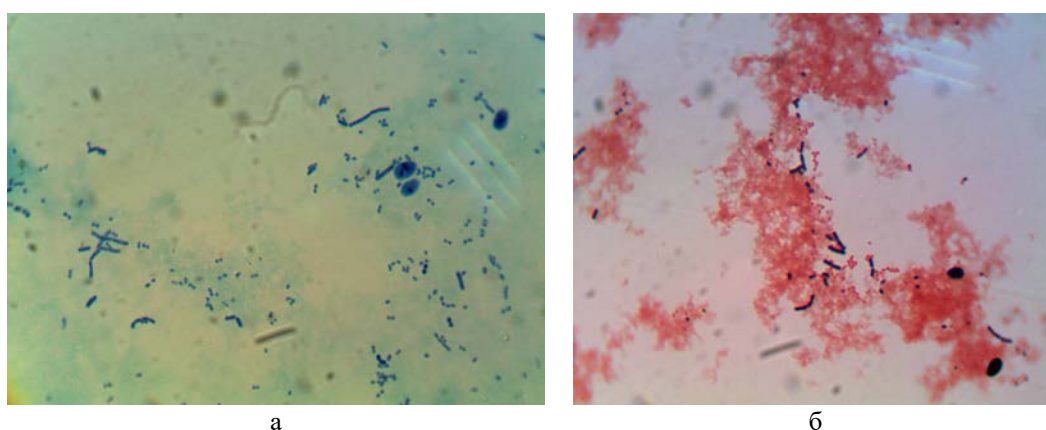
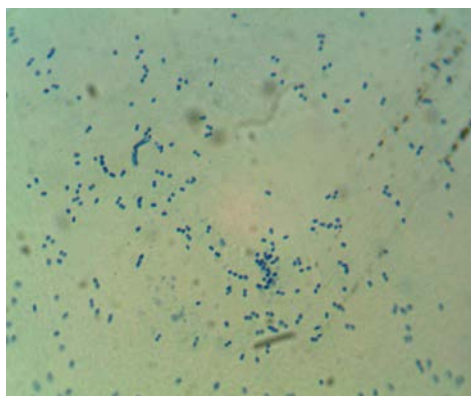


Рис. 3. Микроскопическая картина образца 2: а) окраска метиленовым синим: диплококки, стрептококки, палочки, дрожжи; б) окраска по Грамму: грамотрицательные и грамотрицательные палочки, грамположительные диплококки, дрожжи

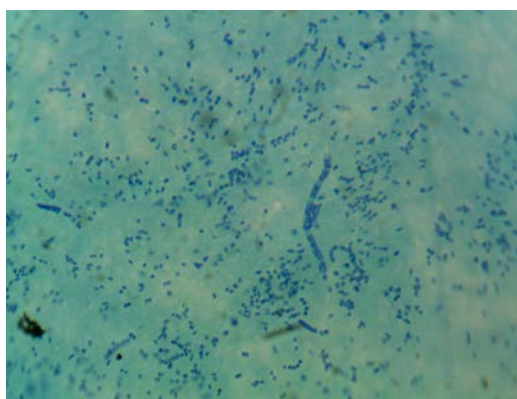


а

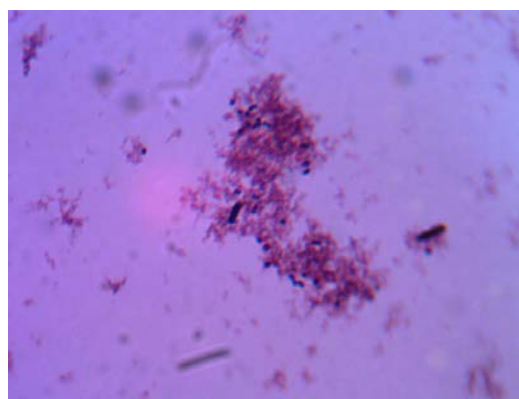


б

Рис. 4. Микроскопическая картина образца 3: а) окраска метиленовым синим: диплококки, стрептококки, палочки; б) окраска по Грамму: грамположительные и грамотрицательные диплококки



а



б

Рис. 5. Микроскопическая картина образца 4: а) окраска метиленовым синим: диплококки, стрептококки, палочки; б) окраска по Грамму: грамположительные диплококки, грамположительные палочки

Микроскопический анализ показал, что стрептококки и диплококки присутствуют во всех образцах. Дрожжи также были обнаружены в образцах № 1 и 2. Грамположительные палочки были обнаружены в образцах 1, 2, 3 и 4, а микрофлора в образцах 1 и 2 разнообразна грамотрицательными палочками.

В заключении, можно прийти к выводу, что кисломолочные продукты, полученные в результате брожения в данной работе, имеют разнообразный состав разных групп микроорганизмов, которые благоприятно влияют на организм человека в целом.

Все образцы соответствуют органолептическим и физико-химическим показателям, микроскопические параметры также соответствуют нормам.

Исследования показали, что образец номер 1 имеет более богатую микрофлору и насыщенный кисловатый вкус. Органолептические показатели относятся к готовому продукту - кефиру.

Таким образом, можно сделать вывод, что домашний кисломолочный продукт, взятый из образца кефирной закваски, ближе к качеству.

Список литературы

1. Шепелев, А.Ф. Товароведение и экспертиза молока и молочных продуктов: учебное пособие/ А.Ф. Шепелев, О.И. Кожухова. – Ростов н/Д: издательский центр «МарТ», 2001. – 128 с.
2. ГОСТ 31454-2012. Кефир. Технические условия.
3. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.
4. Gulahmadov, S.G. Isolation and identification of lactic acid bacteria from some Azerbaijani yogurts / S.G. Gulahmadov // Труды Института Микробиологии НАНА Азербайджана. – Баку: Элм, 2008. – Т. VI. – С. 156-162.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕКОЛЬНОЙ ДОБАВКИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУЛЬТУР РЖАНОЙ ГУСТОЙ ЗАКВАСКИ

Д. М. Ушакова, О. Е. Темникова

ФГБОУ ВО «Самарский Государственный Технический университет»,
г. Самара, Россия
dmushakova@yandex.ru

Аннотация: В рамках данной работы были проведены исследования влияния добавок овощного сырья, в частности столовой свеклы, на качество такого важного для хлебопечения полуфабриката, как ржаная закваска. В процессе сбора, систематизации и обработки полученных результатов была установлена зависимость физико-химических и микробиологических показателей закваски от количества вносимого пюре и сублимированного порошка из столовой свеклы сорта Бордо 237. Использование овощного сырья для интенсификации процесса выращивания микрофлоры закваски является перспективным, так как оно содержит все необходимые для этого нутриенты.

Ключевые слова: ржаная закваска, микрофлора, дрожжи, молочнокислые бактерии, столовая свекла, свекольное пюре, свекольный сублимированный порошок.

PROSPECTS FOR THE USE OF BEET ADDITIVES IN THE CULTIVATION OF RYE THICK STARTER CULTURES

D. M. Ushakova, O. E. Temnikova

Samara State Technical University, Samara, Russia

Abstract: As part of this work, studies were conducted on the effect of additives of vegetable raw materials, in particular table beet, on the quality of such an important semi-finished product for baking as rye sourdough. In the process of collecting, systematizing and processing the experimental results obtained, the dependence of the physico-chemical and microbiological parameters of the starter culture on the amount of mashed potatoes and freeze-dried powder from table beet of the Bordo 237 variety was established. The use of vegetable raw materials to intensify the process of growing the microflora of the starter culture is promising, since it contains all the nutrients necessary for this.

Keywords: rye sourdough, microflora, yeast, lactic acid bacteria, table beet, beet puree, freeze-dried beet powder.

Перед современной пищевой промышленностью стоит ключевая задача – расширение ассортимента за счет производства продукции лечебно-профилактического и функционального назначения. В связи с этим немаловажное значение

занимает внедрение биотехнологических методов, что позволят интенсифицировать все этапы производства готовой продукции, стабилизировать и улучшить её качество, а также сэкономить основные ресурсы.

Производимая хлебопекарной промышленностью продукция является наиболее удобным объектом для различного рода улучшений.

Для повышения питательных и биологических свойств хлебобулочных изделий перспективным является введение в технологию производства использования нетрадиционного растительного сырья с богатым химическим составом, что позволит активизировать биотехнологические процессы при получении хлеба.

Всё чаще люди отдают предпочтение изделиям из смеси ржаной и пшеничной муки, приготовленным на заквасках. Такой спрос обоснован их диетическими, полезными свойствами. Они обладают ярко выраженным вкусом и ароматом, содержат большое количество клетчатки, по сравнению с изделиями из пшеничной муки имеют низкую калорийность [1].

Характерные вкус и аромат ржаные и ржано-пшеничные изделия приобретают в результате действия закваски – основного полуфабриката хлебопекарного производства.

Закваска также участвует в повышении прочности структуры теста, её применяют как улучшитель, хлебный мякиш становится эластичным и воздушным. Изделие на закваске дольше хранится, менее подвержено черствению и плесневению, так как повышенная кислотность вытесняет патогенную микрофлору [2, 3].

Ржано-пшеничные и ржаные изделия на закваске можно использовать для питания людям с глютеновой энтеропатией, так как при соблюдении технологических режимов происходит ферментный гидролиз глютена.

Ржаная закваска – это симбиоз молочнокислых бактерий и дрожжевых клеток. Множество факторов влияют на её качество, ключевым из которых является питательная среда, используемая для развития заквасочных культур [4].

Основным способом улучшения качества ржаных заквасок является внесение в них овощных добавок, богатых углеводсодержащими веществами, минеральными и азотистыми соединениями, а также витаминами.

Российская Федерация обладает большими потенциалом по возделыванию различного рода культур. Одним из часто выращиваемых корнеплодов, наряду с картофелем, морковью, редькой, является свекла столовая.

Самарская область находится на 4 месте по сбору столовой свеклы, в частности свеклы сорта Бордо 237. Она содержит целый ряд ценных компонентов в своем составе: включает белки, жиры и углеводы, такие минеральные вещества, как магний, калий, кальций, натрий, фосфор и железо.

В значительных количествах в столовой свекле присутствуют пищевые волокна и витамины: β -каротин, тиамин, рибофлавин, пантотеновая, аскорбиновая и фолиевая кислоты и ниацин, содержание которых составляет 0,01, 0,02, 0,04, 10 и 0,2 мг соответственно [5, 6]. Витамины также выступают в качестве ценных ростовых веществ для бродильной микрофлоры закваски.

Перед внесением в ржаную закваску столовая свекла проходит этап подготовки: очищается в проточной воде от земляных частиц, калибруется по размеру и качеству, подвергается механической обработке и перерабатывается в порошок или пюре, которые затем вносятся в закваску.

Целью проведенного исследования являлась оценка качества ржаной густой закваски, в технологию получения которой входило добавление пюре и сублимированного порошка из свеклы сорта Бордо 237 в количестве 5 %, 10 %, 15 % и 20 % от общей массы ржаной муки, а также контрольного образца.

Исследования проводились на базе Высшей биотехнологической школы Самарского Государственного Технического университета.

Полученные образцы анализировали по микробиологическим и физико-химическим показателям в соответствии с ГОСТ [7].

В табл. 1 и табл. 2 отражены результаты физико-химического анализа образцов ржаной закваски.

Таблица 1

Результаты физико-химического анализа качества заквасок с внесенным свекольным пюре

Наименование показателя качества	0 % (контроль)	5 %	10 %	15 %	20 %
Влажность, %	49,1	49,4	49,7	50,4	51
Кислотность, °	11,9	11,7	11,2	11,1	
Подъемная сила, мин	23		22	27	

Таблица 2

Результаты физико-химического анализа качества заквасок с внесенным свекольным порошком

Наименование показателя качества	0 % (контроль)	5 %	10 %	15 %	20 %
Влажность, %	49,1	48,8	48,5	48,0	47,9
Кислотность, °	11,9	12,1	12,8	13,2	
Подъемная сила, мин	23	21	20	25	

Из представленных данных видно, что свекольное пюре повышает влажность ржаной закваски в связи с увеличением гидромодуля и снижением количества муки в закваске. В случае с порошком столовой свеклы, влажность незначительно уменьшилась.

Изменение значения влажности привело к корректировке показателя кислотности закваски: при увеличении влажности, кислотность снижалась, и наоборот, понижение влажности вело к повышению кислотности.

Микробиологию образцов ржаной закваски определяли посредством высева на питательные среды с последующим микроскопированием выросших культур микроорганизмов и подсчетом колоний [8].

Для обнаружения дрожжевых клеток посев производили на сусло-агар, для определения общей обсемененности использовали мясопептонный агар, молочный агар с нистатином и синтетическую среду с индикатором использовали с целью определения количества гнилостных бактерий и бактерий группы кишечной палочки, соответственно. Культивирование микроорганизмов проводили в термостате при 30 °С в течение 48 ч.

Результаты микробиологической оценки ржаной закваски представлены в табл. 3 и табл. 4.

Таблица 3

Результаты микробиологического анализа качества заквасок

Концентрация пюре свеклы	Дрожжи, КОЕ/г	Гнилостные бактерии, КОЕ/г	Общая обсе- менность, КОЕ/г	Кишечная палочка, КОЕ/г
0 % (контроль)	$35 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$	$27 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$
5 %	$46 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$	$49 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$
10 %	$55 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$	$29 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$
15 %	$50 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$	$25 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$
20 %	$12 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$	$15 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$

Таблица 4

Результаты микробиологического анализа качества заквасок

Концентрация порошка свеклы	Дрожжи, КОЕ/г	Гнилостные бактерии, КОЕ/г	Общая обсе- менность, КОЕ/г	Кишечная палочка, КОЕ/г
0 % (контроль)	$35 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$	$27 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$
5 %	$40 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$	$39 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$
10 %	$55 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$	$40 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$
15 %	$60 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$	$43 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$
20 %	$26 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$	$21 \cdot 10^8$	$0 \cdot 10^{10}$

Из представленных данных видно, что добавление свекольного пюре и сублимированного порошка активирует рост клеток закваски. Целесообразно внесение 5 % порошка свеклы, т.к. большая концентрация порошка (20 %) угнетающе действует на рост микроорганизмов, а при добавлении 10 % и 15 % преобладающей культурой становятся дрожжевые клетки. Гнилостные бактерии и БГКП в ходе исследования не обнаружены.

Таким образом, использование овощных добавок, в частности столовой свеклы сорта Бордо 237, для выращивания бродильных культур ржаных заквасок, одно из перспективных направлений в биотехнологии пищевых продуктов. Добавление сублимированного порошка и пюре активирует рост клеток микроорганизмов, улучшает физико-химические свойства закваски. Это способствует быстрому созреванию полуфабриката, тем самым интенсифицируя процесс выпекания готового хлебобулочного изделия.

Список литературы

1. Лаптева, Н.К. Ассортимент хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с использованием ржаного сырья, и его роль в питании современного человека / Н.К. Лаптева // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 6 – С. 75-78.
2. Пучкова, Л.И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть 1. Технология хлеба / Л.И. Пучкова, Р.Д. Паландова, И.В. Матвеева. – СПб.: ГИОРД, – 2005. – 559 с.
3. Мацейчик, И.В. Использование натуральных заквасок при производстве хлебобулочных изделий функционального назначения, обогащенных кальцием, клетчаткой, белком и β -каротином / И.В. Мацейчик, С.М. Корпачева, Е.А. Суворова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1. – С. 116-125.
4. Березина, Н.А. Расширение ассортимента и повышение качества ржанопшеничных хлебобулочных изделий с сахаросодержащими добавками: монография / Н.А. Березина. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», – 2012. – 232 с.
5. Аллерт, А.А. Научное обоснование применения овощных масс свеклы, моркови, петрушки в технологиях хлебобулочных изделий / А.А. Аллерт // Известия КГТУ. – 2017. – № 45. – С. 125-135.
6. Кургузова, К.С. Биометрическая и биохимическая характеристики столовой свеклы как сырья для производства продуктов функционального назначения / К.С. Кургузова, Г. М. Зайко, Е. А. Мищенко // Пищевая технология. Известия вузов. – 2012. – № 1. – С. 12-14.
7. Корячкина, С.Я., Березина, Н.А., Хмелёва, Е.В. Методы исследования качества хлебобулочных изделий: Учебно-методическое пособие. – Орел: ОрелГТУ, – 2010. – 166 с.
8. Дорош, А.П. Исследование антагонистических свойств закваски с направленным культивированием и оценка микробиологических показателей хлеба на ее основе / А.П. Дорош, Н.Н. Грегирчак // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – №2. – С. 10-15.

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БАНАНОВЫХ ЛИСТЬЕВ *Musa* spp.

**Фам Ван Фыонг, Чыонг Конг Тхань, Чан Тхи Куинь Чанг,
Нгуен Тхань Ча, Нгуен Дак Там, Ха Тхи Зунг**

Ханойский промышленный университет,
298 Кау Дьен, Бак Ту Лиём, Ханой, Вьетнам,
*dunght1@hau.edu.vn, , dunghana.2007@gmail.com

Аннотация: Банановые листья являются побочным продуктам процесса сбора банан. Они применяются в разных отраслях. Эти связываются с их химическими свойствами. Проведены исследования химических свойств банановых листьев 4 видов: *Musa x paradisiaca* (ABB) (*Chuoï la*), *Musa x paradisiaca* (ABB) (*Chuoï tay*), *Musa acuminata* (AAA) (*Chuoï tieu*), *Musa balbisiana* (BB) (*Chuoï hot*). В результате показано, что влажность 80-90%, целлюлоза 22-30%, растворимый сахар 1-2%, белки 5-8%, зола 9-13% в зависимости от видов банановых листьев. При проведении качественного анализа на биологически активные вещества в этаноловых экстрактах различных видов банановых листьев обнаружены полуфенолы, флавоноиды, таннины и алкалоиды. Триптофаны только наблюдались у *Musa acuminata* (AAA) и *Musa x paradisiaca* (ABB). Курмарины и рутины в этаноловом экстракте отсутствовали. При этом рекомендованно применять эти листья в качестве пищевых добавок или функционального продукта.

Ключевые слова: банановые листья, *Musa*, физико-химический состав, биологически активные вещества.

EVALUATING OF CHEMICAL COMPOSITION OF BANANA LEAVES *Musa* spp.

**Pham Van Phuong, Truong Cong Thanh, Tran Thi Quynh Trang, Nguyen Thanh Tra,
Nguyen Dac Tam, Ha Thi Dung**

Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry, 298 Cau Dien, Bac Tu Liem,
Hanoi, Vietnam

*dunght1@hau.edu.vn, , dunghana.2007@gmail.com

Abstract: Banana leaves are by-products of the banana harvesting process. Because the difference of their chemical properties they are applied in different sectors. In this research we concerned about chemical properties of banana leaves of 4 species: *Musa x paradisiaca* (ABB) (*Chuoï la*), *Musa x paradisiaca* (ABB) (*Chuoï tay*), *Musa 2 acuminata* (AAA) (*Chuoï tieu*), *Musa balbisiana* (BB) (*Chuoï hot*). Our results poited that moisture 80-90%, cellulose 22-30%, soluble sugar 1-2%, proteins 5-8%, ash 9- 13%, depending on the types of banana leaves. When conducting a qualitative analysis for biologically active substances in ethanol extracts of various types of banana leaves, polyphenols, flavonoids, tannins and alkaloids were found. Tryptophans have only been observed in *Musa acuminata* (AAA) and *Musa x paradisiaca* (ABB). Curmarines and rutins were absent in the

ethanol extract. In this case, it is recommended to use these leaves as food additives or a functional product.

Keywords: *Banana leaves, Musa, physical and chemical composition, biologically active substances*

Бананы являются самыми популярными тропическими фруктами, принадлежащими к порядку *Zingiberales*, семейству *Musaceae* и роду *Musa*. В мире насчитывается более 1000 видов бананов, выращиваемые в более 130 странах на планете.

Во Вьетнаме площадь выращивания бананов составляет примерно 19 % от общей площади фруктовых растений, что дает урожай около 1,7 млн тонн в год [1]. Банановые листья — побочный продукт процесса сбора бананов. Показано, что потери банановых листьев в процессе сбора бананов огромны. В частности, около 700 миллионов тонн банановых листьев были потеряны при сборе 145 миллионов тонн бананов [2, 3]. Поскольку банановые листья нетоксичны и имеют специфический аромат, поэтому их часто используют для приготовления пищи в многих регионах Азии, Африки и Латинской Америки.

Во Вьетнаме они используются для приготовления блюд, таких как Бань Чынг (*Banh Chung*), некоторые рисовые пироги, блины, дольки фруктов и даже нарезки мяса. Кроме того, они также применяются для обертывания и пакетирования пищи в качестве замены пластиковым пакетам. Известно, что эти листья давно применяются в медицине для лечения гастрит, ожоженные, «горячих» внутренних органов, таких как печень и сердце и т. д.

Все их применение связано с химическими свойствами, такими как углеводы, протеины, витамины, антиоксидантные соединения с множеством биологических свойств и т.д. Таким образом, целью данного исследования - изучение химикофизических состав (зола, белок, клетчатка, общее количество углеводов), и проведение качественного анализа присутствия биологически активные веществ 4 различных видов банановых листьев во Вьетнаме.

Проведение всестороннего анализа питательных и функциональных соединений банановых листьев будет иметь большое значение для использования этой биомассы при производстве пищевых продуктов или пищевых добавок, а также функциональных пищевых продуктов.

Методы исследования.

В работе использовали 4 вида банановых листьев: *Musa x paradisiaca* (ABB) (*Chuoï la*), *Musa x paradisiaca* (ABB) (*Chuoï tay*), *Musa acuminata* (AAA), *Musa balbisiana* (BB) (*Chuoï hot*), собирались в Ханое, Вьетнама.

Собранные листья промывали водопроводной водой и разрезали на мелкие кусочки, выдерживали и сушили в сушильном шкафу при 340°C. После этого образцы измельчали в виде порошка и помещали в герметичную стеклянную бутылку для сохранения. Определение содержания влаги представленных образцов высушиванием до постоянной массы. При этом насыпают около 0,5 г образца листьев в металлическую бюксу. Бюксу высушивают в сушильном шкафу до достижения ею постоянной массы (расхождение между двумя последовательными взвешиваниями допускается в пределах $\pm 0,001$ г). Зола определена основана

на принципе полного сжигания органических веществ при высокой температуре (500-600°C). Остаток взвешивали и рассчитывали, как процентное содержание в образце [4].

Для оценки содержания белка в образце использовали метод Брафорта, приведенный в работе [5]. Целлюлоза в листьях определили по стандартному методу [6]. Далее порошок листьев подвергали трёхкратной экстракции в воде и этаноле при нагревании до 50 °С под действием ультразвука в течение 45 мин., с последующим выпариванием экстракта под вакуумом.

В дальнейшем, водный экстракт использовали для определения содержания общих растворимых сахаров с применением фенол-сернокислотного метода [7].

При этом этаноловый экстракт для качественных реакции на содержание биологически активных веществ в образце. Возможные реакции при наличии биологически активных веществ в образце приведены в таблице 1.

Таблица 1

Качественные реакции на биологически активные вещества в образце

Наименование	Проверяемые реакции	Ожидаемый результат
Полифенолы [8]	0,5 мл этанолового экстракта + 2-5 мл H ₂ O + 0,5 мл Fe ₂ (SO ₄) ₃	Темный/черный осадок
Флавоноиды [8]	1 мл этанолового экстракта + 5 мл (NH ₄) ₂ C _x H _y 5% + несколько капель концент. H ₂ SO ₄	Коричневый раствор
Таннины [8]	1 мл этанолового экстракта + 3 мл дистиллированной воды + 3 капли FeCl ₃ 10%	Выглядит темносиним/черным
Алькалоиды [8]	3 мл этанолового экстракта + несколько капель раствора йода	Синий цвет, исчезает при кипячении и появляется вновь при охлаждении
Кумарины [8]	1 мл этанолового экстракта + NaOH 10% + Хлорофом	Желтый раствор
Рутины [9]	1 мл этанолового экстракта + 1 мл метанола + 1 мл FeCl ₃ 2%	Апельсиновая смесь
Триптофаны [10]	1 мл этанолового экстракта + несколько капель 40% формальдегида, хорошо перемешайте и осторожно добавьте 1 мл концентрированной H ₂ SO ₄	Появляется фиолет

Эксперименты проводили в трех повторностях и полученные результаты статистически обрабатывались использованием стандартного пакета программы Excel 2010 и программы Prism 7.

Результаты и обсуждения.

Результаты анализа химико-физических состав 4 видов банановых листьев представлены в таблице 2. Одним из наиболее распространенных физиологических параметров является содержание влаги в листьях, ограничивающие эффективность фотосинтеза и продуктивность биомассы у растений. В ходе исследования было отмечено, что во всех образцах среднее содержание влаги более 79%.

При этом не наблюдались значимое отличие между ними. В пищевой области, содержание влаги связано с характеристиками пищевого продукта, включая его внешний вид (форма, цвет и т. д.), текстуру, вкус, а также факторы, влияющие на срок годности продукта, свежесть, качество и устойчивость к бактериальному заражению. Поэтому, для продления срока хранения, хранения вкуса, цвета образцов листьев проводили сушку при низкой температуре 40°C. Чем выше влажность образца, чем дольше время сушки. Содержание зола оказывает общее содержание минералов в образцах. Количество минералов может определять физико-химические свойства пищевых продуктов, а также замедлять рост микроорганизмов. При этом зола банановых листьев находятся в диапазоне 9 – 13%. Высокие содержание зола наблюдали у *Musa acuminata* (AAA) и *Musa balbisiana* (BB).

Таблица 2

Результаты анализа химико-физических состав 4 видов банановых листьев

Вьетнам-ское наино-вание	Научное наино-вание	Содержа-ние влаги, %	Зола, %	Белок, %	Общий рас-творимый сахар, %	Целлю-лоза, %
Chuoï la	<i>Musa paradisica</i> (ABB)	89,31±0,90	9,91±0,01	5,99±0,80	3,79±0,00	23,40± 0,86
Chuoï tay	<i>Musa paradisica</i> (ABB)	80,51±1,57	10,31±0,15	7,92±0,21	1,77±0,00	22,04± 1,14
Chuoï tieu	<i>Musa acuminata</i> (AAA)	79,25±0,35	12,18±0,06	6,97±0,19	2,02±0,00	24,21± 1,71
Chuoï hot	<i>Musa balbisiana</i> (BB)	86,48±0,20	12,87±0,20	7,05±0,26	2,75±0,00	22,74± 0,89

Белки в листьях играют важную питательную роль. Белки являются началом еще и тех аминокислот, которые превращаются в ходе переработки листьев. В таблице 2 показано, что доля белка в банановых листьях составлялась 6-8% в зависимости от видов банан. При этом в работе [11] показано, что в банановом листе без ферментации содержат 11-14% белки.

Согласно с результатом в работе доказано, что содержание белка при определении по Бредфорду относительно меньше, чем по методу Кьельдаля, обычно использованы при оценке белка в пищевых продуктах. Это связано с тем, что Кьельдаль измеряет содержание белка на основе содержания в нем азота, тогда как могут быть и другие биомолекулы, содержащие азот, например нуклеиновые кислоты и другие азотсодержащие соединения.

Hayes M. показало, что метод Кьельдаля завышал количество белка в различных пищевых продуктах на 40 – 71%, даже когда использовался видоспецифический коэффициент преобразования / поправки для азота [12]. Углеводы содержат во всех растений, включая растворимые и нерастворимые. При наличии растворимого сахара в листе дает вкус и цвет при его переработки. В пищевом применении, сахара вступают в аминокарбонильную реакцию (реакция Майяра)

с аминокислотами, белками, образуя меланоидины. Эти вещества приводят к прогрессирующему потемнению и образованию специфического аромата для продукта. Самое высокое содержание общего растворимого сахара обнаружено в образце у *Musa x paradisiaca* (ABB) (*Chuoï la*). И по ряду его содержание снижается: *Musa balbisiana* (BB) > *Musa acuminata* (AAA) > *Musa x paradisiaca* (AAB) (*Chuoï tay*).

Присутствие растворимого сахара будет играть важную роль в пищевом процессе для создания различных чаев и напитков с разным вкусом между листьями. Целлюлоза относится к категории неперевариваемых углеводов, известных как пищевые волокна. Известно, что при потреблении целлюлозы, помогая сокращения время пребывания пищи в желудочно-кишечном тракте и одновременно способствуя очищению организма от токсинов и шлаков [13].

Потребление достаточного количества клетчатки нормализует работу кишечника. В этой работе находило, что содержание целлюлозы в разных видов банановых листьев варьирует от 22% до 25%. При этом могут быть применят эти листья в качестве пищевых добавок или нужно использовать технологию при переработки листья для получения других значимых веществ, таких как белки, растворимые сахара, биологически активные вещества и т.д.

Наиболее ценными у всех растений, определяющими применение в качестве функционального питания или лечебного продукта некоторых заболеваний, являются биологически активные вещества, такие как фенолы, флавоноиды, таннины, алкалоиды, кумарины, рутины и даже аминокислота – триптофан. Результаты качественного анализа на биологически активные вещества в образце различных видов банановых листьев представлены в рисунке 1.

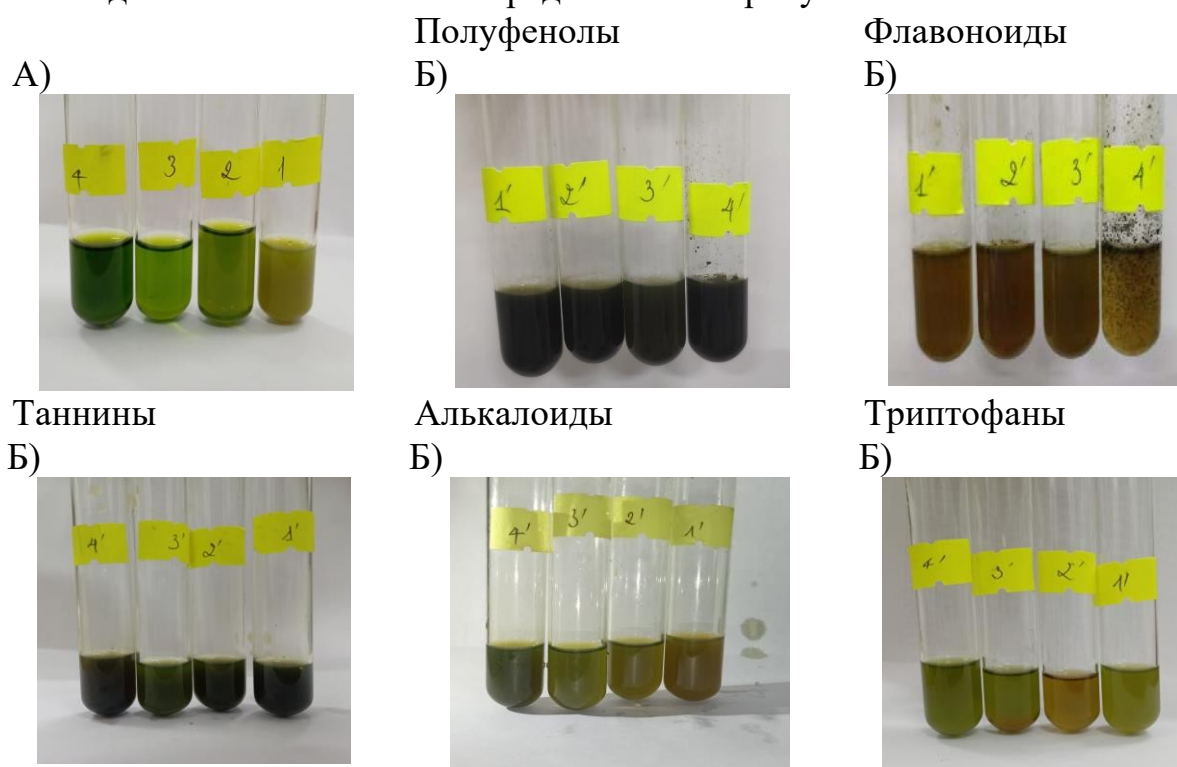


Рис. 1. Результат качественной реакции на биологически активные вещества в образцах: 1/1' - *Musa x paradisiaca* (ABB); 2/2' - *Musa x paradisiaca* (AAB); 3/3' - *Musa acuminata* (AAA); 4/4' - *Musa balbisiana* (BB). А – до обработки; Б – после обработки

Показано, что в этаноловом экстракте *Musa spp.* присутствовались полуфенолы, флавоноиды, танины и алкалоиды. Триптофаны обнаружали в этаноловом экстракте у *Musa x paradisiaca* (AAB) и *Musa acuminata* (AAA). Курмарины и рутины в этаноловом экстракте отсутствовали.

Таким образом, экспериментальные данные по химическому методу показали присутствие биологически активных соединений различных классов, таких как полифенолы, флавоноиды, танины, алкалоиды и триптофаны в этанольных экстрактах банановых листьев. В дальнейшем исследовании, мы будем оценивать биологические активности (антибактериальная, антиоксидантная и противоопухолевая активность) и переработать их в качестве пищевого продукта.

Список литературы

1. Hung T. N. Yellow wilt disease (*Fusarium oxysporum* F.sp.cubense) damages bananas and peppers in Vietnam / T. N. Hung, D. T. V. Hang, & N. D. Huy // Vietnam Journal of Agricultural Science. - 2020. - Vol. 18(5). -P. 315-322. (In Vietnamese)
2. Ploetz R. C. The future of global banana production / R. C. Ploetz, E. A. Evans // Horticultural reviews. - 2015. – Vol.43. -P. 311-352.
3. Kumar Singh R. Pyrolysis of banana leaves biomass: Physico-chemical characterization, thermal decomposition behavior, kinetic and thermodynamic analyses / R. Kumar Singh, D. Pandey, T. Patil, A. N. Sawarkar // Bioresource Technology. - 2020. -P.123464.
4. Thiex N. Determination of ash in animal feed: AOAC official method 942.05 revisited / N. Thiex, L. Novotny, A. Crawford // Journal of AOAC International. - 2012. -Vol. 95(5). -P. 13921397.
5. Kruger N. J. The Bradford method for protein quantitation / N. J. Kruger // The protein protocols handbook. - 2009.-P. 17-24. 6. ГОСТ 6840-78 Целлюлоза. Метод определения содержания альфа-целлюлозы.
7. Dubois M. Colorimetric method for determination of sugars and related substances / M. Dubois, K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers, F. Smith // Anal Chem. -1956. -Vol. 28. P.350356.
8. Shaikh J. R. Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview / J. R. Shaikh, M. Patil // International Journal of Chemical Studies. -2020. -Vol. 8(2). - P. 603-608.
9. Pradhan D.K. A new methodology for the quantitative estimation of rutin/ D.K. Pradhan // Sciencetific paper ENVIS Bi-Annual Newsletter 2010-11 edition 1. - Volume III. - Issue No1. - P. 28-29.
10. Harvey D.G. The Adamkiewicz, Hopkins and Cole, and Rosenheim tests for tryptophan. An investigation of the configuration of the organic molecule responsible for the colour formation and its bearing on the constitution of yohimbine, with a note on the action of formaldehyde on tryptophan / D. G. Harvey, E. J. Miller, & W. Robson // Journal of the Chemical Society (Resumed). - 1941. -P. 153-159. 11. Mat K. Effects of fermentation on the nutritional composition, mineral content and physical characteristics of banana leaves / Mat, K., Taufik, H. A., Rusli, N. D., Hasnita, C. H., AlAmsyar, S. M., Rahman, M. M., & Mahmud, M. // InIOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2020. - Vol.596. - No.1. - P.012089. IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/596/1/012089/pdf> 12. Hayes M. Measuring protein content in food: An overview of methods / M. Hayes // Foods. – 2020. -Vol. 9(10). -P. 1340. 13. Броновец И.Н. Пищевые волокна - важная составляющая сбалансированного здорового питания / И.Н. Броновец // Медицинские новости. - 2015. - №10. -P.253.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТИРОВАННОЙ БИОМАССЫ *ARCTIUM LAPPA* L. В КАЧЕСТВЕ ПРОДУКТА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Р. Г. Хайбуллин, Л. В. Волкова, Р. Г. Волков

ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический
университет», г. Пермь, Россия,
e-mail: wolkowalw@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается перспектива ферментации биомассы лопуха большого для получения продуктов функционального назначения. Отмечается наличие широкого спектра биологически активных веществ в его биомассе, а также разнообразная биологическая активность, в том числе гипогликемическая, пребиотическая, антиоксидантная.

Ключевые слова: продукты функционального питания, *Arctium lappa* L., ферментация, биологически активные вещества.

PROSPECTS FOR FERMENTED *ARCTIUM LAPPA* L. BIOMASS APPLICATION AS A FUNCTIONAL FOOD PRODUCT

L. V. Volkova, R. G. Khaibullin, R. G. Volkov

Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education "Perm National Research
Polytechnic University", Perm, Russia,
e-mail: wolkowalw@mail.ru

Abstract: This article discusses the prospect of *Arctium lappa* L. biomass fermentation to obtain functional products. The presence of a wide range of biologically active substances in its biomass is noted, as well as a variety of biological activities, including hypoglycemic, prebiotic, antioxidant.

Keywords: functional nutrition products, *Arctium lappa* L., fermentation, biologically active substances.

Введение

Продукты функционального питания – это пищевые продукты, обладающие специфическими свойствами, которые благотворно влияют на здоровье человека [1]. Данные продукты могут содержать биологически активные компоненты, такие как антиоксиданты, полифенолы, пробиотики и прочие, которые способствуют укреплению иммунной системы, профилактике заболеваний и улучшению общего состояния организма [2]. Ферментированные продукты, в свою очередь, являются одним из наиболее популярных источников биологически активных компонентов, так как при ферментации происходят процессы превращения сырья в более полезный и усваиваемый для человека продукт [3].

Лопух большой (*Arctium lappa* L.) – это растение, которое издавна использовалось в народной медицине как лекарственное средство при различных заболеваниях [4]. В листьях лопуха содержатся биологически активные вещества, такие как полифенолы, алкалоиды, триглицериды, флавоноиды и другие [5]. Ферментация листьев лопуха может стать эффективным способом получения биологически активной субстанции, которая может быть использована в качестве продукта функционального питания [6].

Основная часть

Одним из исследований, посвященных получению биологически активной субстанции из лопуха большого, является работа, проводимая на кафедре «Химия и биотехнология» ФГАОУ ВО ПНИПУ (г. Пермь), посвящённая разработке технологии микробной ферментации листьев *Arctium lappa* L. В данном исследовании авторы разработали технологию получения микробно-ферментированной субстанции из листьев лопуха с помощью пробиотических микроорганизмов *Lactobacillus plantarum*. Анализ биологической активности полученной субстанции показал, что она обладает антибактериальными свойствами, проявляет гипогликемическую и пребиотическую активности [7, 8]. Эти свойства являются важными для здоровья человека и могут быть использованы при дальнейшей разработке продуктов функционального питания на основе ферментированного лопуха.

К примеру, одним из возможных применений может быть использование ферментированной биомассы *A. lappa* L. в качестве источника белка, также лопух содержит значительное количество аминокислот, необходимых для полноценного питания человека [9]. При ферментации происходит гидролиз белков, что позволяет увеличить доступность и усвояемость белка для организма человека [10].

Кроме того, ферментированная биомасса *A. lappa* L. может быть использована в качестве источника биологически активных веществ. Изучение биоактивных свойств лопуха показало наличие в нем флавоноидов, каротиноидов, танинов, фенилпропаноидов, фенольных соединений и других [9]. В процессе ферментации происходит образование биологически активных метаболитов, таких как молочная кислота, антиоксиданты, пептиды, которые способствуют улучшению здоровья и профилактике различных заболеваний [6, 10]. Также, ферментированный лопух может быть использован в качестве источника пребиотиков, то есть пищевых волокон, которые не усваиваются организмом человека, но способствуют росту полезных микроорганизмов в кишечнике и улучшению пищеварения. Исследования показали, что биомасса лопуха содержит значительное количество пищевых волокон, таких как инулин, пектин, клетчатка.

Таким образом, использование ферментированной биомассы *A. lappa* L. в качестве продукта функционального питания представляет перспективное направление исследований. Это обусловлено высоким содержанием белка в его биомассе, а также биологически активных веществ.

Другие исследования также обнаружили потенциал *A. lappa* L. в качестве ингредиента для функционального питания. Например, исследование 2015 года,

опубликованное в журнале "The Korean Journal of Food And Nutrition", сообщает о том, что экстракт ферментированного лопуха содержит большое количество полифенолов, которые обладают антиоксидантными свойствами. Кроме того, лопух содержит инулин, нерастворимые диетические волокна, которые могут способствовать нормализации кишечной микрофлоры и улучшению пищеварения.

Другое исследование, опубликованное в журнале "Shahid Sadoughi University of Medical Sciences" в 2013 году, показало, что экстракт лопуха может помочь снизить уровень глюкозы в крови и повысить чувствительность к инсулину у мышей с диабетом. Это свойство может быть полезным для людей, страдающих диабетом или предрасположенных к развитию этого заболевания.

Кроме того, лопух содержит витамин С, каротиноиды и другие антиоксиданты, которые могут помочь защитить клетки от повреждений, вызванных свободными радикалами. Исследование 2023 года, опубликованное в журнале "Biomedicine & Pharmacotherapy", показало, что экстракт лопуха может помочь защитить клетки печени от повреждений, вызванных токсинами.

Конечно, как и с любым продуктом функционального питания, перед его широким внедрением в рацион питания требуется проведение дополнительных исследований для определения оптимальной дозы и способа употребления, а также оценки его эффективности и безопасности. Тем не менее, на основе имеющихся данных, можно сделать вывод, что ферментированная биомасса *A. lappa* L. может представлять собой многообещающий источник биологически активных веществ, которые могут быть полезны для здоровья человека.

Ферментированная биомасса лопуха большого также может быть использована для создания косметических продуктов, таких как шампуни, маски и кондиционеры для волос, а также кремы для лица и тела. Исследования показывают, что лопух может быть полезен для укрепления волос, уменьшения выпадения волос и ускорения их роста. Кроме того, лопух может оказывать антиоксидантное и противовоспалительное действие на кожу.

Заключение

Таким образом, имеющиеся данные позволяют классифицировать ферментированную биомассу *A. lappa* L. как субстанцию, имеющую большой потенциал для применения в качестве продукта функционального питания, а также компонента косметических продуктов, благодаря своему богатому химическому составу, а также широкому спектру биологически активных свойств. Дальнейшие исследования могут раскрыть новые возможности использования ферментированной биомассы *A. lappa* L. и помочь в разработке эффективных технологий её производства и применения.

Список литературы

1. Hasler CM. Functional foods: benefits, concerns and challenges — a position paper from the American Council on Science and Health. J Nutr 2002;132(12):3772-81.
2. Roberfroid M. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? Am J Clin Nutr 2000;71(6 Suppl):1682S-7S.
3. Tamang JP, Shin DH, Jung SJ, Chae SW. Functional properties of microorganisms in fermented foods. Front Microbiol 2016;7:578.

4. Bone K. The Ultimate Herbal Compendium: The ultimate herbal compendium : A Desktop Guide for Herbal Prescribers. Warwick, Australia: Phytotherapy Press; 2007.
5. Petkova, N.; Hambarlyiska, I.; Tumbarski, Y.; Vrancheva, R.; Raeva, M.; Ivanov, I. Phytochemical composition and antimicrobial properties of burdock (*Arctium lappa* L.) roots extracts. *Biointerface Res. Appl. Chem.* 2022,12, 2826–2842.
6. Хайбуллин, Р. Г. Перспективы получения биологически активных субстанций из биомассы растений методом микробной ферментации (обзор) / Р. Г. Хайбуллин, Л. В. Волкова // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. –2021. –Т. 24. – № 4. –С. 3-8. –DOI : 10.29296/25877313-2021-04-01.
7. Хайбуллин, Р. Г. Влияние ферментированной субстанции биомассы листьев *A. lappa* L. на кинетику роста *L. plantarum* / Р. Г. Хайбуллин, Е. Р. Ахмадулина, Л. В. Волкова // Международный научно-исследовательский журнал. —2022. —№ 5 (119). Часть 2. —С. 202-206. –DOI : 10.23670/IRJ.2022.119.5.038.
8. Khaibullin, R.G. Research of *A.lappa*L. leaves microbial-fermented biomass hypoglycemic activity / R. G. Khaibullin, A. A. Burluckaya, L. V. Volkova, G. P. Vdovina // Proceedings of the XIX International Multidisciplinary Conference «Innovations and Tendencies of State-of-Art Science». Mijnbestseller Nederland. —2022. —Iss. 19, № 5. —P. 61-66. — DOI: <https://doi.org/10.32743/netherlandsconf.2022.5.19.339225>.
9. Коломиец, Н. Э. Химический состав и биологическая активность метаболитов видов рода *Arctium* L. [Текст] / Н. Э. Коломиец [и др.] // Химия растительного сырья. – 2021. – № 2. – С. 29-57. – DOI : 10.14258/jcprm.2021 028315.
10. Хайбуллин, Р. Г. Методики количественного определения короткоцепочечных жирных кислот в экстрактах биомассы листьев *Arctiumlappa*L. [Текст] / Р. Г. Хайбуллин, Е. Ю. Турилович, Л. В. Волкова, Т.Л. Малкова // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2022. –Т. 25. –№ 11. –С. 16-22. –DOI : 10.29296/25877313-2022-11-03.

МОНОЛАУРИН И СПОСОБЫ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

А. Г. Хакимова, А. И. Валиева, К. Л. Шнайдер, М. Е. Зиновьева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
0202-84@mail.ru

Аннотация: *Исследованы ферментативные способы получения антибактериального и противовирусного средства - монолаурина.*

Ключевые слова: *монолаурин, липаза, этерификация, гидролиз, кокосовое масло.*

MONOLAURIN AND METHODS FOR ITS OBTAINING

A. G. Khakimova, A. I. Valieva, K. L. Shnaider, M. E. Zinov'eva

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.
0202-84@mail.ru

Abstract: *Enzymatic methods of obtaining an antibacterial and antiviral agent – monolaurin have been investigated.*

Keywords: *monolaurin, lipase, esterification, hydrolysis, coconut oil.*

На сегодняшний день одной из актуальных проблем в лечении многих заболеваний инфекционной этиологии является антибиотикорезистентность патогенных и условно-патогенных микроорганизмов к различным антибактериальным препаратам. Многие антибиотики, которые активно использовались ранее в терапии широкого спектра заболеваний, теперь потеряли свою эффективность – микроорганизмы могут подавлять их действие и даже полностью нейтрализовать лекарственный препарат. В связи с этим, есть один биологически оправданный путь решения проблемы – разработка и поиск таких методов и способов, которые могут активизировать собственные защитные силы организма, оказывая благотворное влияние на обменные процессы, иммунокомпетентную систему организма. Например, замена антибактериальных препаратов в профилактике и лечении ряда заболеваний на альтернативные вещества. Противoinфекционные агенты, не приводящие к формированию резистентности.

Перспективными природными противомикробными препаратами могут служить антимикробные липиды – α -моноглицериды и короткоцепочечные жирные кислоты. Исследования в этом направлении доказали, что наиболее эффективными агентами, обладающими широким спектром антибактериальных и противовирусных свойств, являются лауриновая кислота и её моноглицерид - монолаурин [1].

Целью представленного исследования являлось изучение способов ферментативного получения монолаурина с использованием различных методических подходов.

Рассмотрены два методических подхода к получению монолаурина – гидролиз природных масел и ферментативный синтез.

В исследованиях были использованы следующие ферментные препараты:

- Коммерческий препарат Lipase from porcine pancreas, Type II лиофильно высушенный. Активность – 25,0 ед./мг белка при использовании оливкового масла в качестве субстрата. Производство – США.

- Lipozyme Cal B – препарат на основе неспецифической липазы из *Candida antarctica* B. Lipozyme Cal B стабилен в широком диапазоне pH, особенно в щелочном. Активность 5000 LU/g. (производитель – NovoNordisk A/S, NovoAllé, DK – 2880 Bagsvaerd, Дания);

- Микробная липаза – липаза с активностью 2000000 ед./г. Рабочий диапазон pH – 5,0-10,0; рабочая область температур – 25-75 °С (производитель – ООО «Торговый дом «Биопрепарат», Московская область, Россия).

Для получения монолаурина и лауриновой кислоты может использоваться метод гидролиза природных масел. Наиболее подходящим источником этих продуктов является кокосовое масло, содержание лауриновой кислоты в котором достигает 51 %.

На первом этапе работы была исследована возможность гидролиза кокосового масла с использованием системы обращённых мицелл АОТ (ди-(2-этил)-гексиловый эфир натриевой соли сульфоянтарной кислоты), а в качестве катализаторов использовали панкреатическую липазу и ферментный препарат Lipozyme Cal B. Основываясь на предыдущих исследованиях, первоначально опыт проводили в течение 40 минут при температуре 37 °С, среда реакции – гексан, количество ферментного препарата – 0,05 мг/мл. В соответствии с рисунком 1 представлены диаграммы влияния вида ферментного препарата на выход жирных кислот.

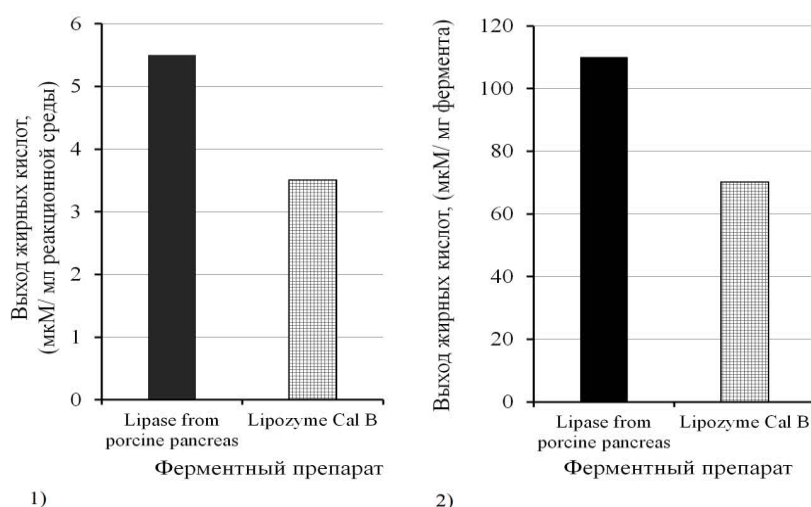


Рис. 1. Влияние вида ферментного препарата на выход жирных кислот (1); удельная липолитическая активность ферментных препаратов (2)

Как видно из представленных данных, панкреатическая липаза осуществляет гидролиз масла в 1,5 раз эффективнее, чем ферментный препарат Lipozyme Cal B. Кроме того, панкреатическая липаза дешевле и относится по специфичности к 1,3-липазам, что позволяет получить в продуктах преимущественно моноглицериды.

Согласно литературным данным [2, 3], в органических средах часто изменяется температурный оптимум фермента. Поэтому на следующем этапе работы была определена оптимальная температура гидролиза кокосового масла панкреатической липазой. Полученные данные представлены на рисунке 2.

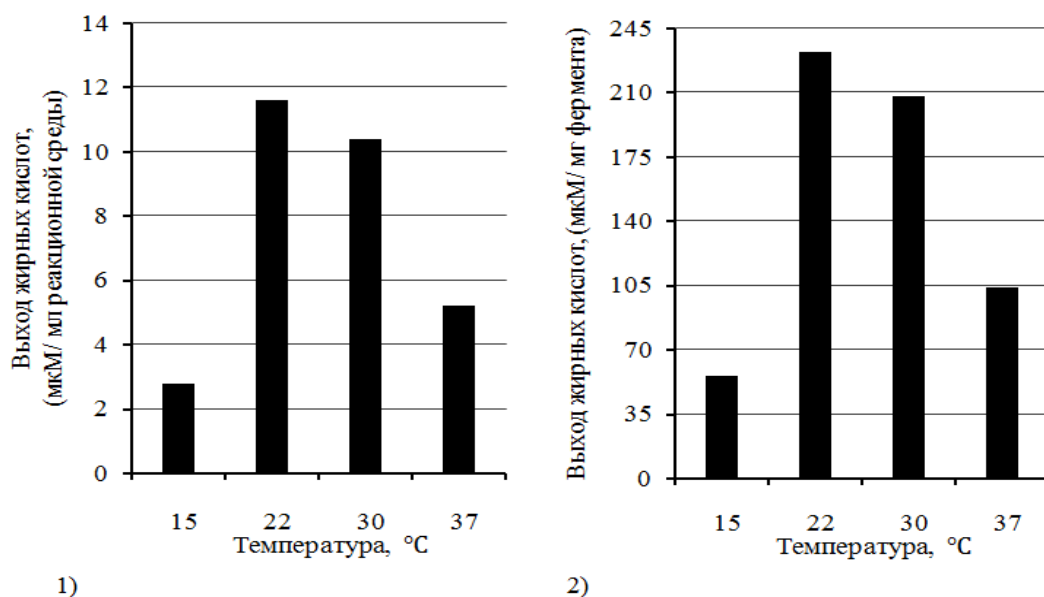


Рис. 2. Влияние изменения температуры на выход жирных кислот (1) и на удельную липолитическую активность (2) панкреатической липазы

В водной среде панкреатическая липаза имеет оптимум температуры 37 °C, но как показывают проведённые исследования, при осуществлении процесса гидролиза кокосового масла в среде гексана температурный оптимум действия панкреатической липазы снижается, и она эффективнее действует в диапазоне температур 22-30 °C. Повышение температуры негативно сказывается на процессе гидролиза, вероятно это связано с увеличением денатурирующего действия растворителя на молекулу фермента. Снижение температурного оптимума является положительным фактором, так как приводит к уменьшению энергозатрат. Проведённые исследования показали, что такой же эффект наблюдается при использовании ферментного препарата Lipozyme Cal B. Но глубина гидролиза кокосового масла при всех условиях была ниже, чем при использовании панкреатической липазы в качестве катализатора.

На следующем этапе работы для получения моноглицерида лауриновой кислоты осуществляли процесс ферментативной этерификации. В качестве субстрата использовали глицерин и лауриновую кислоту.

Количество образовавшегося эфира определяли титриметрическим методом по изменению количества кислоты в системе. Экспериментальные данные приведены на рисунке 3.

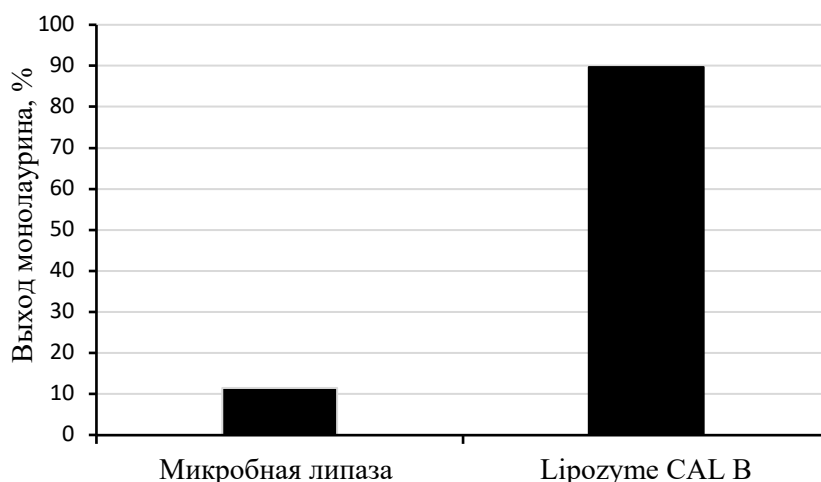


Рис. 3. Влияние вида ферментного препарата на выход монолаурина

В ходе исследования показано, что применение в качестве катализатора ферментного препарата Lipozyme Cal B позволяет проводить процесс с получением высокого выхода целевого продукта – монолаурина.

Подобраны оптимальные условия для проведения процесса этерификации монолаурина препаратом Lipozyme Cal B. Максимальный выход целевого продукта составил 90 %.

Таким образом, установлена возможность получения монолаурина с использованием энзимных технологий и различных методических подходов – гидролиз кокосового масла и синтез эфира из глицерина и лауриновой кислоты.

Реализация технологии ферментативного получения монолаурина возможна в первую очередь в фармацевтической промышленности и биотехнологии, а также в производстве препаратов ветеринарного назначения. Целевой продукт (монолаурин) может быть использован в пищевой промышленности и при производстве косметических средств. Предлагаемые ферментативные технологии получения монолаурина позволяют получать продукт экологически безопасным методом, снизить энергозатраты и затраты на выделение и очистку продукта. По результатам научно-исследовательской работы в рамках проекта возможно написание монографий, научных статей, учебно-методических пособий для обучения студентов соответствующих направлений. Полученный интеллектуальный продукт будет защищен в форме патента или ноу-хау.

На российском рынке отсутствуют отечественные продукты данной категории.

В России имеется ряд фармацевтических и биотехнологических предприятий, которые на имеющемся стандартном оборудовании смогут легко реализовать разрабатываемую технологию. Технология производства не требует значительных изменений квалификации персонала предприятия.

Предполагается использование отечественного сырья. Ключевыми партнерами проекта могут выступать как отечественные, так и зарубежные фармацевтические и биотехнологические предприятия. В качестве каналов для продвиже-

ния целевого продукта в зависимости от его назначения могут выступать как аптечные сети, так и ветеринарно-аптечные сети и клиники, в том числе косметологические.

Расходы на реализацию проекта в случае заключения договоров с крупными партнерами (фармацевтическими и/или биотехнологическими компаниями) будут незначительны, т.к. технология не требует специфического оборудования и переквалификации персонала.

Возможна коммерциализация проекта в течение 5-7 лет с выводом продукта на рынок.

Список литературы

1. Yoon B.K. Antibacterial free fatty acids and monoglycerides: biological activities, experimental testing, and therapeutic applications / B.K. Yoon, J.A. Jackman, E.R. Valle-González, N.-J. Cho // International Journal of Molecular Sciences. - 2018. - № 19. – PP. 1114- 1154.

2. Wang X. Enzymatic preparation of phytosterol esters with fatty acids from high-oleic sunflower seed oil using response surface methodology / X. Wang, B. Xiao, G. Yang, J. Chen, W. Liu // RSC Adv. – 2021.- № 11(25). – PP. 15204-15212.

3. Klivanov A.M. Improving enzymes by using them in organic solvents / A.M. Klivanov // NATURE. – 2001. - V. 409. PP. 241-246.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПОЛЯ НА АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ЭКСТРАКТА ИЗ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ (*U. dioica* L.)

Д. Р. Червоткина, А. В. Борисова

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара, Россия
dcher02@yandex.ru

Аннотация: Выявлено влияние ультразвуковой обработки на выход антиоксидантов в экстракте из крапивы двудомной. Установлены факторы, которые способны увеличивать или снижать количество высвобождаемых экстрагируемых веществ при воздействии ультразвукового поля. Измерено общее содержание фенольных соединений и флавоноидов в крапивном экстракте после ультразвукового воздействия, а также проведен DPPH анализ, указывающий на наличие антиоксидантной активности.

Ключевые слова: ультразвуковое воздействие, антиоксидантная активность, крапивный экстракт.

ULTRASONIC FIELD'S INFLUENCE ON ANTIOXIDANT PROPERTIES OF NETTLE EXTRACT (*U. dioica* L.)

D. R. Chervotkina, A. V. Borisova

Samara state technical university, Samara, Russia

Abstract: The influence of ultrasonic treatment on the yield of antioxidants in the extract from stinging nettle was revealed. Factors have been established that are able to increase or decrease the amount of released extractable substances when exposed to an ultrasonic field. The total content of phenolic compounds and flavonoids in the nettle extract after ultrasonic exposure was measured, and a DPPH analysis was performed, indicating the presence of antioxidant activity.

Keywords: ultrasonic effect, antioxidant activity, nettle extract.

Применение растительного сырья, обладающего антиоксидантной и антирадикальной активностью, представляет широкий интерес для пищевой промышленности. Свободные радикалы негативно влияют на процессы жизнедеятельности клетки, что ведет к развитию у людей различных заболеваний, в том числе онкологических. В связи с этим возникает потребность в создании продуктов питания, способствующих антиоксидантной защите организма. Крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) – лекарственное растение, обладающее большим количеством полезных биологических свойств. Ее состав богат жиро- и водорастворимыми витаминами, органическими кислотами, заменимыми и незаменимыми аминокислотами, а также макро- и микроэлементами, среди которых фосфор, кальций, магний, железо, марганец и др. Наличие каротиноидов, флавоноидов, дубильных

и фенольных соединений (галловой и кофейной кислот, рутина, эскулетина) обуславливает антиоксидантную активность крапивы [1]. В производстве пищевых продуктов целесообразно использовать крапиву в виде водно-спиртового экстракта. Высвобождение экстрактивных веществ и увеличение их выхода происходит за счет механических и физических способов воздействия на сырье – токов сверхвысокой частоты, ультразвука и т. д. Применение ультразвукового поля – один из наиболее простых и легко осуществляемых методов, не требующий большого количества оборудования (рис. 1).



Рис. 1. Общая схема ультразвуковой экстракции

Повышение экстрактивности путем ультразвукового воздействия прежде всего связано с разрушением клеточных тканей и дальнейшим увеличением массопереноса. Однако ультразвуковые волны способны вызывать нежелательные изменения в химическом составе исследуемого сырья, а также деградацию полезных веществ, в связи с чем важно тщательно подбирать условия экстракции [2]. Так, в ходе эксперимента были установлены оптимальные условия для приготовления крапивного экстракта с использованием ультразвукового излучения, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Оптимальные условия для приготовления крапивного экстракта

Параметр	Значение параметра
Экстрагент (этанол)	75 %
Гидромодуль (сухое вещество – экстрагент)	1:10
Температура	45 °С
Время	2 ч
Частота излучения	37 кГц

Под воздействием ультразвука создаются упругие колебания и потоки с высокими градиентами скоростей. Параллельно с этим образуются пузырьки, которые в дальнейшем схлопываются и способствуют обильному высвобождению энергии, т. е. наблюдается явление кавитации. Ультразвуковая обработка в системе сырье – экстрагент позволяет сократить срок набухаемости растительного сырья, а также содействует активному разрушению клеточных структур и выходу клеточного сока в экстрагируемую среду [3]. Такая экстракция приводит не только к увеличению выхода целевых биологически активных веществ, но и к уменьшению количества патогенных микроорганизмов, оказывая антисептическое действие. Как было сказано ранее, антиоксидантная активность крапивы вызвана присутствием в ней полифенолов и флавоноидов, число которых во многом зависит от факторов экстрагирования. Немаловажное значение при ультразвуковой экстракции имеет выбор экстрагента, физические и химические свойства которого способны влиять на стабильность фенольных соединений, а также эффективность процесса их выделения. Чаще всего в качестве экстрагентов используются органические растворители, среди которых метанол, этанол, ацетон и др. В технологии получения крапивного экстракта методом ультразвуковой экстракции рекомендуется применение этанола. Во-первых, он является весьма эффективным экстрагентом, а во-вторых, разрешен в пищевой промышленности в отличие от остальных растворителей. Это делает возможным введение экстракта из *Urtica dioica* L., обогащенного рядом соединений, проявляющих антиоксидантную активность, в пищевые продукты. С составом полифенолов и флавоноидов напрямую связана частота ультразвука. Согласно литературным данным, частота свыше 20 кГц благоприятна для повышения выхода биологически активных веществ, а при частоте 37 кГц наблюдается максимальная антиоксидантная активность растительного экстракта [4]. В крапивном экстракте, приготовленном методом ультразвуковой обработки, было установлено общее содержание фенольных веществ и флавоноидов, а также измерена его антирадикальная активность (результаты представлены в табл. 2).

Таблица 2

Измеряемый параметр	Результат
Содержание фенольных веществ, мг галловой кислоты / 100 г исходного сырья	1248,5
Содержание флавоноидов, мг катехина / 100 г исходного сырья	315,6
Антирадикальная активность, мг/мл	6,7

Определение содержания фенольных соединений проводилось модифицированным методом Фолин-Чеколтеу с использованием одноименного реактива, где в качестве стандарта выступала галловая кислота. Содержание флавоноидов в пересчете на катехин измерялось с помощью фотоэлектроколориметрического метода, связанного с интенсивностью протекания реакции с растворами хлорида алюминия и нитрита натрия. Антирадикальная активность была установлена и

определена методом DPPH и выражена в виде концентрации исходного растительного сырья, при которой происходит связывание 50 % радикалов. Чем меньше ее значение, тем выше антиоксидантная активность исследуемого экстракта.

Таким образом, применение ультразвуковой обработки в процессе экстракции растительного сырья увеличивает высвобождение биологически активных веществ. Варьируя технологические параметры, такие как температура, мощность, частота излучения и т. д., можно получить максимальный выход фенольных веществ и флавоноидов в экстракте. Наличие данных соединений и оценка антирадикальной активности свидетельствуют о высокой антиоксидантной активности *Urtica dioica* L. и, следовательно, о возможности ее применения в лечебных продуктах питания.

Список литературы

1. Яцюк, В.Я. Биологически активные вещества травы крапивы двудомной / В.Я. Яцюк, Г.А. Чалый, О.В. Сошникова // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2006. – Т. 14. – № 1. – С. 25-29.
2. Еремеева, Н.Б. Использование ультразвукового излучения для экстракции антиоксидантов из ягод / Н.Б. Еремеева, Н.В. Макарова // Пищевая промышленность. – 2016. – № 5. – С. 6365.
3. Филонова, Г.Л. Рациональное сочетание ультразвука и биоконверсии в технологии экстрактов из растительного сырья / Г.Л. Филонова, Е.А. Литвинова, Е.А. Литвинов, Н.Т. Коновалов // Пиво и напитки. – 2008. – № 2. – С. 66-68.
4. Елапов, А.А. Применение ультразвука в экстракции биологически активных соединений из растительного сырья, применяемого или перспективного для применения в медицине (обзор) / А.А. Елапов, Н.Н. Кузнецов, А.И. Марахова // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2021. – Т. 10. – № 4. – С. 96-116.

ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРАКТОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ БАРХАТЦЕВ РАСПРОСТЕРТЫХ (*TAGETES PATULA* L.) И ИЗУЧЕНИЕ ИХ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ

Е. И. Шепель, О. В. Кригер

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени И. Канта»,
г. Калининград, Россия, sh.katerina17@gmail.com

Аннотация: Проведены исследования антимикробных свойств водных экстрактов цветков бархатцев распростертых в зависимости от способа получения экстракта и продолжительности экстрагирования. Определено суммарное содержание флавоноидов и идентифицированы биологически активные вещества водных экстрактов методом ВЭЖХ.

Ключевые слова: *Tagetes patula* L., водное экстрагирование, флавоноиды, фенольные соединения, антибактериальная активность.

OBTAINING EXTRACTS OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM FRENCH MARIGOLD FLOWERS (*TAGETES PATULA* L.) AND STUDYING THEIR ANTIMICROBIAL ACTIVITY

E. I. Shepel, O. V. Kriger

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Immanuel Kant
Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia,
sh.katerina17@gmail.com

Abstract: Studies of antimicrobial properties of aqueous extracts of French marigold flowers have been carried out, depending on the method of obtaining the extract and the duration of extraction. The total content of flavonoids was determined and biologically active substances of aqueous extracts were identified by HPLC.

Keywords: *Tagetes patula* L., aqueous extraction, flavonoids, phenolic compounds, antibacterial activity.

С древних времен и до наших дней традиционные растительные препараты играли важную роль в жизни человека и являлись природными источниками здоровья. И в настоящее время активно ведутся поиски возможностей получения и использования новых безопасных, эффективных и доступных противомикробных препаратов из растительного сырья, используемых в медицине, ветеринарии, сельском хозяйстве – растениеводстве, животноводстве.

Современные синтетические лекарства эффективно подавляют развитие микробов при заболевании человека, но при этом нередко имеют целый ряд побочных эффектов. Так, среди различных патогенов наблюдается резкий рост резистентности к антибиотикам, поэтому очень остро стоит вопрос о получении новых эффективных антимикробных средств. Пришло понимание, что зачастую

лучше использовать природные лекарственные средства, не имеющие губительных последствий от их применения. Изыскание новых антибактериальных и антимикотических средств, полученных из лекарственных растений, является первоочередной и актуальной задачей, стоящей перед фармацевтикой.

В растениеводстве препараты растительного происхождения могут использоваться в управлении защитой растений от бактериальной, грибковой и вирусной инфекции в качестве альтернативы синтетическим пестицидам. Они потенциально могут контролировать рост и развитие патогенных микроорганизмов. В последнее время все большее внимание привлекают натуральные пестициды на основе природных компонентов, произведенные экологически чистыми методами в органическом и биоформирующем нишевом производстве. Текущие исследования направлены на разработку альтернативных методов получения веществ для борьбы с болезнями растений.

В животноводстве растительные препараты могут служить альтернативой антибиотикам, используемым в кормовых добавках, позволяющим улучшить качество и безопасность кормов.

В агротехнике наиважнейшей задачей является безопасная возобновляемая эксплуатация плодородных земель без применения синтетических пестицидов и удобрений. При этом высокие показатели в восстановлении и облагораживании почвы присутствуют у натуральных сидератов.

Растительные средства считаются хорошим решением для смягчения экологических проблем, вызванных интенсивным использованием синтетических пестицидов и антибиотиков в кормовых добавках и негативным воздействием на здоровье человека через пищевую цепочку.

Данным требованиям современности полностью отвечает широко известное, но малоизученное растение *Tagetes patula* L., которое применяется повсеместно из-за своих антиоксидантных и антимикробных свойств. Кроме того, бархатцы обладают прекрасными инсектицидными и антипаразитарными свойствами и являются эффективным сидератом, их высаживают по периметру грядок или под приствольные круги садовых деревьев. Бархатцы издавна широко используют в народной медицине для лечения артрозов, артритов, при сахарном диабете, при проблемах со зрением и т.д. Помимо того, лепестки бархатцев используются в виде приправы (имеретинский шафран) и молодые листья бархатцев в качестве витаминной добавки в салатах.

К сожалению, несмотря на всю известность бархатцев, в нашей стране недостаточно изучена биологическая активность экстрактов цветков *T. patula* [1].

В данной работе опубликованы результаты проведения водной экстракции цветков *T. patula*, поскольку изучение бюджетного и безопасного метода извлечения биологически активных веществ из этого растения является актуальным и необходимым на сегодняшний день.

Водное экстрагирование было выбрано неслучайно, так как, в отличие от спиртового, имеет ряд неоспоримых преимуществ – бюджетность, безопасность, доступность растворителя. Кроме того, вода фармакологически индифферентна по отношению к компонентам раствора.

Экономическая эффективность работы заключается в использовании бюджетного, доступного экстрагента – воды, и не менее распространенного растительного сырья – бархатцев распростертых.

Целью настоящего исследования является изучение биологической активности горячих и холодных водных экстрактов цветков *Tagetes patula* L.

В данной работе проводилось исследование, включающее в себя: определение выхода сухого вещества, суммарного содержания флавоноидов в исследуемых экстрактах; качественный и количественный анализ; тестирование их антимикробной активности. В настоящем исследовании были задействованы следующие методы: рефрактометрия, спектрофотометрия, ВЭЖХ, диско-диффузионный метод. При этом использовалось оборудование: рефрактометр автоматический HI96801, спектрофотометр UNICO 1201, жидкостный хроматограф LC-20AB «Shimadzu» Prominence с бинарным насосом и диодно-матричным детектором SPD-M20A.

Были приготовлены следующие экстракты с гидромодулем 1:10: методом холодного экстрагирования и горячего экстрагирования [2] со временем кипячения 5 мин, 15 мин и 30 мин (рис. 1).

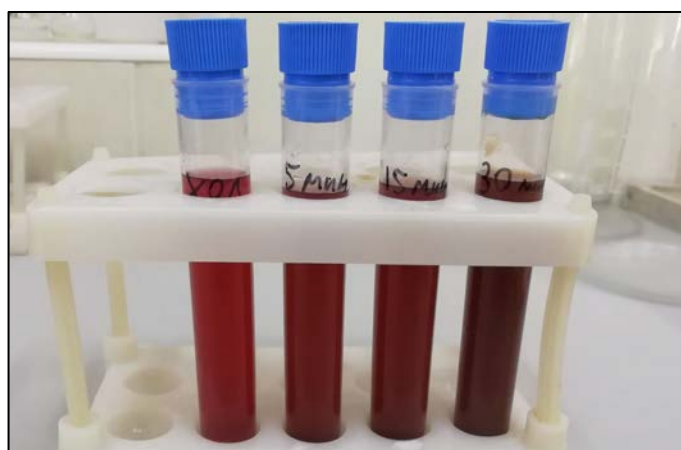


Рис. 1. Водные экстракты цветков *T. patula*: холодный, горячие – 5 мин, 15 мин, 30 мин

По итогам рефрактометрического анализа содержание сухого вещества в холодном экстракте оказалось несколько меньше, чем в горячих. Выход сухого вещества практически не зависит от времени нагревания (таблица 1).

Таблица 1

Содержание сухого вещества в горячих и холодных экстрактах цветков *T. patula* с гидромодулем 1:10, %Brix

Холодный экстракт	Горячие экстракты		
	5 мин	15 мин	30 мин
3,60 ± 0,07	3,80 ± 0,08	3,80 ± 0,08	3,80 ± 0,08

Следующим этапом являлось определение суммарного содержания флавоноидов спектрофотометрическим методом [3]. Было выявлено, что наименьшее количество флавоноидов содержится в холодном экстракте *T. patula*, а по мере увеличения времени кипячения концентрация флавоноидов в экстракте возрастает (рисунок 2).

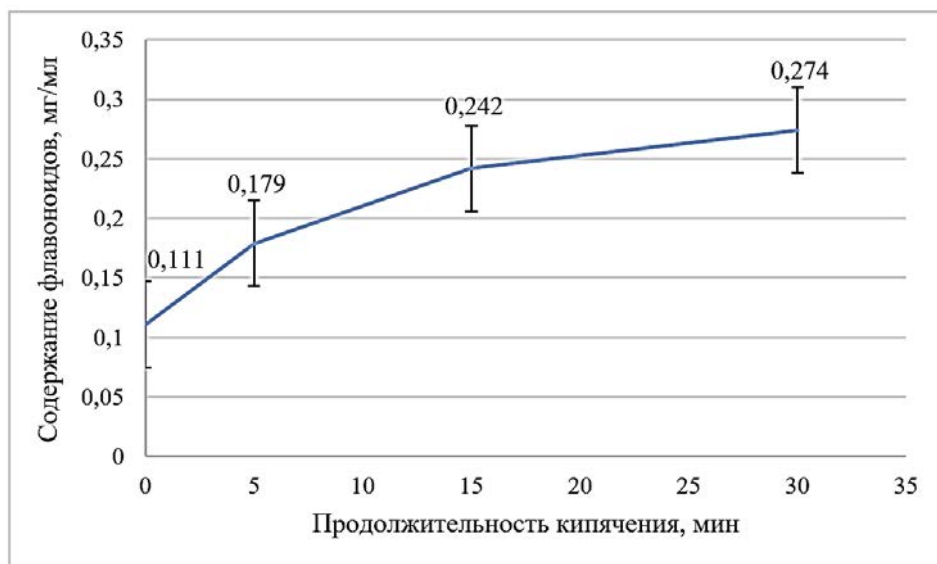


Рис. 2. Зависимость содержания флавоноидов в водных экстрактах от длительности кипячения

Далее, с помощью ВЭЖХ был проведен качественный и количественный анализ состава флавоноидов и фенольных соединений в водном экстракте *T. patula* со временем кипячения 30 мин (рис. 3).

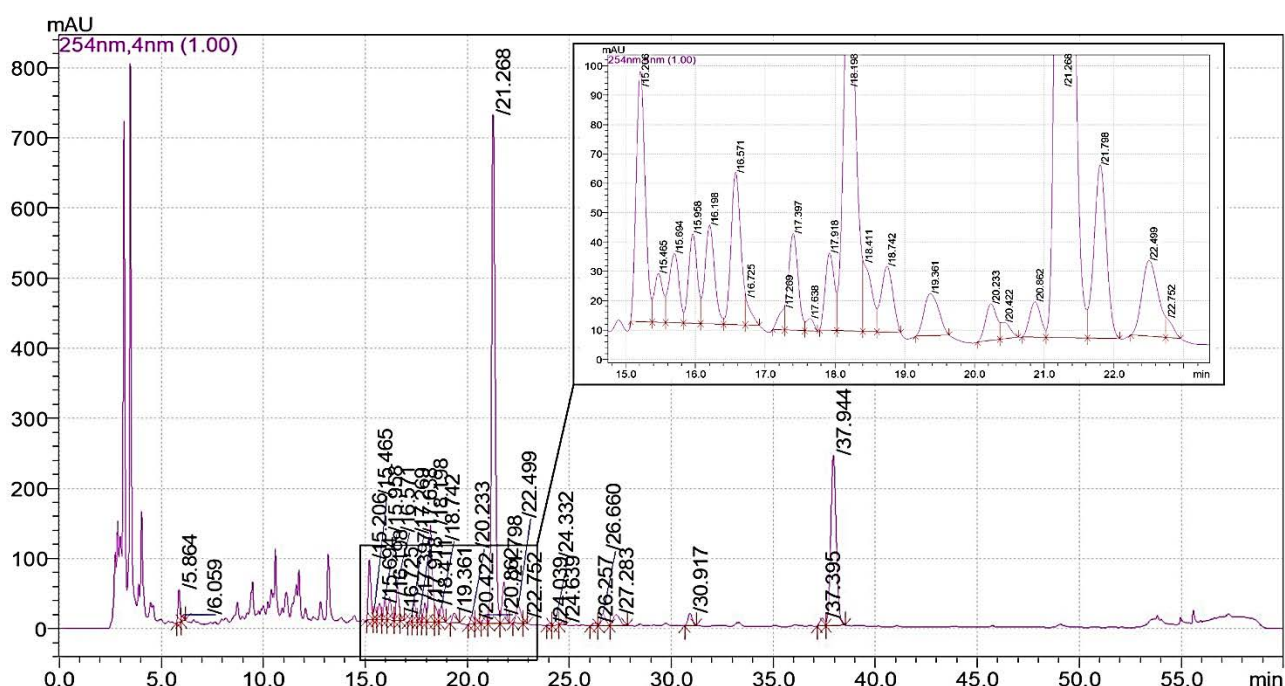


Рис. 3. Хроматограмма водного экстракта (1:10, 30 мин) и ее увеличенный фрагмент

Количественное содержание флавоноидов и фенольных соединений, обнаруженных в водном экстракте со временем кипячения 30 мин, отображено в таблицах 2–3.

Таблица 2

Концентрация флавоноидов в водном экстракте цветков *Tagetes patula* L. С гидромодулем 1:10 и временем кипячения 30 мин

Компонент	Время выхода, мин	Концентрация, мкг/мл
производное лютеолина	11,6	менее 1
производное лютеолина	15,2	49,0 ± 2,5
производное кверцетина	15,5	6,0 ± 0,3
производное кверцетина	15,7	9,7 ± 0,5
производное кверцетина	15,9	11,0 ± 0,6
производное кверцетина	16,6	менее 1
производное лютеолин-7-глюкозида	17,4	20,0 ± 1,0
производное кверцетина	17,9	10,0 ± 0,5
производное апигенин-7-О-глюкозида	19,4	6,5 ± 0,3
Кверцетин-3D-глюкозид (изокверцитрин)	20,2	5,83 ± 0,29
Лютеолин-7-глюкозид (цинарозид)	20,9	8,41 ± 0,42
производное спиреозида	21,3	—
производное лютеолина	21,8	46,4 ± 2,3
производное лютеолина	22,5	менее 1
производное лютеолина	24,3	менее 1
производное лютеолина	26,7	17,8 ± 0,9
производное лютеолина	30,9	16,3 ± 0,8
производное лютеолина	37,4	10,6 ± 0,5
производное спиреозида	38	—

Таблица 3

Концентрация фенольных соединений в водном экстракте цветков *Tagetes patula* L. с гидромодулем 1:10 и временем кипячения 30 мин

Компонент	Время выхода, мин	Концентрация, мкг/мл
Галловая кислота	4,0	128,0 ± 6,4
3,4-Дигидроксibenзойная кислота	5,8	12,3 ± 0,6
Хлорогеновая кислота	10,4	менее 1
производное галловой кислоты	10,6	63,4 ± 3,2
Оксикоричная кислота	12,8	—
производное эллаговой кислоты	13,2	29,0 ± 1,5
п-Кумаровая кислота	13,8	1,3 ± 0,1
Эллаговая кислота	18,2	62,0 ± 3,1
производное эллаговой кислоты	18,4	8,3 ± 0,4
Оксикоричная кислота	18,7	—

По результатам проведенного исследования на ВЭЖХ можно увидеть, что данный экстракт содержит огромное количество производных соединений, особенно среди флавоноидов. Это может свидетельствовать о высоком потенциале

Tagetes patula L. как растения, богатого биологически активными веществами, и о дальнейших перспективах его исследования.

Данные, отображенные в вышеприведенных таблицах, демонстрируют достаточно высокое содержание:

- флавоноидов: несколько производных лютеолина (10,6–49,0 мкг/мл), производного лютеолин-7-глюкозида (20,0 мкг/мл), несколько производных кверцетина (6,0–11,0 мкг/мл). Также в экстракте присутствуют цинарозид (8,41 мкг/мл) и изокверцитрин (5,83 мкг/мл).
- фенольных соединений: галловой кислоты (128,0 мкг/мл), ее производного (63,4 мкг/мл), а также эллаговой кислоты (62,0 мкг/мл) и ее производных (8,3–29,0 мкг/мл). Также присутствуют 3,4-дигидроксibenзойная кислота (12,3 мкг/мл) и п-кумаровая кислота (1,3 мкг/мл).

Заключительным этапом являлось определение антимикробной активности водных экстрактов цветков *T. patula* на бактериях *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli* диско-диффузионным методом (рисунок 4).

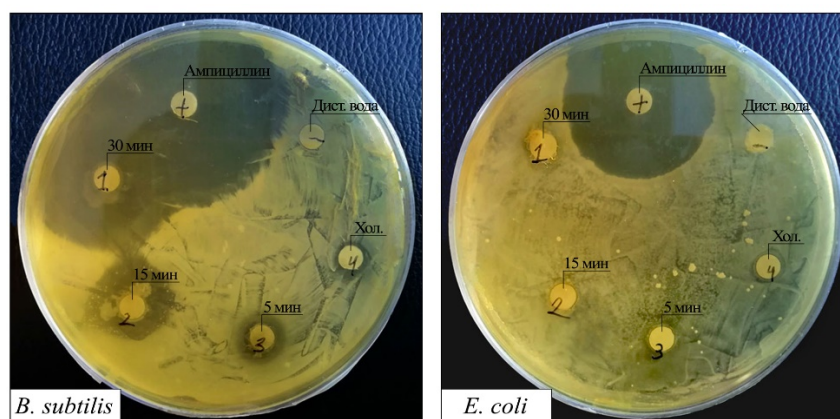


Рис. 4. Тестирование на антибактериальную активность экстрактов *T. patula* по отношению к *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli*

Из результатов видно, что бактерицидная активность экстрактов проявляется по отношению к *Bacillus subtilis*, возрастая по мере кипячения – максимальная при 30 мин – зона лизиса $33,0 \pm 1,0$ мм в диаметре. Далее, по убыванию: 15 мин – $21,0 \pm 0,6$ мм, 5 мин – $12,0 \pm 0,4$ мм в диаметре. Холодный экстракт проявил наименьшую ($9,0 \pm 0,3$ мм) бактерицидную активность. Антибиотик ампициллин показал зону лизиса в $47,0 \pm 1,4$ мм в диаметре.

Однако, относительно *Escherichia coli* только холодный и горячий (30 мин) экстракты проявили слабое бактериостатическое действие, тогда как остальные экстракты не проявили активность.

Сильная прямая связь была выявлена между суммарным содержанием флавоноидов в экстрактах и их активностью по отношению к *B. subtilis* ($r = 0,947$). Объединенные показатели представлены на рисунке 5.

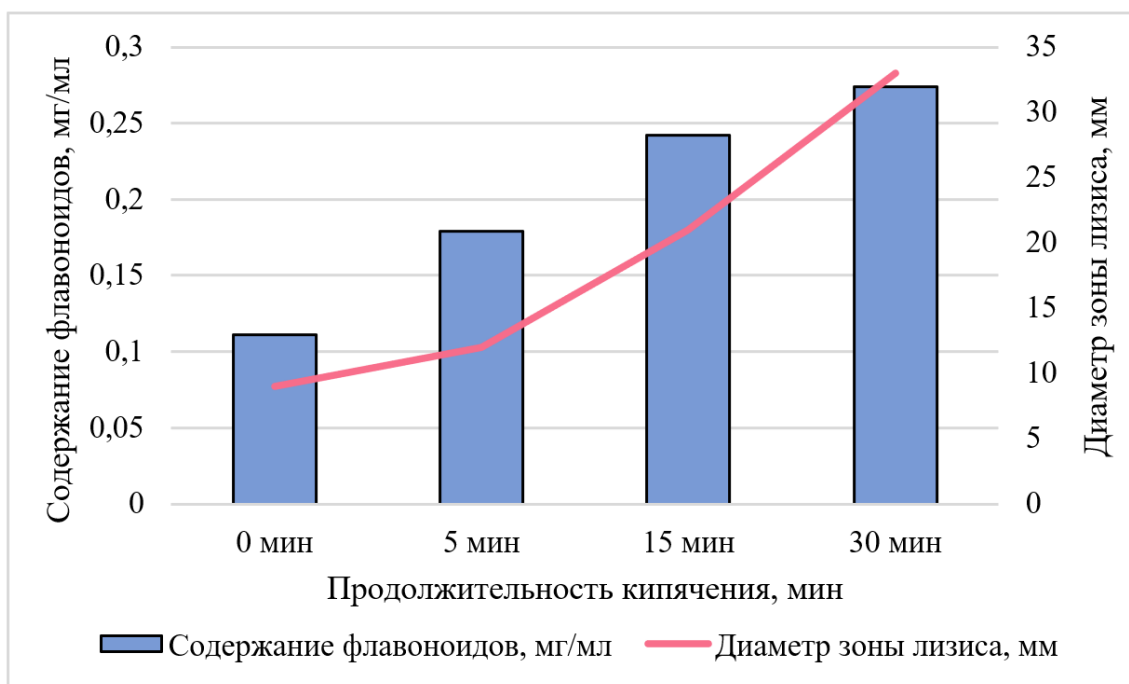


Рис. 5. Суммарное содержание флавоноидов и антибактериальная активность экстрактов *T. patula* относительно *Bacillus subtilis*

В результате исследования было изучено водное экстрагирование цветков *T. patula* в различных условиях, при этом были выделены экстракты с высокими показателями биологической активности. Следовательно, были сделаны выводы о потенциальном применении экстрактов *T. patula* в качестве кормовых и биологически активных добавок, природных пестицидов благодаря богатому составу биологически активных веществ, безопасности (кроме индивидуальной непереносимости) и бюджетности сырья. Помимо этого, применение водных экстрактов является потенциально полезным в ветеринарии, медицине и сельском хозяйстве. Однако, подобные исследования необходимо продолжить с целью получения достоверных и убедительных результатов.

Список литературы

1. Астафьева О.В. Исследование химического состава и противомикробной активности экстрактов из соцветий *Tagetes patula* L. / О.В. Астафьева, З.В. Жаркова, М.В. Якимец и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – №6. – 10 с.
2. Jain R. In vitro antibacterial potential of different extracts of *Tagetes erecta* and *Tagetes patula* / R. Jain, N. Katare, V. Kumar *et al.* // J. Nat. Sci. Res. – 2012. – Vol. 2., № 5. – P. 84–90.
3. Fattahi S. Total phenolic and flavonoid contents of aqueous extract of stinging nettle and in vitro antiproliferative effect on hela and BT-474 Cell lines / S. Fattahi, E. Zabih, Z. Abedian *et al.* // International journal of molecular and cellular medicine. – 2014. – Vol. 3., № 2. – P. 102–107.

Секция 4

ПРОМЫШЛЕННАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ И ОТХОДОВ

ASSESSMENT OF NI(II) ADSORPTION CAPACITY BY VARIOUS FORMS OF SORBENT DERIVED FROM NATURAL SPHERICAL SEEDS

My Uyen Dao^{1,2}, A. S. Sirotkin³, Quoc Bao Tran⁴, Anh Khoa Tran⁴,
Hien Y Hoang^{1,2*}

¹Center for Advanced Chemistry, Institute of Research and Development, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Viet Nam

²The Faculty of Natural Sciences, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Viet Nam

³Department of Industrial Biotechnology, Kazan National Research Technological University, Kazan, 420015, Russia

⁴Faculty of Environment, Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment, Ho Chi Minh City, 70000, Vietnam

Email: hoanghieny@duytan.edu.vn

Abstract: Heavy metal pollution is becoming an increasingly worrying problem due to the negative consequences that it is having around the world. Owing to the simplicity in operation, environmental friendliness, and high removal efficiency, adsorption has been becoming an effective and economical method for the removal of nickel pollution. Carbonaceous sorbent, which has a well-developed porous structure with a large surface area, various functional groups, and a high adsorption capacity, is one of the most widely utilized adsorbents for pollution removal. In this study, we proposed a carbonaceous adsorbent derived from natural spherical seeds for nickel treatment. The Ni(II) adsorption capacities of spherical and magnetic powder forms of this sorbent were also investigated. In addition, the effects of reaction time, and initial concentration of pollutant on the adsorption performance was studied.

Keywords: adsorption, nickel ions, spherical seeds, sorbent.

ОЦЕНКА АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ NI (II) ПО РАЗЛИЧНЫМ ФОРМАМ СОРБЕНТА, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ НАТУРАЛЬНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ СЕМЯН

Май Йен Дао^{1,2}, А. С. Сироткин³, Куок Бао Тран⁴, Ань Хоа Тран⁴, Хиен У Хоанг^{1,2 *}

¹Центр по передовой химии, Институт исследований и разработок, Университет Дуй Тан, Да Нанг, 550000, Вьетнам

²Факультет естественных наук, Университет Дуй Тан, Дананг, 550000, Вьетнам

³Кафедра промышленных биотехнологий, Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, 420015, Россия

⁴Факультет окружающей среды, Хошиминский городской университет природных ресурсов и окружающей среды, Хошимин, 70 000, Вьетнам

Адрес электронной почты: hoanghieny@duytan.edu.vn

Аннотация: Загрязнение тяжелыми металлами становится все более тревожной проблемой из-за негативных последствий, которые оно имеет во всем мире. Благодаря простоте эксплуатации, экологичности и высокой эффективности удаления адсорбция становится эффективным и экономичным способом удаления никелевого загрязнения.

Углеродистый сорбент, который имеет хорошо развитую пористую структуру с большой площадью поверхности, различными функциональными группами и высокой адсорбционной способностью, является одним из наиболее широко используемых адсорбентов для удаления загрязнений. В этом исследовании мы предложили углеродистый адсорбент, полученный в виде натуральных сферических гранул для никелевой обработки. Исследовали также адсорбционные способности Ni (II) сферических и магнитных порошковых форм этого сорбента. Кроме того, изучалось влияние времени реакции и начальной концентрации загрязнителя на характеристики адсорбции.

Ключевые слова: адсорбция, ионы никеля, сферические семена, сорбент.

Introduction

Water is one of the most essential necessities of life, covering approximately 75% of the Earth surface with about 0.3% of it being usable. However, nowadays water pollution and its consequences are dangerous issues that people are facing. Water pollution is a major challenge not only in developing countries but also in countries with large economies around the world. There are numerous causes of water pollution, and perhaps one of the primary causes of this situation worldwide is the uncontrolled release of wastewater from industrial zones. Such wastewater frequently contains high concentrations of hazardous compounds, toxic organics, harmful microorganisms, and heavy metals. Among these contaminants, heavy metals are the most serious threat to humans and ecosystems on earth [1]. These inorganic pollutants are highly toxic even in minor quantities, able to enter the human body through water, food resource, or indirect skin contact. Heavy metals directly affect the biological functions and growth of people, which accumulate in different organs causing many serious diseases, even cancer. Because of the rapid development of global industry, controlling heavy metal pollution has become out of reach for humans. According to the UNEP report about environmental assessment, the amount of heavy metals in the ground, water, and air in the industrial zone of Ogoniland are about 1000 times higher than permitted limits [2]. Another investigation by Zhou et al. showed the rate of pollution from several heavy metals in surface water of rivers and lakes increased to ten over five decades from the 1970s to 2010s [3].

Thanks to the outstanding physicochemical properties, nickel, and nickel compounds are commonly used in many different industries, such as metallurgical and food processing industries, textile industry, automobile die-casting industry, pigments, and catalysts [4,5]. As a result, a large amount of nickel-containing wastewater is discharged into the environment each year. The main classes of nickel presented in the wastewater are soluble compounds, oxides, sulfides, and metallic nickel with lesser content. As one of the highly toxic metals, nickel poisoning causes several diseases in humans, such as contact dermatitis, cardiovascular disease, asthma, lung fibrosis, and respiratory tract cancer [5,6]. Thus, the treatment of nickel in wastewater has long attracted the interest of the scientific community.

Nickel ions treatment in a solution can be achieved with many technologies, including ion-exchanged separation, filtration separation, adsorption, advanced oxidation process, and electrochemical treatment. While most of these treatment methods are expensive to manufacture and operate, the adsorption approach is widely used due

to high treatment efficiency, easy synthesis, flexibility in the selection of abundant precursors, and more importantly low cost in manufacturing as well as operating. In recent years, carbonaceous adsorbent materials derived from biomass, plant residues, and agricultural wastes have been appreciated in high effectiveness for heavy metal removal [7]. Carbonaceous adsorbent (CA) was synthesized in many different forms depending on their usage purpose. In the wastewater treatment industry, CA was commonly employed in spherical, pellet, flake, and nanotube forms. Compared to other CA, spherical carbonaceous adsorbent (SCA) possesses strong mechanical strength, high bulk density, great wear resistance, tunable porosity, low ash content, and excellent durability [8,9]. Moreover, the effectiveness of spherical adsorbent towards removal of gas, organic dye (toluene, methylene blue), and heavy metal (nickel ion) was examined in previous researches [10–12]. Although possessing these effective properties, the synthesis of SCA is difficult, requiring the use of complex methods, including polymerization, agglomeration, hydrothermal treatment, or a combination of many methods. For instance, SCA was successfully synthesized by Wang et al from phenolic resol as a resource of carbon [13]. Phenolic resol was polymerized in NaOH aqueous solution at 368 K in an oil bath for 2 h. Subsequently, suspension of phenolic resol and calcium nitrate formed the bead by using a syringe. The formed gel beads were calcined at 923 K for 3 h in a nitrogen flow to obtain the spherical adsorbent. It can be seen that the above synthesis process underwent many stages, which increased production costs and made commercialization difficult. Thus, to overcome drawbacks while still obtaining effective SCA we have suggested in a previous study a simple method for directly synthesizing SCA from natural spherical seeds [11,14]. After being impregnated in NaHCO₃ solution, the spherical seeds, namely *Litsea glutinosa* seeds were carbonized at 450 °C for 1 h. In this case, the NaHCO₃ solution played role in enhancing the porous structure of the adsorbent. The obtained SCA retained a spherical shape similar to the initial seeds. However, according to our judgment, the low special surface area and small pore size of SCA might hinder it from adsorbing nickel ion as well as the large molecule organic. In order to clarify this statement, a carbonaceous adsorbent in powder was prepared from *Litsea glutinosa* seeds to assess its nickel adsorption capacity. Another point worth mentioning is that using adsorbent in powder form for nickel treatment can cause adsorbent attrition and make a difficulty to reuse it after processing. The introduction of magnetism to the powder adsorbent can overcome this limitation. Thus, the goal of this study is to report the synthesis of magnetic carbonaceous adsorbent (MCA) in powder form derived from *Litsea glutinosa* seeds, as well as to assess and compare the nickel adsorption ability of the as-synthesized adsorbent to that of available SCA.

Materials and methods

Chemicals

All of the chemicals in this study consisting of anhydrous ferric chloride (FeCl₃, 99.9%), potassium hydroxide (KOH, 90%), hydrochloric acid (HCl, 37%), sodium bicarbonate (NaHCO₃, 99.7%), and nickel sulfate (NiSO₄•6H₂O, 99.99%) were purchased from Sigma-Aldrich and used without further purification. *Litsea glutinosa*

(LG) seeds collected in a located forest of Quangnam provinces (Vietnam) were used as a precursor for synthesizing CA. Double-distilled water was used for all experiments to avoid any coagulation caused by electrolytes.

Preparation of carbonaceous adsorbents

The preparation of SCA was exhibited in our previous publication [11,14]. In short, the collected LG seeds were dried at 105 °C for 24 hours after being washed many times by distilled water to remove all the dust and dirt. Following that, the cleaned seeds were impregnated in 5% NaHCO₃ solution for 24 hours at a temperature of 50 °C. The carbonization process was then performed in a furnace at 450 °C for 60 min. Finally, the resulting adsorbents were treated with HCl 0.1% to remove soluble ash constituents before being rinsed several times with distilled water to neutralize the pH.

The preparation of MCA was performed under completely similar conditions as in the SCA preparation. The only difference was that the cleaned seeds were undergone FeCl₃-hydrothermal treatment and were activated with KOH before being carbonized at 450 °C. The comparison between these two synthesis processes was depicted in Fig. 1. Hydrothermal treatment was considered as a convenient technique to replace the conventional crush-impregnation methods for introducing FeCl₃ to high-viscosity biomass, such as LG seed. Accordingly, LG seeds dipping in FeCl₃ solution were hydrothermally treated in stainless steel autoclave at 150 °C for 2 h. The resulted hydro-char was then activated by KOH solution to form a porous magnetic adsorbent.

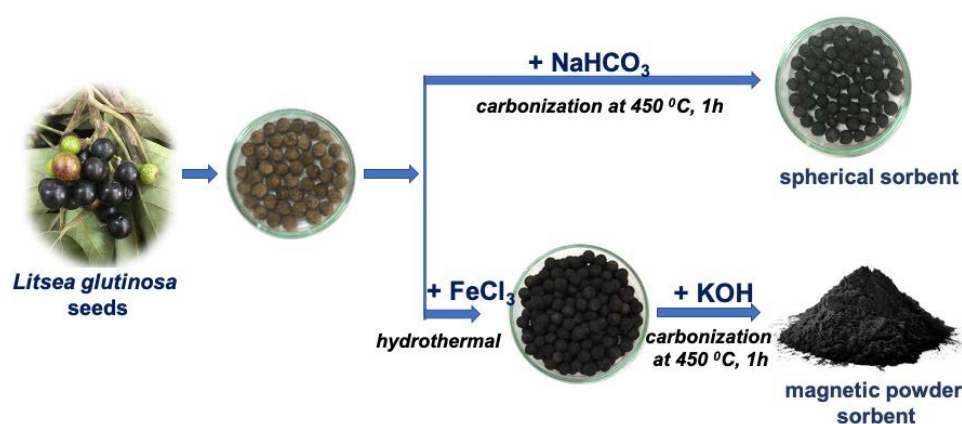


Fig. 1. Preparation of spherical and magnetic powder adsorbents from *Litsea glutinosa* seeds

Adsorption experiments for Ni(II) ion removal by carbonaceous adsorbents

The study of Ni(II) ion adsorption capacity of the CA was conducted in batch mode at 25 °C by varying the initial concentration of nickel sulfate from 10 to 70 mg/L. For a typical experiment, an optimal amount of SCA (0.2 g) or MCA (0.025 g) and 25 mL of Ni(II) solution were loaded into a 150-mL Erlenmeyer flask. The reaction mixture was stirred in a shaker at speed of 150 rpm until achieving equilibrium. At the end of contact time, SCA was easily rejected from solution by hands, while MCA was separated by a magnet. The residual Ni(II) in the filtrate was then determined using the dimethylglyoxime method through spectrophotometry (UV-Vis, Cary 60, Agilent Technologies, USA) at a wavelength of 470 nm.

Removal efficiency (E , %) and adsorption capacity (Q , mg/g) of the prepared carbonaceous sorbent were calculated by the following equation:

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$Q = \frac{C_0 - C_e}{m} \cdot V \quad (2)$$

where C_0 and C_e are the initial and equilibrium concentrations of Ni(II) ions in the reaction solution (mg/l), respectively; V is the volume of the Ni(II) solution (L); m is the mass of adsorbent (g).

Results and discussion

There are many factors affecting the Ni(II) adsorption capacity of CA, such as dosage, pH solution, reaction time, initial concentration of pollutant. However, in this study, we were only interested in the influence of reaction time and initial Ni(II) concentration, which determined the overall efficiency of the Ni (II) adsorption process by MCA and SCA. As seen in Fig. 2, there is a general trend that Ni(II) adsorption capacity of both SCA and MCA rapidly increased with initial interaction time and slowed down as the adsorption approached equilibrium. This result is due to the decrease in the number of vacant activate sites on surface adsorbents during the adsorption process. In other words, after a certain interaction time, the vacant surface sites get occupied by metal molecules, leading to creating a repulsive force between the adsorbates on the adsorbent surface. As a result, the adsorption capacity of adsorbents slows down gradually. To reach equilibrium, the Ni(II) adsorption by SCA and MCA must take place within 600 and 300 min, respectively. The established equilibrium time will serve as a basis to investigate other factors affecting the Ni(II) absorption. The Fig. 2 also revealed that the Ni(II) adsorption by MCA occurred faster than one by SCA. Specifically, 91% of nickel ions in the solution was adsorbed by MCA within 90 min, while SCA only adsorbed 60% of the nickel ions at the same time. The Ni(II) adsorption rate was affected by the specific surface area of the adsorbent. Thus, the larger surface area gave MCA an advantage over SCA in the Ni(II) adsorption process.

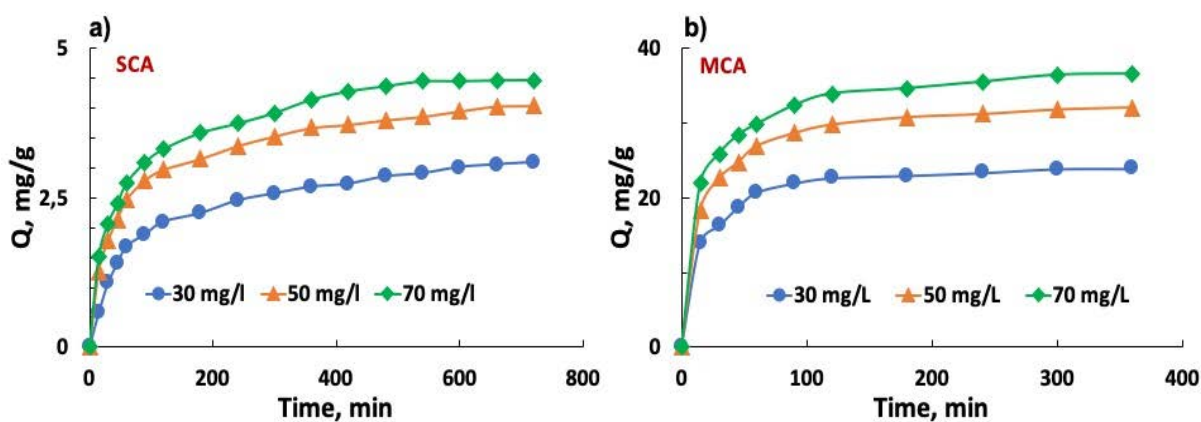


Fig. 2. Effect of contact time on the Ni(II) adsorption capacity of obtained adsorbents: SCA (a) and MCA (b) ($V=25\text{mL}$, $T=25^\circ\text{C}$, $\text{pH}=7$, $m_{\text{SCA}}=0.2\text{g}$, $m_{\text{MCA}}=0.025\text{g}$)

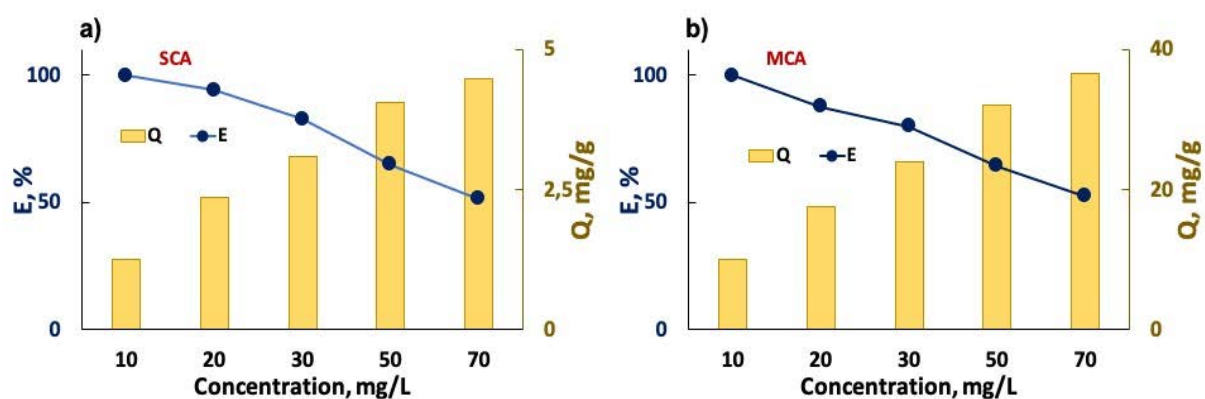


Fig. 3. Effect of initial concentration of Ni(II) ion on the removal efficiency and adsorption capacity of the obtained adsorbents: SCA (a) and MCA (b) ($C_0=10\text{--}70\text{mg/L}$, $T=25^\circ\text{C}$, $\text{pH}=7$, $V=25\text{mL}$, $t_{\text{SCA}}=600\text{min}$, $t_{\text{MCA}}=300\text{min}$, $m_{\text{SCA}}=0.2\text{g}$, $m_{\text{MCA}}=0.025\text{g}$)

In addition to specific surface area, in batch adsorption, the adsorption rate of the adsorbents was also controlled by the initial concentration of adsorbate. From Fig. 3, it can be clearly seen that the Ni(II) adsorption rate of SCA and MCA increased with increasing the initial Ni(II) concentration. This phenomenon is due to the fact that the raised concentration of Ni(II) enhances the transport of metal molecules from the surrounding sites to the interior sites of adsorbent particles, leading to accelerating the adsorption rate.

Another interesting finding regarding the adsorbate concentration was that increasing the initial Ni(II) concentration resulted in a decrease in its removal efficiency (Fig. 3). The highest percentage of Ni(II) removal by SCA (99%) was found at the lowest initial concentration of Ni(II) (10 mg/L). A similar trend was also observed for MSC. With raising the Ni (II) initial concentration of nickel ion up to 70 mg/L, the Ni(II) removal efficiency sharply dropped to 50% for both SCA and MCA. It is evident that the adsorption sites on the adsorbent surface become saturated, as the initial concentration of Ni(II) solution increases, resulting in a decrease in removal efficiency. A similar effect was also obtained by Le et. al, who investigated the adsorption of Ni(II) onto the magnetic activated carbon/ chitosan beads prepared from spent coffee grounds, shrimp shells, and green tea extract [12]. On the other hand, along with the adsorption rate, the adsorption capacity of SCA and MCA favored increasing Ni(II) initial concentrations.

Conclusion

In this study, the carbonaceous adsorbents in spherical and magnetic powder forms were successfully synthesized from *Litsea glutinosa* seeds. Both these adsorbents possessed high efficiency in Ni(II) ion removal. However, the larger specific surface area gave MCA an advantage over SCA in the nickel adsorption process.

References

- [1] Briffa J, Sinagra E and Blundell R 2020 Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans *Heliyon* **6** e04691.
- [2] Anyanwu B, Ezejiofor A, Igweze Z and Orisakwe O 2018 Heavy Metal Mixture Exposure and Effects in Developing Nations: An Update *Toxics* **6** 65.

- [3] Zhou Q, Yang N, Li Y, Ren B, Ding X, Bian H and Yao X 2020 Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017 *Glob. Ecol. Conserv.* **22** e00925.
- [4] Hoang H Y, Akhmadullin R M, Akhmadullina F Y, Zakirov R K, Akhmadullina A G and Dao M U 2019 Catalytic oxidation of aqueous sulfide in the presence of 3,3',5,5'-tetra-tert-butyl-4,4'-stilbenequinone *Chem. Eng. Commun.* **206** 1597–607.
- [5] Genchi G, Carocci A, Lauria G, Sinicropi M S and Catalano A 2020 Nickel: Human Health and Environmental Toxicology *Int. J. Environ. Res. Public Health* **17** 679.
- [6] Sinicropi M S, Amantea D, Caruso A and Saturnino C 2010 Chemical and biological properties of toxic metals and use of chelating agents for the pharmacological treatment of metal poisoning *Arch. Toxicol.* **84** 501–20.
- [7] Zhao J, Shen X-J, Domene X, Alcañiz J-M, Liao X and Palet C 2019 Comparison of biochars derived from different types of feedstock and their potential for heavy metal removal in multiple-metal solutions *Sci. Rep.* **9** 9869.
- [8] K. Tripathi N 2018 Porous carbon spheres: Recent developments and applications *AIMS Mater. Sci.* **5** 1016–52.
- [9] Tran H N, Huang F-C, Lee C-K and Chao H-P 2017 Activated carbon derived from spherical hydrochar functionalized with triethylenetetramine: synthesis, characterizations, and adsorption application *Green Process. Synth.* **6**.
- [10] Huang Y-P, Hsi H-C and Liu S-C 2013 Preparation of spherical activated phenol-formaldehyde beads from bamboo tar for adsorption of toluene *J. Air Waste Manage. Assoc.* **63** 977–83.
- [11] Dao M U, Le H S, Hoang H Y, Tran V A, Doan V D, Le T T N, Sirotkin A and Le V T 2021 Natural core-shell structure activated carbon beads derived from *Litsea glutinosa* seeds for removal of methylene blue: Facile preparation, characterization, and adsorption properties *Environ. Res.* **198** 110481.
- [12] Le V T, Dao M U, Le H S, Tran D L, Doan V D and Nguyen H T 2020 Adsorption of Ni(II) ions by magnetic activated carbon/chitosan beads prepared from spent coffee grounds, shrimp shells and green tea extract *Environ. Technol.* **41** 2817–32.
- [13] Wang X, Xin C, Shi C, Dong A and Wang K 2018 Simple Preparation of Spherical Activated Carbon with Mesoporous Structure from Phenolic Resol and Associated Catalytic Performance in Isobutane Dehydrogenation *Trans. Tianjin Univ.* **24** 351–60.
- [14] My Uyen D, Alexander S. S, Hong Hanh C, Van Thuan L and Hien Y H 2020 Removal of methylene blue and nickel(II) ions in simulated and real wastewater using activated carbon beads derived from *Litsea glutinosa* seeds *Chem. Saf. Sci.* **4** 180–9.

EFFECT OF SUGAR TYPE ON FERMENTED BEVERAGE USING PINEAPPLE BY-PRODUCTS

Phung Gia Khanh¹, Vu Thi Phuong¹, Nguyen Thi Thuy¹, Hoang Thu Trang¹,
Tran Thi Nhu Xuan¹, Dao My Uyen², Ha Thi Dung^{1*}

¹Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry,
298 Cau Dien, Bac Tu Liem, Hanoi, Vietnam

²Center for Advanced Chemistry, Institute of Research and Development,
Duy Tan University, Da Nang, Viet Nam

Corresponding author: *dunght1@hau.edu.vn, dunghana.2007@gmail.com

Abstract. The purpose of this study is to increase the value of agricultural by-products and reduce this waste into the environment by fermenting pineapple peels and cores to produce beverage. There is not much sugar in the pineapple by-products, so the addition of sugars during fermentation is necessary. The study used 3 types of sugar: brown sugar, white sugar and unrefined sugar. Our results showed that different sugar composition in different types of sugar affects the fermentability and taste of the product. In which, unrefined sugar gave the strongest fermentation ability, but the taste is quite sour and strong. While the two refined sugars gave moderate fermentation efficiency, the smell and taste are more pleasant compared to unrefined fermentation products using unrefined sugar. In addition, reducing sugar content in fermented products using refined sugar was higher compared to unrefined sugar, pointing to a potential superior nutritious value.

Keywords: sugar type, fermented beverage, pineapple by-products.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ САХАРА НА КАЧЕСТВО ФЕРМЕНТИРОВАННОГО НАПИТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ АНАНАСА

Фунг Гиа Кхань¹, Ву Тхи Фонг¹, Нгуен Тхи Туи¹, Хоанг Тху Чанг¹,
Чан Тхи Нху Суан¹, Дао Ми Уиен², Ха Тхи Зунг^{1*}

¹Факультет химической технологии, Ханойский промышленный университет,
298 Кау Дьен, Бак Ту Лиём, Ханой, Вьетнам

²Центр современной химии, Институт исследований и разработок, Университет Зуи Тан,
Дананг, Вьетнам

Автор для корреспонденции: *dunght1@hau.edu.vn, dunghana.2007@gmail.com

Аннотация. Целью данного исследования является повышение ценности побочных продуктов сельского хозяйства, в том числе кожуры и сердцевины ананаса. Кроме того, сокращены эти отходы в окружающей среде путем их ферментации для производства напитка. В побочных продуктах ананаса не так много сахара, поэтому необходимо добавить сахара во время брожения. В исследовании использовались 3 вида сахара: коричневый сахар, белый сахар и нерафинированный сахар. Показано, что природа сахара влияют на сбраживаемость и вкусовые качества продукта. В котором, нерафинированный сахар дал самую силь-

ную способность к брожению, но вкус довольно кислый и сильный. При этом два рафинированных сахара давали умеренную эффективность брожения. По сравнению с использованием нерафинированного сахара, запах и вкус были более приятными при использовании рафинированных сахаров. Кроме того, содержание редуцирующего сахара после ферментации повышалось при использовании рафинированного сахара и было выше по сравнению с нерафинированным сахаром, что указывает на потенциально более высокую питательную ценность.

Ключевые слова: природа сахара, ферментированный напиток, побочные продукты переработки ананаса.

Pineapple is a tropical fruit grown in many parts of the world, including Viet Nam. Its sweet flesh and delicious flavor make it a popular choice for salads, smoothies, and other dishes. The pineapple plant also produces numerous by-products, such as peels, seeds, cores, etc., which can be used for a variety of different purposes. When processing pineapples, approximately half of the total weight of the fruit is made up of by-products such as the shell, core, stem and crown. These by-products are mainly used for animal feed and in the pharmaceutical industry [1]. The pineapple residues are split up into 29-40% shell, 9-10% core, 2-6% stem, and 2-4% crown and have the potential to be turned into products with more value. Because pineapple by-products (peel, core) are rich in carbohydrates (66–88%), insoluble fiber (16–28%), soluble fiber (2–4%) and minerals (4–5%) [2]. The amount of sugar present in the peels and core is a very good source of carbon for fermentation. Bromelain is an enzyme naturally present in pineapple by-products (peel, core), which has been proven to have supportive function for the digestive and cardiovascular systems, along with anti-inflammatory, anticancer and antibacterial effects [3]. With high content of carbohydrates and biological compounds in the peels and core, some studies have focused on using these by-product as potential sources of unrefined materials to produce fermented food and beverages. Fermented beverages are a probiotic products that contain many microorganisms, which are beneficial to human health, good for the digestive system and increasingly popular with consumers. Therefore, the present work aimed to evaluate the effect of sugar type on fermented beverage using pineapple cores and peels.

Materials and methods. Queen pineapples (*Ananas comosus* [Linn.] Merr.) were purchased in a local market (Ha Noi, Viet Nam). The crown was discarded, and the fruits were washed extensively with tap water. Pineapples were then manually peeled and cored. Peels with rests of pulp and cores were cut into small pieces using a stainless-steel knife. White sugar, brown sugar and unrefined sugar and clean water were used as ingredients. Concentrations of sugar were used at 15%. A mix, consisting of 100 g of chopped pineapple solids (peels and core) and sugar solution at selected concentration, was prepared. This mix was placed inside an incubator at 24 °C for 48 h. After that, the rough solids were removed by cloth filtration. The filtrates were analyzed to determine their pH, total soluble solids (TSS) as Brix degree, quantity of reducing sugar and sensor. The pH was determined by a pH meter SevenCompact S220 (Mettler Toledo, Switzerland). The Brix degree was measured using an Opti Brix 54 Refractometer (Bellingham and Stanley, England). The reducing sugar (RS) content was determined by colorimetric method using DNS reagent [4]. Sensory assessment of color, smell and taste of products according to the method described according to ISO 6658:2017 (TCVN 12387:2018) [5].

Results and Discussion.

In fermentation, the type of sugar used is very important, it determines the transformation processes in fermentation, the taste of the product, the price of the product. For this experiment, we chose 3 types of sugar: brown sugar, white sugar and unrefined sugar for fermentation pineapple by-products.

The results showed that the total soluble solids (TSS) content decreased after fermentation. This may be related to the microbial consumption of these soluble solids during fermentation. However, the reducing sugar content did not change according to the same rule as the TSS content (Fig 1a).

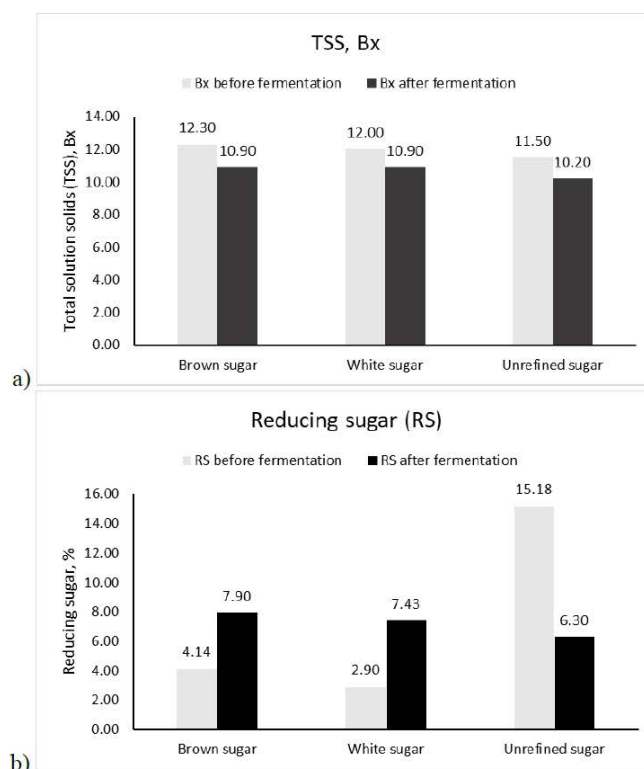


Fig. 1. The change of total solution solids (TSS) and level reducing sugar (RS) before and after fermentation pineapple peels and core

From figure 1b we can see, that when fermenting with white sugar and brown sugar, content of reducing sugar after fermentation increased higher than before fermentation. While the reducing sugar content of unrefined sugar before fermentation is approximately 15% high and gradually decreases during fermentation. This may be related to the way these sugars are processed differently, leading to different chemical composition of these sugars.

According to the result of this research, content of reducing sugar of unrefined sugar is higher than others. During the fermentation process, the reducing sugar content when using ferment sugar decreased sharply. While the reducing sugar content of other sugars such as white and brown sugars is increased. The reason may be that the fermenting microorganisms in this study are only able to use reducing sugars, so they need to break down sucrose to get unrefined materials for their metabolism.

In addition, the Brix when measuring the total dissolved solids also has a deviation from the sugar and reducing sugar content. This can be explained by the definition that each measured Brix corresponds to 1% of sucrose at 20°C. Since the sucrose content of different sugars is different, the Brix measurement results are different [6].

After fermentation, the fermented juice tended to acidify. That because during fermentation, microorganisms are active and produce organic acids, which lowers the pH of the fermentation solution (Fig. 2). When fermenting with all three types of sugars, the pH value decreased, in which the largest decrease was when using unrefined sugar.

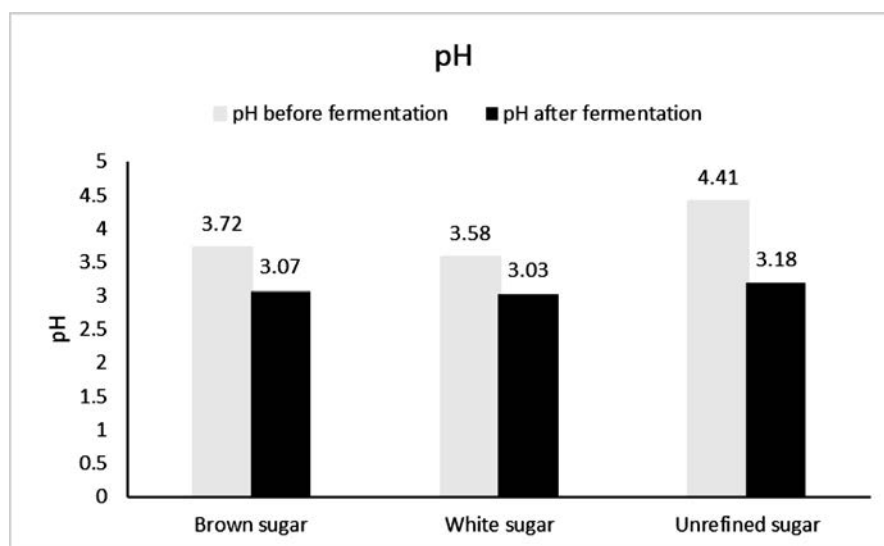


Fig. 2. The change of pH values before and after fermentation pineapple peels and core

The result of sensory assessment of fermented juice pineapple by-products was poited in table 1.

Table 1

Results of sensory assessment of fermentation pineapple peels and core

Categories	Brown sugar	White sugar	Unrefined sugar
Sensory assessment			
Color	Yellow-brown	Opalescent	Dark stunrefined yellow
Smell	Light, natural pine-apple scent	Pineapple aroma but slightly fermented	The smell of fermentation is quite strong
Taste	Medium sweet and sour	More sour but still sweet	Sour

The results showed that when fermenting using unrefined sugar, the smell and sour taste were stronger than the two refined sugars. This result is similar to the above pH change, then the pH when using unrefined sugar also decreases more sharply than refined sugar. Beside that, the color of the sugars also affects the color of the product. For a beautiful golden color is the result of using brown sugar and unrefined sugar.

Therefore, the overall assessment of fermentability, color, smell and taste of the product is better using refined sugar than unrefined sugar. The fermentability of the refined sugars used in the article is similar. However, in terms of color, using brown sugar will create a more attractive fermented juice.

References

1. Maurya A.K. Waste product of fruits and vegetables processing as a source of dietary fibre: A review / A.K. Maurya, R.K. Pandey, D. Rai, P. Porwal, D.C. Rai // Trends Biosci. -2015. -Vol. 8. - P. 5129–5140.
2. Santos D. I. Pineapple (*Ananas comosus* L.) by-products valorization / D. I. Santos, C. F. Martins, R. A. Amaral, L. Brito, J. A. Saraiva, A. A. Vicente, & M. Moldão-Martins // Novel bio ingredients for functional foods. Molecules. – 2021. -Vol. 26(11). -P. 3216.

3. Chakraborty A.J. Bromelain a Potential Bioactive Compound: A Comprehensive Overview from a Pharmacological Perspective /A.J. Chakraborty, S. Mitra, T.E. Tallei, A.M. Tareq, F. Nainu, D. Cicia, K. Dhama, T.B. Emran, J. Simal-Gandara, R. Capasso // Life. – 2021. -Vol. -P.11:317. doi: 10.3390/life11040317.
4. DuBois M. Colorimetric method for determination of sugars and related substances / M. DuBois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. T. Rebers, & F. Smith // Analytical chemistry. - 1956. - Vol. 28(3). -P. 350-356.
5. ISO 6658:2017. Sensory analysis — Methodology — General guidance
6. Definition of Brix. <https://www.foodscience-avenue.com/2013/09/definition-of-brix.html>

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО СЕКВЕНИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ МОЛЛЮСКОВ И ДРУГИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

А. С. Аксёнов^{1,2}, О. Я. Кисиль^{1,2}, А. В. Кропотин¹, О. В. Аксёнова¹

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика Н.П. Лавёрова УрО РАН, Архангельск, Россия

²Северный (Арктический) федеральный университет имени
М. В. Ломоносова, Архангельск, Россия

a.s.aksenov@narfu.ru

Аннотация: При разработке современных биотехнологических процессов, совершенствовании пищевых технологий и охране окружающей среды все чаще применяются метагенетические подходы, позволяющие своевременно получать информацию об используемых микроорганизмах. В данном исследовании на примере бактериальных сообществ пресноводных моллюсков, относящихся к классам *Bivalvia* и *Gastropoda*, использован один из основных подобных методов – метабаркодирование. Выявлены различия в таксономическом составе бактерий и архей, а также в наличии потенциально патогенных представителей прокариот.

Ключевые слова: пресноводные моллюски, *Unionidae*, *Lymnaeidae*, NGS, 16S рРНК, бактериальные сообщества.

APPLICATION OF NEXT-GENERATION SEQUENCING IN STUDIES OF BACTERIAL COMMUNITIES OF MOLLUSCS AND OTHER BIOLOGICAL OBJECTS

A. S. Aksenov^{1,2}, O. Ya. Kisil^{1,2}, A. V. Kropotin¹, O. V. Aksenova¹

¹N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian
Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

²Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

Abstract: The development of modern biotechnological processes, the improvement of food technologies and environmental protection increasingly imply the use of metagenetic approaches that allow timely obtaining information about the microorganisms used. On the example of bacterial communities of freshwater mollusks belonging to the classes *Bivalvia* and *Gastropoda*, one of the main methods of this kind, metabarcoding, was used. Differences in the taxonomic composition of bacteria and archaea as well as the presence of potential pathogenic groups of prokaryotes were revealed.

Keywords: freshwater molluscs, *Unionidae*, *Lymnaeidae*, NGS, 16S rRNA, bacterial communities.

Современные биотехнологические подходы во многом зависят от развития молекулярно-генетических методов. Например, поиск перспективных биокатализаторов в различных технологических средах и объектах окружающей среды

невозможен без умелого применения технологий высокопроизводительного секвенирования (Next Generation Sequencing, NGS). Как правило, первой стадией в случае ограниченной информации о составе изучаемого бактериального сообщества является метабаркодинг, который заключается в таксономической идентификации путем сочетания амплификации и NGS последовательностей маркерных генов-баркодов, например 16S рРНК.

В качестве носителей бактерий – потенциальных продуцентов промышленно-значимых ферментов могут выступать различные виды моллюсков. Например, из желудочно-кишечного тракта наземных представителей данного типа – *Achatina fulica* выделены аэробные бактерии, способные продуцировать широкий спектр целлюлаз [1]. Пресноводные виды моллюсков в данном аспекте малоизучены, однако, за последнее десятилетие отмечается накопление генетической информации об ассоциированной с ними микрофлоре [2].

Цель данной работы – получение первичных данных о составе бактериальных сообществ пресноводных моллюсков с использованием метабаркодинга по гену 16S рРНК и трансляции данного подхода на другие биологические объекты и процессы.

В исследованиях были использованы представители 2 распространенных семейств пресноводных моллюсков: униониды или перловицы (*Unionidae*) и прудовики (*Lymnaeidae*) (рис. 1).



Рис. 1. Пресноводные моллюски в естественной среде обитания в озере Лебединое (о. Итуруп). А – *Beringiana beringiana* (Bivalvia: Unionidae); Б – *Radix auricularia* (Gastropoda: Lymnaeidae)

Отбор образцов осуществляли из озера Лебединое (о. Итуруп, Сахалинская область), гидрохимический состав которого благоприятен для разведения тихоокеанских лососей. Образцы (4-6 особей из каждого семейства) после отбора помещали в стерильные емкости, замораживали при температуре -20 °С и транспортировали с сохранением температурного режима. Метабаркодинг проводился в лаборатории Всероссийского НИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Пушкин). Экстракцию ДНК из анализируемых образцов осуществляли с

помощью модифицированного СТАВ метода. Разрушение бактериальных клеток проводили двукратно гомогенизацией (скорость 6000 встряхиваний/мин в течение 30 сек). На основе полученных препаратов ДНК создавали библиотеки участков маркерного гена 16S рРНК (вариабельный участок V4) за счет амплификации с использованием праймеров: F515/R806 (GTGCCAGCMGCCGCGGTAA/GGACTACVSGGGTATCTAAT). Рабочая смесь ПЦР состояла из полимеразы Q5® High-Fidelity DNA Polymerase (NEB, США), прямого и обратного праймеров, матрицы-ДНК и каждого dNTP (Life Technologies). Параметры амплификации: денатурация при 94 °С, 1 мин., 25 циклов с режимами: 94 °С – 30 с, 55 °С – 30 с, 72 °С – 1 мин, заключительная элонгация при 72 °С 3 мин. Очистку ПЦР продуктов проводили с помощью магнитных частиц AMPureXP (BeckmanCoulter, США).

Секвенирование осуществляли на приборе «Illumina MiSeq» (Illumina, США) с применением коммерческого набора MiSeq® ReagentKit v3 с двусторонним чтением (2 по 300 н). Использовали программное обеспечение компании Illumina а также программные пакеты dada2, phyloseq и DECIPHER и программную среду R. Для представления данных таксономического анализа полученных исходных филотипов (Amplicon sequence variant, ASV) использовали средства программного пакета QIIME [3].

В результате метабаркодирования по гену 16S рРНК выделенных ДНК из кишечника двустворчатого моллюска *Beringiana beringiana* (Bivalvia) и мягких тканей вместе с внутренним содержимым брюхоногого моллюска *Radix auricularia* (Gastropoda) получено от 650 до 1500 вариантов ASV. Таксономический анализ выявил различия в доминирующих филах, что объясняется образом жизни и типом питания выбранных классов моллюсков (рис. 2).

К доминирующим представителям прокариот, ассоциированных с Bivalvia (по типу питания фильтраторы), следует отнести помимо неклассифицированных (включая археи): *Actinobacteriota*, *Proteobacteria*, *Cyanobacteria* и *Planctomycetota*. Для бактериального сообщества *Gastropoda* (по типу питания соскреба-тели и детритофаги), характерно снижение более чем в 2 раза доли *Planctomycetota* (по средним значениям для образцов в пределах класса), и увеличение доли *Firmicutes* и *Fusobacteriota*. Значимое различие в количестве планктомицетов в пользу двустворчатых моллюсков представляет интерес для экологии и биотехнологии благодаря недостаточной изученности функциональной роли этих бактерий в экосистемах, а также с возможностью поиска кодирующего потенциала отдельных представителей как источников получения карбогидраз [4].

При предварительном анализе микробиологического качества изучаемых моллюсков установлено, что для *Gastropoda* более характерно наличие потенциально патогенных энтеробактерий и стрептококков, в то время как для Bivalvia в большем количестве выявлены последовательности гена 16S рРНК микобактерий. Для представителей обоих классов пресноводных моллюсков приблизительно одинаковая встречаемость и количество клостридий. Вместе с тем, следует отметить, что для более детального выявления различий между составом микробиоты организмов необходимо использовать сходные части пищеварительной системы, что в нашем случае не соблюдалось. Подтверждение наличия

патогенных бактерий или способность представителей к биосинтезу интересующих биокатализаторов требуется осуществлять традиционными микробиологическими и/или биохимическими методами.

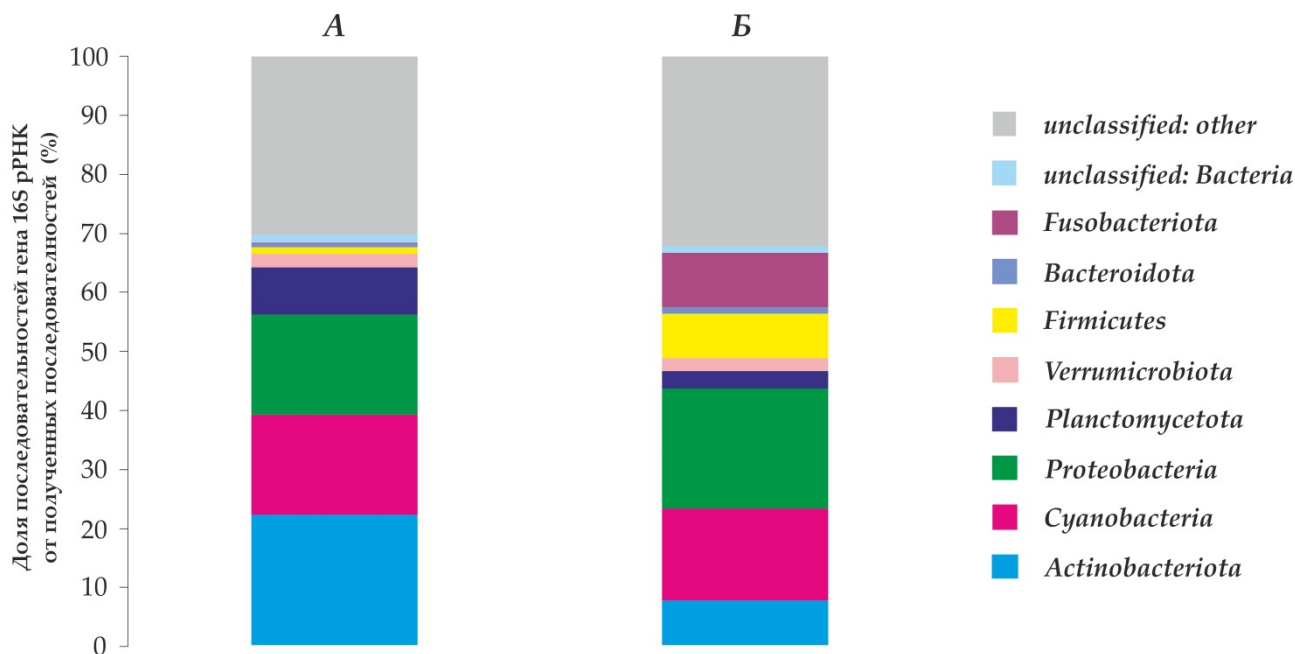


Рис. 2. Таксономический состав микробиоты пресноводных моллюсков по результатам метабаркодинга на уровне фил: **A** – Unionidae (n = 4); **B** – Lymnaeidae (n = 6)

Таким образом, на примере первичных данных о бактериальных сообществах моллюсков 2 различных классов – Bivalvia и Gastropoda, показаны возможные направления использования результатов метабаркодинга.

Актуальность используемого подхода подтверждается опытом изучения циано- и метанообразующих бактерий пресноводных водоемов, влияния вида корма и условий окружающей среды на состояние объектов аквакультурных хозяйств [3], изучении состава активного ила целлюлозно-бумажных предприятий. Кроме того, актуальной является оценка показателей микробного качества скоропортящихся продуктов питания, особенно тех, что используются в кулинарии без требуемой термической обработки, подвержены нежелательной порче и создают риски поступления в организм человека патогенной микрофлоры.

Результаты получены с использованием оборудования ЦКП «Геномные технологии, протеомика и клеточная биология» ФГБНУ ВНИИСХМ. Исследования выполнены при финансовой поддержке РНФ (проект № 21-74-10155).

Список литературы

1. Pinheiro, G.L. Isolation of aerobic cultivable cellulolytic bacteria from different regions of the gastrointestinal tract of giant land snail *Achatina fulica* / G.L. Pinheiro, R.F. Correa, R.S. Cunha, A.M. Cardoso, C. Chaia et al. // Front Microbiol. – 2015. – №6. – P.860.
2. Gill, S.P. Freshwater mussels and host fish gut microbe community composition shifts after agricultural contaminant exposure / S.P. Gills, D.R. Learman, M.L. Annis, D.A. Woolnough // Journal of Applied Microbiology. – 2022. – №133. – PP.3645-3658.

3. Кисиль, О.Я. Первые данные о сообществе бактерий и архей пресноводного моллюска дрейссены (*Dreissena polymorpha*) из бассейна реки Волга / О.Я. Кисиль, А.С. Аксёнов, О.В. Аксёнова, Ю.В. Беспалая, О.В. Травина // II Международная научно-практическая конференция «Изучение водных и наземных экосистем: история и современность», 5-9 сентября 2022 г, Севастополь. – 2022. – С.163-164.
4. Куличевская, И.С. Выявление хитинолитического потенциала у пресноводного планктомицета *Planctomicrobium piriforme* / И.С. Куличевская, Д.Г. Наумов, А.А. Иванова, А.Л. Ракитин, С.Н. Дедыш // Микробиология. – 2019. – Т.88(№ 4). – С.426-437.

ПОДСОЛНЕЧНЫЙ ШРОТ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВИД СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Р. Р. Ахмедзянова, Р. Т. Валеева, Д. В. Тунцев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

arumiyar17@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается побочный продукт переработки подсолнечника – подсолнечный шрот, исследования стадии его переработки и процессов гидролиза с целью получения гидролизатов с максимальным содержанием редуцирующих веществ и возможностью дальнейшего использования их как компоненты питательных сред при получении биотехнологических продуктов.

Ключевые слова: агропромышленный сектор, подсолнечник, подсолнечный шрот, корм, животноводство, переработка, гидролизат, питательный компонент.

SUNFLOWER MEAL IS A PROMISING TYPE OF RAW MATERIAL FOR OBTAINING BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTS

R. R. Ahmedzyanova, R. T. Valeeva, D. V. Tuncce

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: This article discusses a by-product of sunflower processing - sunflower meal, studies of the stage of its processing and hydrolysis processes in order to obtain hydrolysates with a maximum content of reducing substances and the possibility of their further use as components of nutrient media in the production of biotechnological products.

Keywords: agro-industrial sector, sunflower, sunflower meal, feed, animal husbandry, processing, hydrolysate, nutrient component.

Агропромышленный сектор для Российской Федерации традиционно является основополагающим в обеспечении продовольствием, на первый план выходит увеличение внутреннего сельскохозяйственного и промышленного потенциала в условиях экспортно-импортных ограничений. Роль производства и переработки подсолнечника является очень важным фактором для пищевого производства. Общая посевная площадь подсолнечника в Российской Федерации за последние 6 лет имеет устойчивую тенденцию к росту, урожайность и валовой сбор подсолнечника в стране также имеет положительную тенденцию к росту, что свидетельствует о повышении эффективности выращивания этой культуры [1, 2].

Среди трех ведущих масличных культур, то есть сои, рапса и подсолнечника в современном мире, подсолнечник признан основным источником высококачественного пищевого масла [3].

Подсолнечный шрот получают путем измельчения его семян для получения масла и жмыха, который далее отправляется на экстрагирование для получения оставшегося масла и шрота из него. Однако с ежегодным ростом потребления подсолнечного масла, как компонента питания его в основном измельчают для этих целей, производство шрота также достаточно эффективно для создания как для местного и международного спроса [4].

Подсолнечный шрот широко используется в качестве белкового сырья для кормов животным, по усвояемости он превосходит большинство растительных белков. Несмотря на низкое содержание лизина в подсолнечном белке, уровни метионина и цистеина благоприятны для удовлетворения потребностей птицы в кормах [4, 5].

Состав подсолнечного шрота зависит от эффективности очистки от шелухи [4, 6], а содержание масла в подсолнечном шроте колеблется от 1,5% до 2,5%, в зависимости от эффективности извлечения масла и сырья. Свежий подсолнечный шрот должен быть высушен для оптимального хранения. Его можно измельчить, разломать на мелкие кусочки или гранулировать для удобства обращения и хранения путем обработки под высоким давлением в грануляторе или экструдере с добавлением надлежащего связующего, такого как патока, жиры [4, 7].

Семена подсолнечника масличных сортов содержат около 20-30% шелухи, которую часто удаляют перед извлечением масла. Это связано с их вредным воздействием на маслопрессы: они препятствуют более низкому извлечению масла и снижают качество, как масла, так и шрота.

Уменьшение содержания шелухи на 1% повышает производительность прессования на 2,5%. Хорошо организованный процесс очистки от шелухи позволяет получить семена, на ядрах которых остается 8-12% шелухи [4, 8]. Шелушение производится после очистки семян и их сушки до влажности 5%, что облегчает отделение ядра от скорлупы. Обычный процесс заключается в растрескивании семян механическим воздействием центробежных или пневматических шелушилок. Это также может быть сделано путем истирания [4, 9]. Полученную смесь просеивают, чтобы отделить шелуху от ядер [4, 7, 8].

Цвет подсолнечного шрота варьируется от серого до черного в зависимости от степени очистки (шроты с меньшим количеством шелухи светлее) и от процесса экстракции [4, 10].

Хотя в нем содержится меньше белка и гораздо больше клетчатки, чем в соевом шроте, подсолнечный шрот является ценным кормом для скота, особенно для жвачных животных и кроликов, а при определенных условиях - для свиней и домашней птицы [4, 5]. Подсолнечный шрот не содержит токсичных соединений, которые могут серьезно препятствовать его использованию в питании человека или животных [6].

Однако так как подсолнечный шрот содержит высококачественные белки – белки хорошо сбалансированные по аминокислотному составу, но его

использование в рационах животных ограничено относительно высоким содержанием клетчатки, что приводит к низким выходам энергии и не оптимальному использованию белка [4].

Содержание клетчатки в подсолнечном шроте включает лигнин с сопутствующими полифенолами – 8%, целлюлозу – 4-6% и нецеллюлозные полисахариды – 13-16%, которые состоят преимущественно из пектиновых веществ. В шрот входят такие важные компоненты как олигосахариды – 2-5%, гликопротеин – 5%, то есть арабиногалактанпротеин – белок клеточной стенки, фитаты – 3,3%, минералы, связанные с фракцией клетчатки и камеди – 4% [4]. Подсолнечный шрот является хорошим источником кальция, фосфора и витаминов группы В [2, 4, 11].

С учетом того, что ежегодно увеличивается посевная площадь, урожайность и валовый сбор подсолнечника, а, следовательно, побочный продукт подсолнечный шрот возникают вопросы, связанные с полной утилизацией их.

Нами ведутся исследования по переработке подсолнечного шрота с целью получения на его основе кислотных гидролизатов для дальнейшего использования их как компонентов питательной среды при получении биотехнологических продуктов с добавленной стоимостью. Ведутся работы по анализу и определению параметров стадии предварительных обработок подсолнечного шрота. В качестве гидролизующего агента исследуется сильная минеральная серная разбавленная кислота.

Процессы гидролиза с минеральными кислотами проводятся на лабораторной установке, в состав которой входят 6 капсул объемом 30 мл, что позволяет снимать капсулы в любые промежутки времени процесса гидролиза для проведения анализа полученных гидролизатов (содержание редуцирующих веществ и сухих веществ, активная кислотность) [12]. Данные проведенных процессов гидролиза с растворами серной кислоты представлены на рисунке 1.

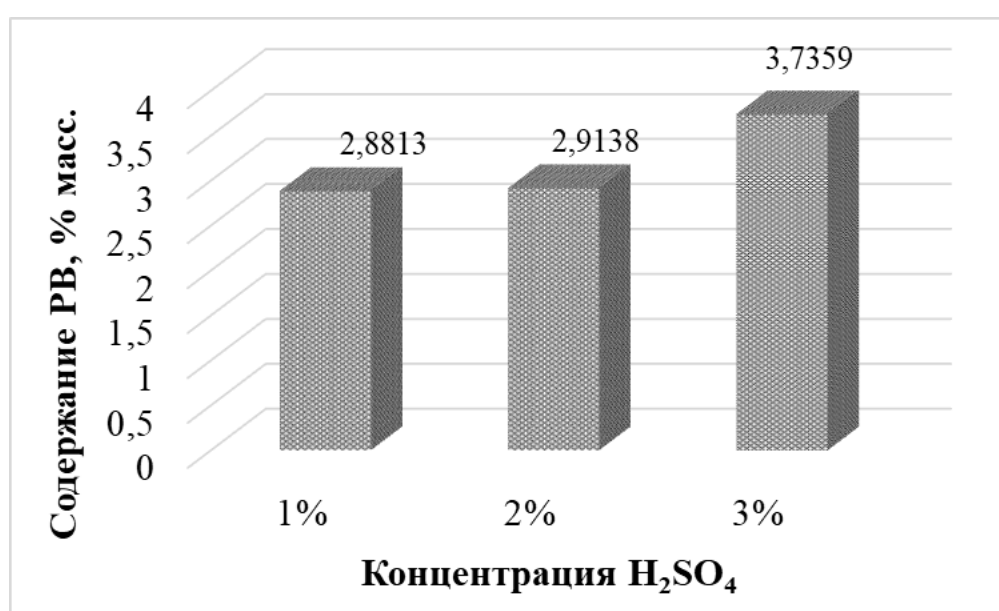


Рис. 1. Изменение содержания РВ от концентрации гидролизующего агента в процессах гидролиза подсолнечного шрота

Из полученных экспериментальных данных следует, что максимальное значение редуцирующих веществ получены в процессе гидролиза подсолнечной лузги с 3% серной кислотой и составило 3,7% масс. при температуре 190°C.

Из полученных экспериментальных данных процесса гидролиза подсолнечного шрота с использованием серной кислоты, следует, что: с увеличением температуры процесса гидролиза увеличивается, и концентрация редуцирующих веществ и уменьшается продолжительность процесса гидролиза; с увеличением концентрации серной кислоты 1-3% масс. увеличивается, и концентрация редуцирующих веществ и также уменьшается продолжительность процесса гидролиза.

Список литературы

1. Ilyin A. Role of sunflower production and processing in import substitution / A. Ilyin, K. Shtokolova // BIO Web of Conferences. – 2021. – № 37. – P. 1-4.
2. Ахмедзянова Р.Р. Лузга подсолнечника – сырье биотехнологических процессов / Р.Р. Ахмедзянова, Р.Т. Валеева, Д.В. Тунцев, А.В. Куликов // Сборник научных статей 7-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых (12-13 декабря 2022 года). – Курск: ЮгоЗап. гос. ун-т, 2022. – С. 461-464.
3. Adeleke B.S. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits / B.S. Adeleke, O.O. Babalola // Food Science & Nutrition. – 2020. – № 8(3). – P. 1-19.
4. Kumar S. Sunflower is a good Source of animal feed / S. Kumar // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2018. – V. 7 – P. 2812-2816.
5. Ахмедзянова Р.Р. Отходы подсолнечника – экономически перспективные виды сырья для производства биотехнологических продуктов / Р.Р. Ахмедзянова, Д.В. Тунцев, Р.Т. Валеева // Advances in Science and Technology: сб. статей XLVI международной научно-практической конференции (31 июля 2022 г.). – Москва: НИЦ «Актуальность. РФ», 2022. – С. 10-11.
6. Kumar S. Promoting & reinvigorating agri-horti, technological innovations / S. Kumar // International Journal of Chemical Studies. – 2019. – V. 7 – P. 2812-2816.
7. Grompone M.A. Sunflower oil. In: Bailey's Industrial Oil and Fat Products / M.A. Grompone. – Sixth Edition. – USA : John Wiley & Sons, Inc, 2005. – 3616 p. – ISBN: 978-0-471-38460-1.
8. Campbell E.J. Sunflower oil / E.J. Campbell // Journal of the American Oil Chemists Society. – 1983. – V. 60. – P. 387-392.
9. Carre P. Review and evaluation major and most promising processing technologies for oil seed pretreatment and extraction. Sustoil. D2.1: Report about dehulling, the first step of oilseeds biorefining, Sustoil: Developing advanced biorefinery schemes for integration into existing oil production / transesterification plants. WP 2: Optimisation of primary processing (e.g., oil extraction and refinery). Creol. – 2009. – P. 1-42.
10. Sethuraman G. International Encyclopaedia of Agricultural Science and Technology // G. Sethuraman, N. Srinivasa. – Vol. 5. – India : Mittal Publications, 2008. – 280 p.
11. Morrison W.H. Effects of refining and bleaching on oxidative stability of sunflower seed oil / W.H. Morrison // Journal American Oil Chemists' Society. – 1975. – V. 52. – P. 522-525.
12. Шагивалеев И.В. Лабораторная установка высокотемпературного гидролиза с тепловым аккумулятором / И.В. Шагивалеев, Р.Т. Валеева, С.Г. // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – №. 11. – С. 190-192.

ПОЛУЧЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ МАЛОЦЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

О. О. Бабич, О. Б. Калашникова, О. В. Кригер, Е. А. Буденкова

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,
г. Калининград, Россия Kalashnikova_14@bk.ru

Аннотация: Разработаны научные основы и подходы получения бактериальной наноцеллюлозы из малоценного растительного сырья. Подобраны рациональные параметры и перспективные штаммы-продуценты бактериальной наноцеллюлозы из биомассы травянистых растений. Полученная бактериальная наноцеллюлоза имеет высокую механическую прочность, эластичность и пористость.

Ключевые слова: бактериальная наноцеллюлоза, мискантус, рапс, ферментация.

OBTAINING BACTERIAL NANOCELLULOSE FROM LOW-VALUE PLANT RAW MATERIAL

O. O. Babich, O. B. Kalashnikova, O. V. Krieger, E. A. Budenkova

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Abstract: Scientific bases and approaches for obtaining bacterial nanocellulose from low-value vegetable raw materials have been developed. Rational parameters and promising strains-producers of bacterial nanocellulose from the biomass of herbaceous plants have been selected. The resulting bacterial nanocellulose has high mechanical strength, elasticity and porosity.

Keywords: bacterial nanocellulose, miscanthus, rapeseed, fermentation.

Введение

Мискантус гигантский – древовидная техническая злаковая культура, произрастающая с урожайностью до 20 т/га в год на агропромышленных плантациях в Калининградской области. Мискантус представляет собой растение высотой до 3 м, размножается корневищами и характеризуется высокой продуктивностью, в частности выход биомассы со 2–3 года высадки плантации в среднем составляет 18–20 т/га в год на агропромышленных плантациях в Калининградской области, поскольку климатические и экономические условия этого региона привлекательны для его выращивания [2]. В 2020 году Калининградская область приняла решение поддержать сельскохозяйственных производителей, которые занимаются данной культурой (<http://www.infobio.ru/news/4853.html>), поскольку биомасса мискантуса позволяет получать экологически устойчивые виды топлива, которые могут применяться как на местном рынке, а также экспортироваться за границу.

В России территории, отведенные под яровой рапс, составляют 75- 80 % от площади посевов культуры. В Калининградской области возделываются две формы рапса – озимый и яровой. В настоящее время посевы составляют более 50 % от посевных площадей. Рапс – многоцелевая культура. Его семена являются сырьем для высококачественного растительного масла, источником высокобелковых добавок (жмых и шрот) в комбикорма, зеленой массы на кормовые цели и сидерат. В мире также возрастает использование этих семян в качестве источника биотоплива [1]. В Калининградской области рапс возделывают на протяжении 35 лет [3].

Целью данной работы являлась разработка научных основ и подходов получения бактериальной наноцеллюлозы из биомассы мискантуса и рапса.

Результаты

На первом этапе исследования изучали химический состав недревесного лигноцеллюлозного сырья – зрелых растений мискантуса и рапса. В процессе эксперимента изучали химический состав целого травянистого растения (таблица 1).

Таблица 1

Результаты изучения химического состава образцов цельных растений мискантуса гигантского и рапса

Наименование показателя	Мискантус гигантский	Рапс
Массовая доля сырого протеина, %	5,22±0,42	7,68±0,35
Массовая доля клетчатки, %	8,85±0,41	9,86±0,25
Массовая доля сырого жира, %	1,08±0,11	14,75±0,38
Массовая доля влаги, %	8,54±0,35	10,75±0,23
Массовая доля сырой золы, %	4,08±0,37	4,48±0,27
Массовая доля лигнина, %	13,36±0,21	17,65±0,68
Массовая доля целлюлозы, %	58,50±0,36	30,78±0,68

Показано, что содержание влаги в этих растениях не превышает 11%. Мискантус не отличается высоким содержанием липидных и белковых соединений, однако в рапсе содержание сырого жира достигает 14,75%, в связи с его высоким содержанием в семенах. Содержание сырого протеина у мискантуса составило 5,22 %, а у рапса – 7,68 %. Рекордное количество клетчатки (9,86 %) отмечено у рапса. Мискантус содержит 8,85 % клетчатки. Установлено, что мискантус богат целлюлозой – 58,5 %. Рапс содержит меньшее количество целлюлозы – 30,78 %. Содержание лигнина в рапсе выше – 17,65 %, у мискантуса содержание лигнина составляет 13,36 %.

Основываясь на литературных данных, для получения бактериальной наноцеллюлозы были подобраны следующие микроорганизмы: *Saccharomyces cerevisiae*, *Zymomonas mobilis*, *Coprinus cinereus*, *Aspergillus niger*, *Scheffersomyces stipites*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Kluyveromyces marxianus*. Оценивали выход бактериальной наноцеллюлозы при ферментации выбранными штаммами мискантуса и рапса. Показано, что наиболее эффективная ферментация с выходом бактериальной наноцеллюлозы протекает в присутствии штамма *Aspergillus niger* F-1270 (толщина пленки наноцеллюлозы составила 8,16 мм). При исполь-

зовании штамма дрожжей *Kluyveromyces marxianus* Y-2039 толщина пленки наноцеллюлозы составила меньшее значение – 6,8 мм. Использование *Saccharomyces cerevisiae* Y-4246 способствовало получению пленки наноцеллюлозы толщиной 4,02 мм. При использовании штамма дрожжей *Scheffersomyces stipites* Y-3263 выход пленки составил 3,1 мм. *Bacillus amyloliquefaciens* B-11384 способствовал небольшому выходу пленки наноцеллюлозы – 2,06 мм, *Zymomonas mobilis* B-10099 – 1 мм. Наименьший выход пленки наноцеллюлозы наблюдали при использовании штамма *Coprinus cinereus* F-248 – 0,05 мм (рис. 1).

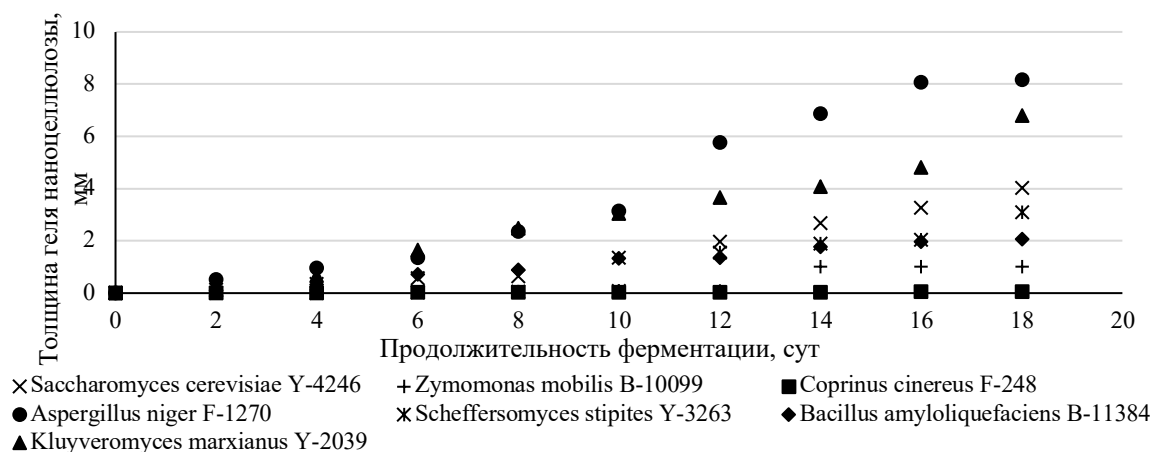


Рис. 1. Оценка выхода бактериальной наноцеллюлозы при ферментации мискантуса гигантского и рапса подобранными штаммами микроорганизмов

На основании полученных данных, был создан консорциум микроорганизмов, состоящий из трех наиболее эффективных штаммов микроорганизмов: *Aspergillus niger* F-1270, *Kluyveromyces marxianus* Y-2039, *Saccharomyces cerevisiae* Y-4246.

Далее оценивали влияние физико-химических параметров ферментации (скорость перемешивания, продолжительность, pH, температура и наличие кислорода воздуха) на формирование геля наноцеллюлозы.

Изучая влияние скорости перемешивания на процесс формирования пленки наноцеллюлозы, процесс ферментации вели при постоянном перемешивании со скоростью 0 (без перемешивания), 100, 120 и 140 об/мин. Оптимальной скоростью перемешивания служило значение 100 об/мин: при такой скорости толщина наноцеллюлозной пленки составила 11,7 мм для мискантуса и 10,3 для рапса (рис. 2).

Для исследования влияния продолжительности ферментации на эффективность пленкообразования наноцеллюлозы выбрали общую продолжительность ферментации 20 суток, опираясь на аналогичные исследования [4]. Установлено, что максимальная толщина биопленок наблюдается на 18 сутки микробной ферментации, которая составила 8,1 мм для мискантуса гигантского и 7,15 мм для рапса (рис. 3).

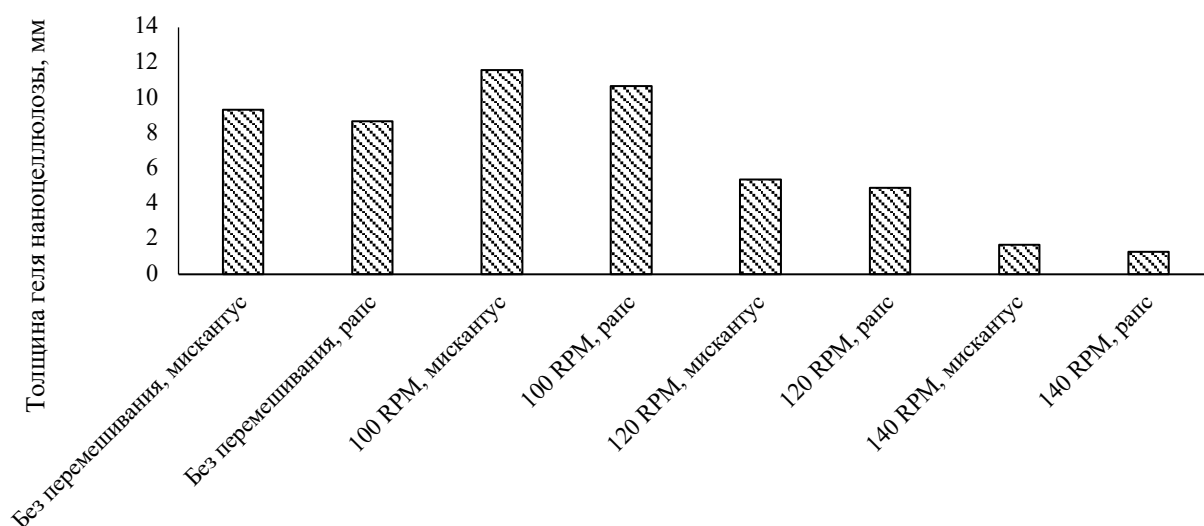


Рис. 2. Влияние перемешивания на образование геля наноцеллюлозы. *RPM (revolutions per minute) – обороты в минуту

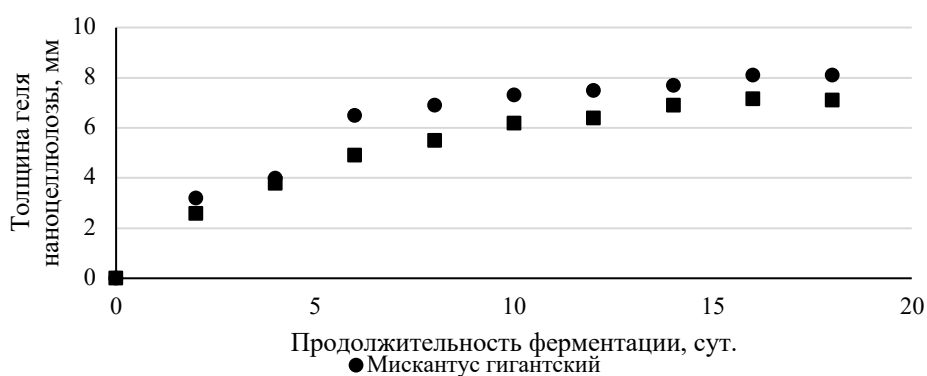


Рис. 3. Влияние длительности микробной ферментации на выход бактериальной наноцеллюлозы

Исследовано влияние pH на выход бактериальной наноцеллюлозы. Диапазон исследуемых значений активной кислотности выбран согласно аналогичным исследованиям [5]. Значения активной кислотности реакционной среды варьировали в диапазоне от 2 до 5. Исследуемые образцы биомассы рапса и мискантуса гигантского в ходе опыта подвергались постоянному перемешиванию. Выявлено, что максимальный выход бактериальной наноцеллюлозы наблюдается при pH 3,5 (рис. 4).

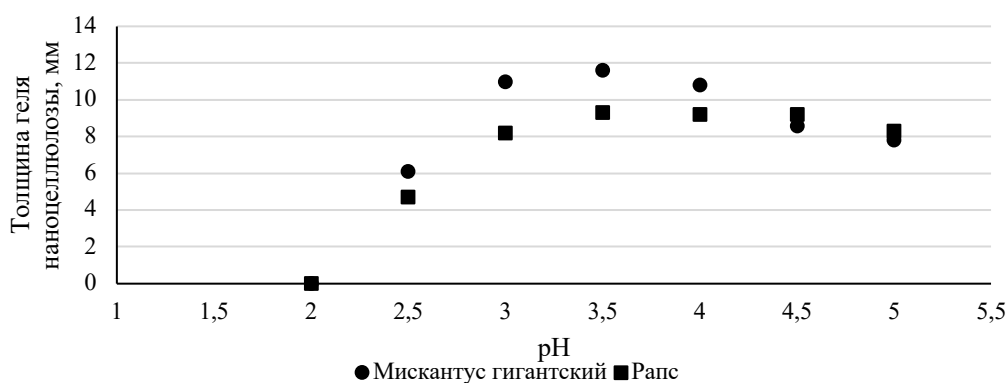


Рис. 4. Влияние pH среды на выход бактериальной наноцеллюлозы

Дальнейшие исследования с целью оптимизации технологических параметров направлены на изучение оптимальной температуры бактериальной наноцеллюлозы из растений. Для этого в ходе проведения эксперимента значение температуры варьировали от 20 до 40⁰С (с шагом в 5⁰С). Данный диапазон температур выбран согласно литературным данным [5]. Оптимальной температурой ферментации служило значение 30⁰С (рис. 5).

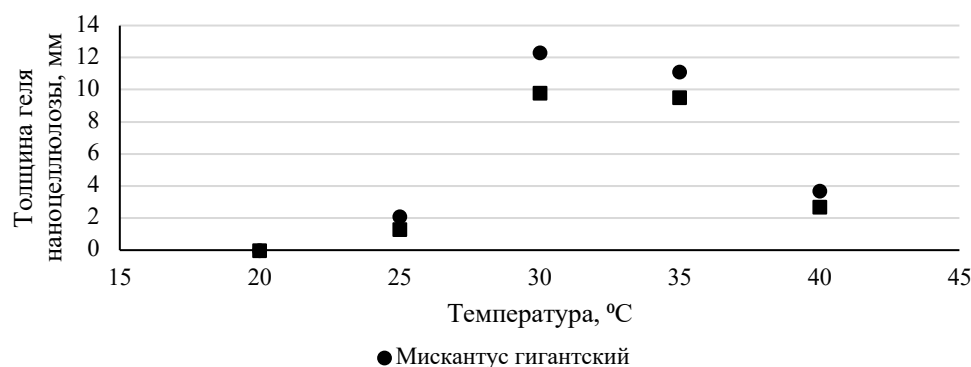


Рис. 5. Влияние температуры среды на выход бактериальной наноцеллюлозы

Наличие кислорода в среде также является важным фактором, влияющим на образование пленки бактериальной наноцеллюлозы. Для этого в ходе эксперимента, при оптимальных параметрах среды, в первом случае к биомассе с микроорганизмами постоянно подавали кислород при помощи компрессора. Во втором случае биомассу культивировали в анаэробных условиях. Показано, что процесс получения наноцеллюлозы при помощи бактериальной конверсии протекает интенсивнее при наличии кислорода в среде. Так, максимальное значение толщины геля наноцеллюлозы в аэробных условиях для мискантуса гигантского составило 8,1 мм, для рапса – 8,0 мм. В бескислородных условиях максимальные значения толщины пленки наноцеллюлозы составили по 1 мм для мискантуса и рапса. Результаты представлены на рисунке 6.

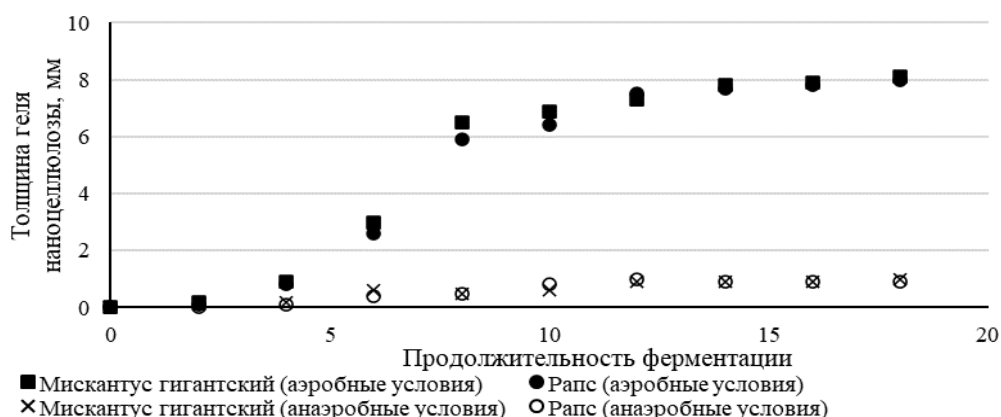


Рис. 6. Влияние присутствия кислорода в культуральной среде на выход бактериальной наноцеллюлозы

Выводы

Проведен анализ химического состава биомассы целых растений мискантуса гигантского и рапса. На основании литературного обзора подобраны микроорганизмы-продуценты бактериальной наноцеллюлозы. Показано, что наиболее эффективная ферментация с выходом бактериальной наноцеллюлозы протекает в присутствии штамма *Aspergillus niger* F-1270. Оценено влияние технологических режимов (pH, температура, продолжительность, давление, подача кислорода) гидролиза биомассы растений на выход бактериальной наноцеллюлозы. Так, оптимальными параметрами ферментации являются: продолжительность 18 суток, значение активной кислотности (pH) – 3,5, температура среды – 30⁰С и наличие кислорода в среде.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Федерация, номер проекта FZWM-2023-0003 и программы «Приоритет 2030» (Приказ БФУ им. И. Канта №874 от 12.10.2021 г., Номер государственного учета НИОКТР 122040500024-6).

Список использованных источников

1. Бедарева О. М. Влияние агроэкологических условий на урожайность семян сортов ярового рапса в условиях Калининградской области / О. М. Бедарева, А. Б. Францева, Г. В. Горшина // Известия КГТУ. – 2017. – №. 44. – С. 174–182.
2. Корчагина А. А. Мискантус гигантский сорта «Камис»-новое сырье для нитратов целлюлозы / А. А. Корчагина, Ю. А. Гисматулина, В. В. Будаева, В. Н. Золотухин, Н. В. Бычин, Г. В. Сакович // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2020. – Т. 13. – №. 4. – С. 565–577.
3. Францева А. Б. Фенологические ритмы развития сортов и семенная продуктивность ярового рапса / А. Б. Францева, О. М. Бедарева // Известия КГТУ. – 2017. – №. 44. – С. 192–200.
4. Jozala A. F. Bacterial nanocellulose production and application: a 10-year overview / A. F. Jozala, L. C. de Lencastre-Novaes, A. M. Lopes, V. de Carvalho Santos-Ebinuma, P. G. Mazzola, A. Pessoa-Jr, M. V. Chaud // Applied microbiology and biotechnology. – 2016. – V. 100. – №. 5. – P. 2063–2072.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ТРОСТНИКА ОБЫКНОВЕННОГО В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ БИОПРОДУКТОВ

А. В. Броднева, Д. В. Тунцев, Е. Н. Нуруллина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
ankeme23@gmail.com

Аннотация: Проведен процесс гидролиза тростника обыкновенного при варьировании температурного режима с гидролизующим агентом серная кислота с целью выявления энергетической ценности данного растительного сырья для дальнейшего использования в качестве составляющего компонента комбикормов КРС.

Ключевые слова: тростник обыкновенный, клетчатка, комбикорм.

RESEARCH OF THE ENERGY VALUE OF PHRAGMITES AUSTRALIS AS A RAW MATERIAL FOR BIOPRODUCTS

A. V. Brodneva, D. V. Tunccev, E. N. Nurullina

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: The process of hydrolysis of *Phragmites Australis* at varying temperature conditions with a hydrolyzing agent sulfuric acid was carried out to identify the energy value of this plant raw material for further use as a constituent component of cattle feeds.

Keywords: *Phragmites Australis*, cellulose, compound feeds.

В настоящее время остро стоит проблема роста цен на ископаемые энергоресурсы. Поэтому получение энергии из биомассы – одно из наиболее перспективных и динамично развивающихся направлений во многих странах мира [1].

Отходы сельского хозяйства являются традиционным источником растительного сырья для получения биомассы. Однако, не стоит оставлять без внимания и дикорастущие растения. Одним из таких является тростник обыкновенный.

Тростник обыкновенный (лат. *Phragmites Australis*) – многолетнее сорняковое растение семейства злаковых, которое произрастает повсеместно в умеренном и субтропическом климате. Его можно встретить в береговых зонах различных водоемов, на обочинах железных дорог и почвах, лишенных достаточного количества питательных веществ в Азии, Африке, Европе, Северной и Южной Америке, и Австралии. В Российской Федерации площади бесхозного произрастания тростника измеряются тысячами гектар. Тростник растет быстро (до 16 см в сутки). Сбор сухой биомассы с гектара может составить от 20 до 50 тонн [2-3].

Состав компонентов клетчатки тростника обыкновенного свидетельствует о возможности получения положительных результатов использования этого растительного сырья при создании на его основе разнообразных биопродуктов (рисунок 1), например, комбикормов для крупнорогатого скота. Это особенно актуально в связи с целями принятой федеральной программы развития сельского хозяйства по увеличению в России производства полнорационных комбикормов к 2025 году до 33,3 млн тонн [4].

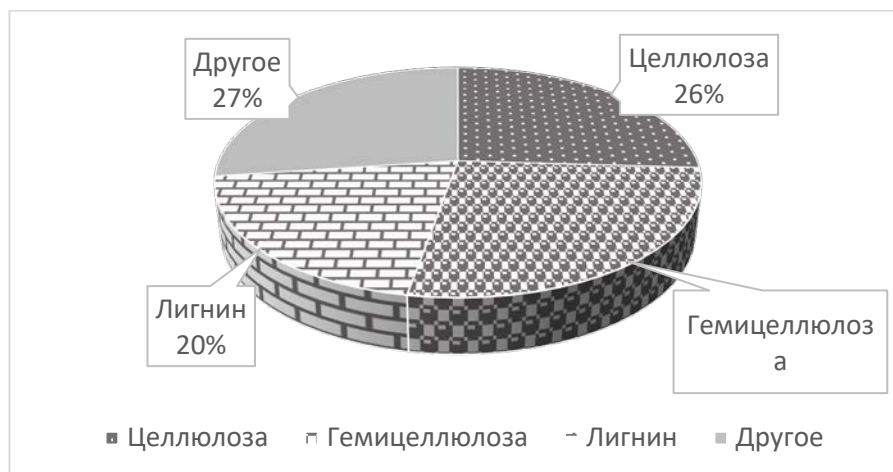


Рис. 1. Состав компонентов клетчатки тростника обыкновенного

Тростник обладает высоким содержанием клетчатки, минеральных веществ и витаминов, что обеспечивает необходимый уровень питательных веществ для животных. В состав биомассы тростника обыкновенного входит 38,66 % целлюлозы, 21,77 % гемицеллюлозы и 22,32 % лигнина, которые такие же или выше, чем у рисовой соломы и пшеничной соломы [5-6].

В ходе работы были проведены процессы гидролиза при варьировании температуры от 150 до 190°C. В качестве гидролизующего агента выступала серная кислота 1% масс.

Тростник обыкновенный был измельчен на лабораторной мельнице и просеян через сита для получения трех разных фракций. Была выбрана средняя фракция, размер которой 2-3 мм в ширину и не более 10 мм в длину. Далее тростник подвергся стерилизации в сушильном шкафу при температуре 120°C в течение 2 часов для удаления возможной посторонней микрофлоры и получения постоянной массы сырья.

В установку, на которой проводился процесс гидролиза, были загружены капсулы и через определенные промежутки времени отбирались пробы, которые анализировали на содержание сухих и редуцирующих веществ и pH среды.

Экспериментальные данные процессов гидролиза тростника обыкновенного при варьировании температуры от 150 до 190°C и 1% масс. серной кислоты представлены на рисунке 2.

Максимальная концентрация редуцирующих веществ получено в процессах гидролиза с использованием 1% серной кислоты при температурах 150 и 190 °C. Гидролизат с максимальным значением редуцирующих веществ при

150 °С получен на 20-ой минуте и составил – 3,8027 % масс. А при 190 °С – на 10 минуте и составил – 3,8697 % масс. (рисунок 3).

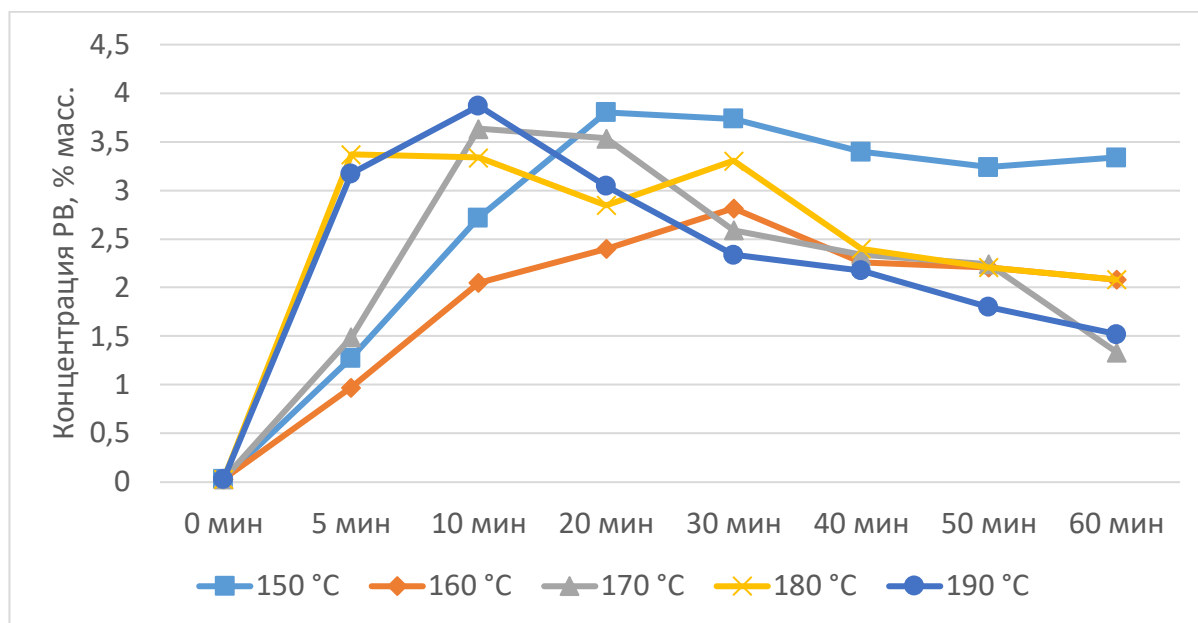


Рис. 2. Изменение концентрации РВ, % масс. при различной температуре от времени

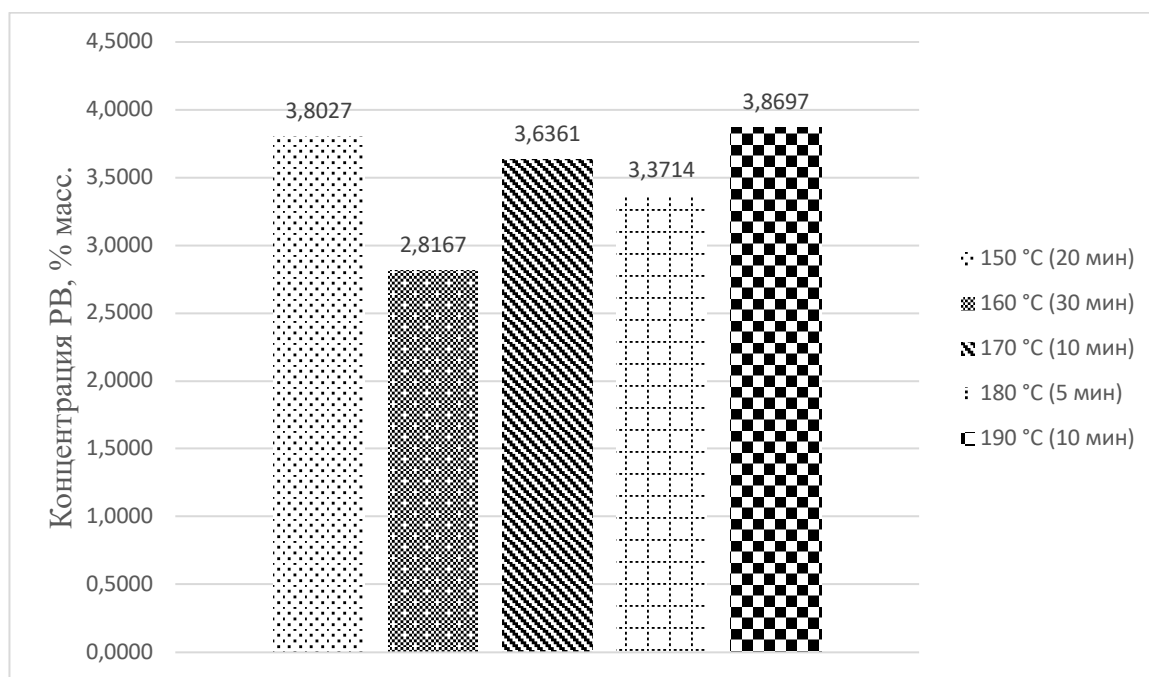


Рис. 3. Максимальные показания концентрации РВ, % масс. от времени

Из анализа экспериментальных данных следует, что наилучшие результаты достигнуты в процессе гидролиза тростника обыкновенного при температуре 150°С и 190°С концентрацией серной кислоты 1% масс. на 20 и 10 минут соответственно.

Гидролизаты, полученные в ходе работы, могут быть рекомендованы для дальнейшего использования в качестве сырья для получения белковых компонентов комбикормов, т.к. содержание редуцирующих веществ составили в среднем 43,5% от общей массы растворимых веществ.

Список литературы

1. Хисматов Р. Г. Установка переработки низкокачественной древесины в уголь / Р.Г. Хисматов, Е.В. Хисматов, Д.В. Тунцев // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – №22. – С. 297-300.
2. Садчиков А.П. Гидробиотика: Прибрежно-водная растительность: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – С. 240.
3. Соколова Н. А. Экологически обоснованное управление биомассой тростника южного на территории Волго-Ахтубинской поймы / Н.А. Соколова, В.Ф. Каблов // Социально-экологические технологии. – 2021. – №2. – С. 215-229.
4. Минсельхоз России разработал подпрограмму «Развитие производства кормов и кормовых добавок для животных». -Текст: электронный // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации: [сайт]. — URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/minselkhoz-rossii-razrabotal-podprogrammu-razvitie-proizvodstva-kormov-i-kormovykh-dobavok-dlya-zhiv/?ysclid=fff48v5c9c398326412>.
5. Голубь А.С. Практикум по луговому и полевому кормопроизводству / А.С. Голубь. Е.Б. Дрепа, Н.С. Чухлебowa, И.А. Донец, О.Г. Шабалдас // Ставрополь: Издательство СтГАУ «Агрис», 2020 – С. 155.
6. Dou Ye. Increasing the value of *Phragmites australis* straw in a sustainable integrated agriculture model (SIAM) comprising edible mushroom cultivation and spent mushroom substrate compost/ Dou Ye, Qingxiu Hu, Xue Bai, Wenjie Zhang, Hongwei Guo // Science of The Total Environment. – 2023. –161807.

ДОРОЖНАЯ КАРТА ОНЛАЙН-ЗАНЯТИЯ НА ТЕМУ «СИНТЕЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ БИОПОЛИМЕРОВ»

Ю. В. Воронина, Е. В. Перушкина, Е. С. Балымова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
PerushkinaEV@corp.knrtu.ru

Аннотация: Онлайн-семинар предполагает видеотрансляцию лабораторной работы в режиме реального времени в рамках реализации образовательной программы сетевой формы обучения магистров Казанского национального исследовательского технологического университета и Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта. Авторами составлена дорожная карта проведения онлайн-занятия для студентов с практическими рекомендациями и кратким обозначением основных этапов подготовки преподавателя и администраторов курса. Разработка послужит основой для составления методического пособия для проведения онлайн-занятий в партнерских вузах.

Ключевые слова: сетевая образовательная программа, вебинар, современное обучение, биотехнология, биополимеры.

ROADMAP OF ONLINE CLASSES ON THE TOPIC "SYNTHESIS OF PROMISING BIOPOLYMERS"

Y. V. Voronina, E. V. Perushkina, E. S. Balymova
Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
PerushkinaEV@corp.knrtu.ru

Abstract: The online seminar involves real-time video transmission of laboratory work within the educational program of training for masters of Kazan National Research Technological University and Immanuel Kant Baltic Federal University. The authors have compiled a roadmap for conducting online classes for students with practical recommendations and a brief description of the main stages of the preparation of the teacher and course administrators. The development will serve as a basis for compiling a methodological guide for conducting online classes at partner universities.

Keywords: network educational program, webinar, modern training, biotechnology, biopolymers.

В настоящее время на кафедре промышленной биотехнологии ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (КНИТУ) реализуются основные образовательные программы магистратуры и программы дополнительного профессионального образования в различных направлениях современной биотехнологии. В Республике Татарстан востребованной становится подготовка кадров для инновационной отрасли промышленности – технологии биополимерных материалов и биопластиков [1-5]. С целью максимального приближения инженерного образования к реальному сектору

экономики и производству в регионах Министерство образования и науки РФ реализует механизм создания в вузах сетевых образовательных программ.

Новая магистерская программа «Биополимеры и биопластики на их основе», разрабатываемая в КНИТУ в партнерстве с Институтом живых систем ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта» (БФУ им. И. Канта) [6-9], отличается блочно-модульным форматом проведения лекционных и практических занятий в смешанном онлайн-офлайн формате.

Традиции высшей подготовки инженеров в области биотехнологии и химической технологии полимерных материалов КНИТУ совместно с использованием фундаментальной базы БФУ им. И. Канта позволят осуществлять образовательный процесс на высоком технологическом уровне с внедрением современных технологий обучения, включая модульное проектирование [1,6,8].

Онлайн формат проведения лабораторных занятий в партнерских вузах интересен для студентов магистратуры. Однако для эффективного и занимательного вебинара необходима предварительная подготовка. Важно определиться с целью и задачами проводимого занятия, техническим оснащением, презентационными материалами и оборудованием, подготовить план с кратким обозначением основных этапов и их продолжительностью.

Целью онлайн-занятия является проведение интерактивного лабораторного синтеза для студентов магистратуры по направлению 19.04.01 Биотехнология. Задачи состоят в ознакомлении обучающихся с перспективными биополимерами, применяемыми в медицине, их функциями и технологической схемой производства.

Для проведения онлайн-занятия авторами выбрана платформа webinar.ru, которая соответствует российскому законодательству о защите персональных данных, вся информация хранится на российских серверах. Главным показателем эффективности Webinar является стабильная работа платформы, безопасность подключения и хранения данных, а также интерактивные возможности. Перечисленные преимущества сервиса помогают мгновенно получать обратную связь от участников и контролировать вовлеченность обучающихся, что особенно важно при организации учебных онлайн-занятий одновременно в двух университетах при сетевой форме обучения [10,11].

Рассмотрим практические рекомендации для проведения онлайн-занятия в области синтеза биополимеров и перспективных материалов на их основе.

Продолжительность вебинара в среднем обычно короче офлайн-семинара, так как удержать внимание участников в онлайн на протяжении долгого времени сложнее. По статистике наиболее популярны онлайн-занятия длительностью 60 мин. В случае более длительного занятия рекомендовано делать 5-минутный перерыв каждые 40-60 мин.

Чтобы не нарушать временные рамки онлайн-занятия необходима предварительная подготовка, в том числе разработка дорожной карты (плана) с кратким обозначением основных этапов и их продолжительностью.

Разработанный авторами план онлайн-семинара предусматривает 5-ти минутное вступление администратора из БФУ им. И. Канта с приветствием участников образовательного процесса, проверку качества связи (двухстороннее видео, звук) и анонс структуры вебинара.

Далее демонстрация презентации приглашенным преподавателем в течение 10-15 мин с описанием основной части, в которой используется краткая информация о биополимере, сфере его применения, функциях, необходимом оборудовании, технологических схем синтеза, а также фотографии лаборатории и опытного цеха. Интересным способом взаимодействия со студентами в дистанционном формате является выступление лектора БФУ им. И. Канта в течение 10 мин с воспроизведением в режиме реального времени общего плана и демонстрацией исследовательской лаборатории, учебного лабораторного оборудования и опытных установок, а также собственных разработок ученого – биополимерных материалов с одновременной их визуализацией на первом плане видеосъемки.

Для студентов магистратуры важным становится обсуждение возникающих вопросов, на которое отводится около 10 минут. Этап заключения и подведения итогов предполагается во время краткого (5 мин) выступления лектора БФУ им. Канта, в котором планируется контроль полученных знаний студентов по заранее разработанному в Яндекс-форме тесту, представленному в виде ссылки с QR-кодом. Особенно важным является анонс следующего занятия в онлайн-формате с указанием темы и даты.

После окончания вебинара администратор КНИТУ сохраняет запись видеотрансляции и чек-лист пройденного материала, которые доступны по запросу участников. Таким образом, студент получает возможность дополнительного изучения материалов онлайн-занятия в удобное для него время и при подготовке к итоговой аттестации.

Существует мнение, что онлайн-формат ограничивает коммуникацию преподавателя со студентами. Однако опытный и заинтересованный преподаватель сможет превратить его в живое увлекательное занятие, используя мультимодальную коммуникацию, а именно аудиальный канал (преподаватель говорит – студенты слушают), визуальный канал (преподаватель демонстрирует презентацию, экран – студенты смотрят), кинестетический канал (преподаватель дает задание что-то написать в документе/чате или поставить реакцию – студенты выполняют задание).

Важно обратить внимание преподавателя на правила составления презентации для онлайн-занятия:

- 1) «утверждаешь – покажи» (показать слайд с фото и достижениями экспертов);
- 2) «много слайдов лучше, чем много букв» (примерная скорость 1 слайд в минуту);
- 3) презентация – это не конспект;
- 4) «принцип 2+2+2» (2 цвета, 2 шрифта, 2 акцента);
- 5) важно вызвать эмпатию слушателей, использовать живые фото;

6) не следует говорить «спасибо за внимание», лучше обозначить следующий шаг;

7) для презентации рекомендовано использовать формат 16:9. Он гармонично вписывается в интерфейс выбранной платформы и корректно отображается на экране смартфона.

Необходимо определиться с датой и временем проведения онлайн-занятия, учитывая разницу часовых поясов между городами Казань и Калининград в 1 час. Вебинар предпочтительно начинать в 15:00 для жителей г. Казани (соответственно в 14:00 в г. Калининград), так как обучение студентов магистратуры в основном проводится во второй половине дня.

На выбранной платформе webinar.ru необходимо заранее создать лэндинг-страницу для анонса мероприятия, на которой участники смогут прочитать информацию о вебинаре и зарегистрироваться на него. Администраторы образовательного процесса предварительно информируют студентов, используя рассылку сообщений в личных кабинетах студентов на платформе университета.

Таким образом, авторами составлена дорожная карта проведения онлайн-занятия для студентов магистратуры на тему «Синтез перспективных биополимеров» с практическими рекомендациями и кратким обозначением основных этапов подготовки преподавателя и администраторов курса. Разработка станет частью оригинального методического пособия по проведению онлайн-занятий в партнерских вузах.

Проект реализуется победителем грантового конкурса для преподавателей магистратуры 2022/2023 Стипендиальной программы Владимира Потанина.

Список литературы

1. Образовательные технологии в партнерских практикоориентированных программах магистратуры / Е.В. Перушкина [и др.] // Казанский педагогический журнал. – 2022. - В.6. - С.77-83.
2. Региональное развитие: новые вызовы для инженерного образования (обзор конференции) / В.В. Кондратьев [и др.] // Высшее образование в России. – 2021. - В.12. - С.111-132.
3. Золин М.И. Агропромышленный кластер как фактор развития региональной биоэкономики / М.И. Золин, А.С. Сироткин, Е.В. Перушкина // Управление устойчивым развитием. – 2018. - В.3(16). - С.16-18.
4. Биоразлагаемый компаунд для производства мульчирующей пленки для сельского хозяйства / Н.В. Галкина [и др.] // В сборнике: Перспективные материалы конструкционного и функционального назначения. Сборник научных трудов Международной научно-технической молодежной конференции. Под редакцией С.П. Буяковой. - Томск, 2022. - С. 167-170.
5. Study of the resistance of PVC composite materials modified with wollastonite activated by QAS to bacteria / D. F. Sadykova [et al.] // Key Engineering Materials. – 2021. - V.899. – P.132-136.
6. Особенности разработки магистерской программы «Биополимеры и биопластики на их основе» с целью устранения квалификационных дефицитов / Е.С. Балымова [и др.] // Интеграция науки и высшего образования в области био- и органической химии и биотехнологии: материалы XVI Всероссийской научной интернет-конференции / редкол.: Р.У. Рабаев и др. – Уфа: УНПЦ «Изд-во УГНТУ», 2022. - С.135-136.
7. Инженерное образование: трансформации для индустрии 4.0 (обзор конференции) / В.В. Кондратьев [и др.] // Высшее образование в России. – 2019. - В.12. - С.105-122.

8. Проектирование модульной образовательной программы «Биополимеры и биопластики на их основе» / Е.В. Перушкина [и др.] // Актуальная биотехнология. - 2022. - № 1. - С. 304.
9. Осипов П.Н. Что мешает готовить конкурентоспособных специалистов / П.Н. Осипов // Образование и саморазвитие. Education and Self Development. – 2013. - В.3. - С.45-50.
10. Мещерякова О.И. Методика обучения преподавателей использованию вебинаров в учебном процессе вуза / О.И. Мещерякова, О.Ю. Исакова // Образовательные технологии и общество. – 2015. – С. 722-729.
11. Технология организации и проведения вебинаров / О.И. Абдалова [и др.] // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2012. – Т.18. №2 – С. 290-295.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ БИОЦЕНОЗА АКТИВНОГО ИЛА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Р. Р. Гайнетдинова^{1,2}, Е. С. Балымова², А. Р. Новикова², Р. К. Закиров²

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

²Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина,
г.Альметьевск, Россия

Аннотация: Проведены исследования биоценозов активных илов сточных вод производств органического синтеза методом биоиндикации. Оценили биологическое «профиль» биоценозов, который представлен в среднем за период исследования 17 и 15 родами соответственно для первой и третьей очереди действующих очистных сооружений. Выявлен наиболее представительный тип – Инфузории (Ciliophora), представленный 7-9 родами инфузорий. Оценили общее количество особей простейших и микроорганизмов в пересчете на 1 г сухого вещества активного ила.

Ключевые слова: биоиндикация, активный ил, биологическая очистка, простейшие, инфузории.

STUDY OF THE PECULIARITIES OF THE ACTIVATED SLUDGE BIOCECENOSIS OF ORGANIC SYNTHESIS PRODUCTIONS WASTEWATER

R. R. Gaynetdinova^{1,2}, Ye. S. Balymova¹, A. R. Novikova¹, R. K. Zakirov¹

¹Kazan national research technological university, Kazan, Russia

²TatNIPIneft R&D Institute of PJSC TATNEFT named after V.D. Shashin, Almeteyevsk, Russia

Abstract: Biocenoses of activated sludge from organic synthesis production plants were studied by bioindication method. The biological “profile” of biocenoses was assessed, which is represented on average for the study period by 17 and 15 genera, respectively, for the first and third stages of existing treatment facilities. The most representative type was revealed - Ciliophora, represented by 7-9 genera of ciliates. The total number of special protozoa and microanimals was estimated in terms of 1 g of dry matter of activated sludge.

Keywords: bioindication, activated sludge, biological treatment, protozoa, ciliates.

Биологические очистные сооружения городской канализации и химических и нефтехимических предприятий, функционирующие на сегодняшний день в России, были спроектированы и введены в эксплуатацию в 60-80 х годах прошлого столетия. В связи с этим многие из них нуждаются в модернизации, повышении эффективности работы и контроля за процессом очистки [1].

Особенно остро стоит проблема оценки эффективности этапа биологической очистки, так как эффективность данного этапа напрямую зависит от состояния биоагента, осуществляющего очистку. Формирование биома на очистных

сооружениях определяется в большей степени составом сточных вод, поступающих на очистку, технологическим режимом и аппаратным оформлением процесса, поэтому на каждом биологическом очистном сооружении формируется уникальный состав биоценоза активного ила.

В связи с этим актуальным направлением исследований является оценка влияния различных факторов на состояния активного ила. Целью настоящих исследований являлась выявление особенностей изменения таксономического разнообразия активного ила сточных вод производств органического синтеза в зависимости от этапа очистки.

Объект исследования – активный ил сточных вод производств органического синтеза. Отбор проб активного ила проводили в конце регенератора, перед смешением со сточной водой, в начале зоны аэрации и в конце аэротенка после биологической очистки (БОВ) на двух очередях (1 и 3 очереди) действующих очистных сооружений.

Основной метод в работе – биоиндикация, включающий гидробиологический анализ с целью выявления индикаторных микроорганизмов [2]. Микроскопировали живой неокрашенный препарат «раздавленная капля» при увеличении $\times 100$ и $\times 400$ под микроскопом МИКМЕД-5 (АО «ЛОМО», Россия).

Биоиндикационный «профиль» активного ила 1 и 3 очереди представлен в среднем 17 и 15 родами соответственно. За время исследования выявлено 7-9 родов инфузорий, представленных на рисунке 1 б и относящихся к 4 классам: *Oligohymenophora*, *Kinetophragminophora*, *Peritricha*, *Polyhymenophora*. Наибольшее таксономическое разнообразие характерно для класса *Kinetophragminophora*. Можно отметить снижение общего количества родов инфузорий в активном иле III очереди независимо от этапа процесса биоочистки.

В активном иле 1 очереди после смешения со сточными водами в аэротенке практически полностью исчезают прикрепленные инфузории р.р. *Holophrya*, *Tokophrya*. Они являются показателями глубокой очистки с нитрификацией [3-5].

Вторым по численности родов представлен класс настоящих амёб (*Lobosea*), представленный на рисунке 1 а. За изучаемый период в исследуемом активном иле выявлено 4 рода амёб: голые р. *Amoeba*, раковинные – р.р. *Arcella*, *Centropyxes*, *Diffugia*. Наличие столь представительного по родам класса амёб свидетельствует о наличии большого количества свободноплавающих бактериальных клеток, которые являются пищей для амёб [2,4-6], что подтверждается результатами микроскопирования.

Что касается, количества родов немателминтов и червей, представленных на рис. 1 в, то можно отметить их постоянное присутствие в биоценозах ила 1 и 3 очередей независимо от этапа биоочистки.

Высказанные ранее предположения подтверждает также изменение общего количества особей в 1 г сухого вещества активного ила в соответствии с таблицей 1, представленное на рис. 2.

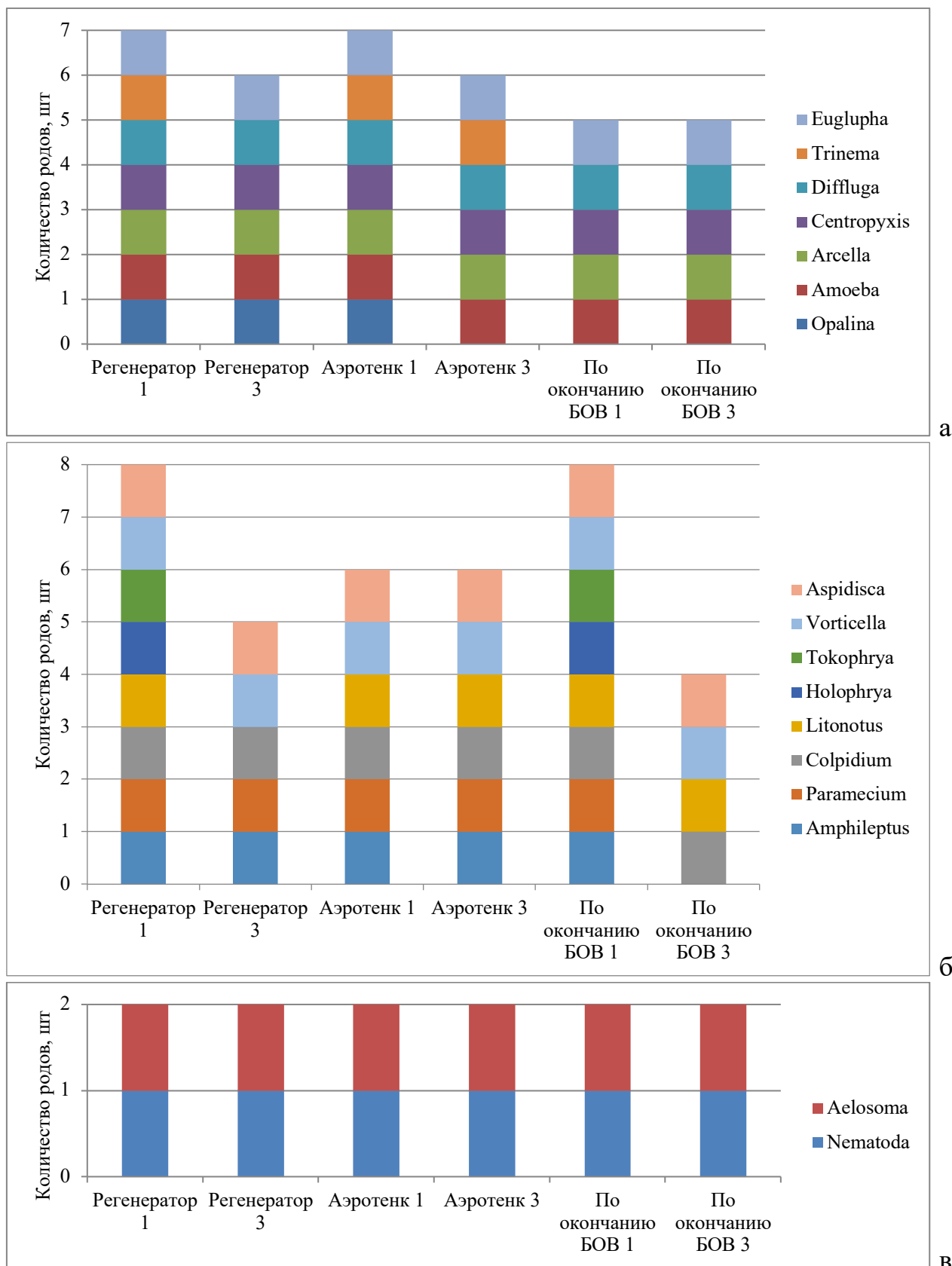


Рис. 1. Изменение родового разнообразия по типам в зависимости от этапа процесса биоочистки: а – саркомастигофоры; б – инфузории; в – немательминты и черви

Сохраняется зависимость – общее количество особей в активном иле 1 очереди выше, чем в активном иле 3 очереди. Данное различие в среднем составляет

5%. При этом наибольшие различия наблюдаются в начале аэротенка – более 33%, возможно это связано с тем, что на данных очистных сооружениях на 1 очереди проходят очистку хозяйственно-бытовые сточные воды, которые содержат легкоокисляемую органику, которая приводит к значительному развитию бактериальных клеток активного ила и, как следствие, возрастанию численности простейших.

Таблица 1

Доза активного ила

Проба, очередь	Регенератор		Аэротенк		По окончании БОВ	
	1	3	1	3	1	3
Доза ила, г/дм ³	5,25	5,26	4,3	3,32	4,44	3,38

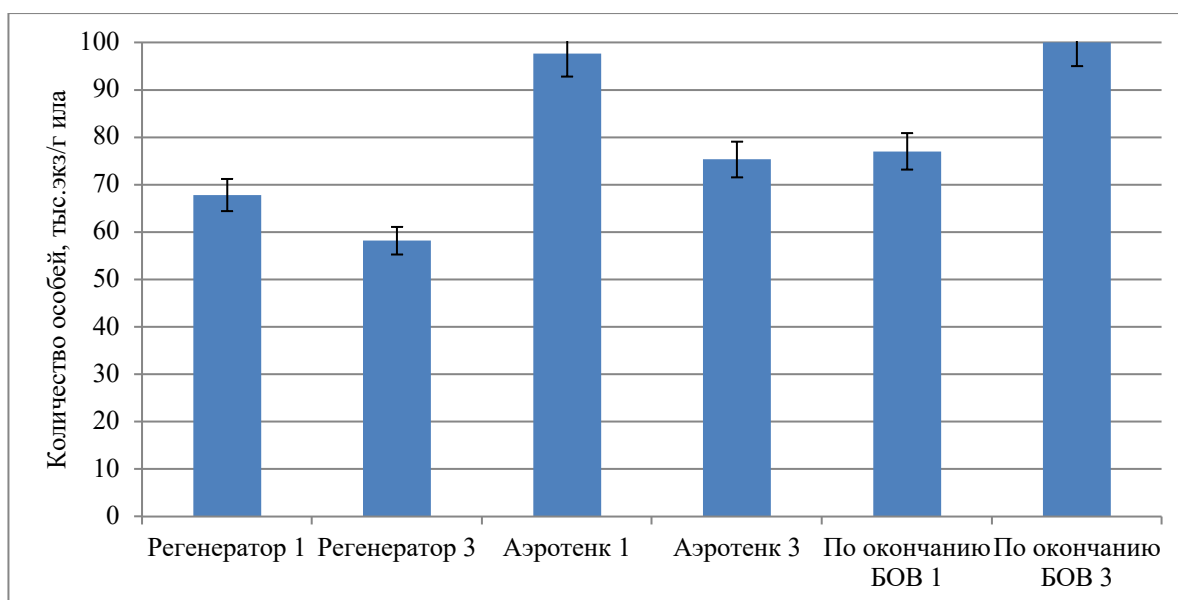


Рис. 2. Изменение общего количества особей в зависимости от этапа процесса биологической очистки

В результате проведенных исследований выявлены особенности биоценозов активных илов, формирующихся на сточных водах производств органического синтеза и функционирующих на двух очередях действующих очистных сооружений. Полученные результаты также позволят проводить более точную оценку состояния биоценоза активного ила и планировать мероприятия по повышению стабильности и эффективности работы узла биологической очистки.

Список литературы

1. Яковлев С.В. Очистка производственных сточных вод / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов // М.: Стройиздат. 1998. 56 с.
2. Методическое руководство по гидробиологическому контролю за работой сооружений биологической очистки сточных вод. М.: Минводхоз СССР. 1987. 110 с.

3. Жмур Н.С. Управление процессом и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: Луч. 1997. 172 с.
4. Роговская Ц.И. Биохимическая очистка сточных вод канифольно-экстракционных заводов. Сборник «Очистка промышленных сточных вод». М.: Госстройиздат. 1957. 87 с.
5. Липеровская Е.С. Гидробиологические индикаторы состояния активного ила и их роль в биологической очистке сточных вод / В кн.: Общая экология. Биоценология. Гидробиология. Т.4. Итоги науки и техники. М.:ВИНИТИ АН СССР. 1977. 169 с.
6. Балымова Е.С. Экспресс-метод контроля для управления процессом биологической очистки сточных вод нефтехимического комплекса (на примере ОАО «Казаньоргсинтез»). Казань: КНИТУ. 2015. 122 с.

ГРАНУЛИРОВАНИЕ ЛУЗГИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

И. И. Галиева, Р. Р. Ахмедзянова, Д. В. Тунцев, Р. Т. Валеева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
irkagalieva2002@mail.ru

Аннотация: Лузга семян подсолнечника является побочным продуктом производства подсолнечного масла, ее обычно в огромных количествах получают на заводах по производству подсолнечного масла или пищевых фабриках. Лузгу семян подсолнечника можно рассматривать в качестве потенциального сырья для гранулирования биомассы. Пеллетное топливо, приготовленное из лузги подсолнечника, обладает высокой теплотворной способностью.

Ключевые слова: лузга семян подсолнечника, гранулирование, энергопотребление, оценка эффективности.

GRANULATION OF SUNFLOWER SEED HUSKS

I. I. Galieva, R. R. Ahmedzyanova, D. V. Tuncev, R. T. Valeeva

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Sunflower seed husk is a by-product of sunflower oil production it is usually obtained in huge quantities at sunflower oil production plants or food factories. Sunflower seed husk can be considered as a potential raw material for biomass granulation. Pellet fuel made from sunflower husk has a high calorific value.

Keywords: sunflower seed husk, granulation, energy consumption, efficiency evaluation.

Источники биоэнергии играют ключевую роль в текущих глобальных стратегиях по частичной замене ископаемого топлива [1]. Утилизация остатков и другой рыхлой биомассы на открытом огне крайне неэффективна из-за отсутствия достаточной информации о технологиях использования топлива из биомассы [2]. Современное использование остатков биомассы для получения энергии включает производство твердого топлива и жидкого биотоплива [3, 4].

Гранулирование является важным подходом к эффективному использованию энергии биомассы. Гранулирование – это процесс уплотнения твердого топлива, посредством которого плотность материала биомассы увеличивается и может быть увеличена до 1000-1200 кг/м³ сыпучей биомассы, а объем может быть уменьшен в 8-10 раз [5, 6]. Таким образом, гранулирование биомассы является привлекательным вариантом для эффективного использования биоэнергии [7].

В последние годы исследования новых гранул, изготовленные из различных остатков биомассы, сосредоточены на такие характеристики и качество гранул как насыпная плотность, механическая прочность, потребление энергии и

чистая теплотворная способность [8, 9], на которые могут влиять различные факторы, связанные с сырьем: химический состав, влажность и проводимые процессы, а, следовательно, их параметры давление, температура [10]. Оптимизация процессов гранулирования обязательный фактор при подборе технологических параметров, так повышение температуры и влажности сырья может снизить эффективность процесса, а повышение давления наоборот оказывает неблагоприятное воздействие.

В настоящее время широко изучена шелуха масличных семян в качестве сырья для производства топливных гранул из биомассы. Шелуха масличных семян – интересный и перспективный вид твердых отходов. Лузга семян подсолнечника является распространенным твердым отходом в процессе производства масла. Как побочный продукт, он обладает преимуществом высокой теплоотдачи, и его потенциальное использование значительно [11]. Проводимые исследования доказывают, что возможно приготовить топливные гранулы с использованием масляной лузги, а параметры приготовления оказывают значительное влияние на физические свойства топлива и потребление энергии.

Подсолнечник – крупное травянистое растение сложной формы, имеющее относительно короткий цикл роста, высокую устойчивость к засухе и высокую адаптивность к почвенной среде. Поскольку семена подсолнечника являются важным пищевым сырьем, они широко выращиваются по всему миру. В настоящее время подсолнечник выращивается на 26,2 миллионах гектаров по всему миру [12].

Перед извлечением масла семена подсолнечника необходимо очистить от кожуры. Лузга подсолнечника является побочным продуктом производства подсолнечного масла, хотя лузга семян подсолнечника широко используется в производстве кормов для животных, ее использование в качестве источника энергии очень ограничено [12]. Высокое содержание энергии в этом биологическом побочном продукте делает его идеальным для использования в качестве топлива для отопления. Лузга подсолнечника является отличным сырьем для топлива с большим потенциалом с точки зрения стоимости и применения для сжигания и может эффективно использоваться в качестве альтернативы ископаемому топливу.

Гранулы, изготовленные из лузги семян подсолнечника, являются дешевым и удобным топливом, а лузга представляет собой перспективное сырье для гранулирования биомассы. Использование различных параметров при гранулировании лузги семян подсолнечника влияет на качество пеллетного топлива и потребление энергии в процессе гранулирования [13].

Гранулы из лузги семян подсолнечника могут храниться вне установки для производства гранул в течение длительного времени, обеспечивая возможность более широкой транспортировки топлива. Однако сокращение расстояния для транспортировки сырья и времени хранения топлива в виде твердых частиц может повысить конкурентоспособность стоимости топлива.

Лузга подсолнечника содержит больше целлюлозы и гемицеллюлозы и меньше лигнина; целлюлоза и гемицеллюлоза составляют 65%-67%, лигнин –

20%-27%, а экстрактивные вещества – 5,3%-5,5%. Количество экстрактивных веществ в лузге семян подсолнечника составляет 5,5%, что выше, чем в древесной биомассе. Высокое содержание экстрактивных веществ в сырой биомассе может снизить энергию, необходимую для производства гранул, а также насыпную плотность [14].

Семена подсолнечника – очень распространенный масличный материал (рис. 1).

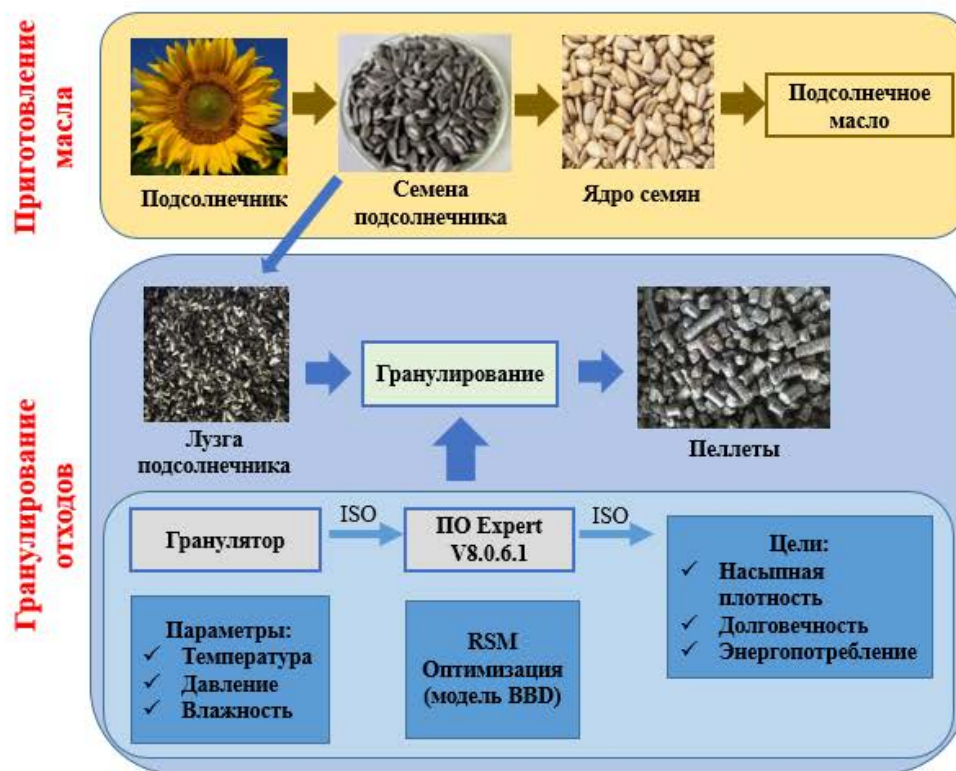


Рис. 1. Комплексное использование семян подсолнечника и методология этого процесса

Ядра подсолнечника используются для извлечения масла, а оставшаяся лузга превращается в твердые отходы. В лабораториях топливные гранулы из лузги подсолнечника получают с использованием гранулятора, контролируя различные параметры температуры, давления и влажности сырья. Температура, давление и содержание влаги являются важными факторами, влияющими на качество пеллетного топлива и потребляемую энергию. Затем параметры оптимизируют в программном обеспечении, тем самым получая оптимальные параметры приготовления с учетом насыпной плотности, долговечности и энергопотребления пеллетного топлива [15].

В лаборатории «Инженерных проблем биотехнологии» КНИТУ ведутся работы по подбору методов переработки лузги подсолнечника и оптимизации параметров процессов переработки, с целью получения гидролизатов на его основе и использования их как компоненты питательной среды в процессах получения биоэтанола.

Список литературы

1. Praeger, F. Biomass sources for a sustainable energy supply in Ghana – A case study for Sunyani / F. Praeger, S. Paczkowski, G. Sailer [et al.] // *Renew. Sustain. Energy Rev.* – 2019. – №107. – P. 413-424.
2. Pradhan, P. Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review / P. Pradhan, S.M. Mahajani, A. Arora // *Fuel Process. Technol.* – 2018. – №181. – P. 215-232.
3. Bentsen, N.S. Agricultural residues for energy – A case study on the influence of resource availability, economy and policy on the use of straw for energy in Denmark and Sweden / N.S. Bentsen, D. Nilsson, S. Larsen // *Biomass Bioenergy.* – 2018. – №108. – P. 278-288.
4. Schroeder, P. Intensify production, transform biomass to energy and novel goods and protect soils in Europe – A vision how to mobilize marginal lands / P. Schroeder, B. Beckers, S. Daniels [et al.] // *Sci. Total Environ.* – 2018. – №616. – P.1101-1123.
5. Azargohar, R. Thermo-physical characterization of torrefied fuel pellet from co-pelletization of canola hulls and meal / R. Azargohar, M. Soleimani, S. Nosran [et al.] // *Ind. Crop. Prod.* – 2019. – №128. – P. 424-435.
6. Mostafa, M.E. The significance of palletization operating conditions: An analysis of physical and mechanical characteristics as well as energy consumption of biomass pellets / M.E. Mostafa, S. Hu, Y. Wang [et al.] // *Renew. Sustain. Energy Rev.* – 2019. – №105. – P. 332-348.
7. Adhikari, B.B. Pelletization of Torrefied Wood Using a Proteinaceous Binder Developed from Hydrolyzed Specified Risk Materials / B.B. Adhikari, M. Chae, C. Zhu [et al.] // *Processes.* – 2019. – №7. – P. 229.
8. Larsson, S.H. Prediction of ISO 17831-1:2015 mechanical biofuel pellet durability from single pellet characterization / S.H. Larsson, R. Samuelsson // *Fuel Process. Technol.* – 2017. – №163. – P. 8-15.
9. Barbanera, M. Characterization of pellets from mixing olive pomace and olive tree pruning / M. Barbanera, E. Lascaro, V. Stanzione [et al.] // *Renew. Energy.* – 2016. – №88. – P. 185-191.
10. Djatkov, D. Influencing parameters on mechanical-physical properties of pellet fuel made from corn harvest residues / D. Djatkov, M. Martinov, M. Kaltschmitt // *Biomass Bioenergy.* – 2018. – №119. – P. 418-428.
11. Moreno-Lopez, M. Feasibility of Pelletizing Forest Residues in Northern Mexico / M. Moreno-Lopez, M.T. Alarcon-Herrera, I.R. Martin-Dominguez // *Waste Biomass Valorization.* – 2017. – №8. – P. 923-932.
12. Perea-Moreno, M. Sustainable Energy Based on Sunflower Seed Husk Boiler for Residential Buildings // M. Perea-Moreno, F. Manzano-Agugliaro, A. Perea-Moreno // *Sustainability.* – 2018. – №10. – P.3407.
13. Spirchez, C. Ecological briquettes from sunflower seed husk / C. Spirchez, A. Lunguleasa, C. Croitoru // *In E3S Web of Conferences.* – 2019. – V.80.
14. Garcia, R. Pelletization of wood and alternative residual biomass blends for producing industrial quality pellets / R. Garcia, M.V. Gil, F. Rubiera [et al.] // *Fuel.* – 2019. – №251. – P. 739-753.
15. Cui, X. Pelletization of Sunflower Seed Husks: Evaluating and Optimizing Energy Consumption and Physical Properties by Response Surface Methodology (RSM) / X. Cui, J. Yang, X. Shi [et al.] // *Processes.* – 2019. – V.7. – №591. – P. 1-20.

АНАЛИЗ ТОКСИЧНОСТИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД, СБРАСЫВАЕМЫХ В КУЙБЫШЕВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В РАЙОНЕ Г.ТОЛЬЯТТИ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

А. И. Ганин, А. В. Васильев

Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского
федерального исследовательского центра РАН, г. Тольятти
avassil62@mail.ru

***Аннотация:** В данной работе рассматриваются проблемы негативного влияния антропогенных загрязнений на водоемы на примере Куйбышевского водохранилища реки Волги. По итогам проведенных исследований проведены биотесты проб поверхностных вод Куйбышевского водохранилища в месте сброса сточных вод в водохранилище на острую и хроническую токсичность. Результаты биологических тестов образцов поверхностных вод не выявили острой или хронической токсичности. Следует продолжать мониторинговые исследования водных объектов, включая территории с другими антропогенными источниками загрязнения, в том числе районы добычи нефти и газа. Результаты работы позволяют осуществлять более эффективный и качественный мониторинг негативного воздействия антропогенных загрязнений на водоемы.*

***Ключевые слова:** сточные воды, водохранилище, экологическое воздействие, мониторинг, биотестирование/*

ANALYSIS OF TOXICITY IN ZONE OF INFLUENCE OF WASTE WATER DISCHARGE INTO KUIBYSHEV RESERVOIR IN THE AREA OF TOGLIATTI BY USING OF BIOLOGICAL TESTING METHODS

A. I. Ganin, A. V. Vasilyev

Institute of Ecology of Volga Basing RAS – Branch of Samara Federal Research Center of Russian Academy of Science, Togliatti

***Abstract:** In this paper, the problems of the negative impact of anthropogenic pollution on water bodies are considered on the example of the Kuibyshev reservoir of the Volga River. Based on the results of the conducted studies, biotests of samples of surface waters of the Kuibyshev reservoir at the place of wastewater discharge into the reservoir for acute and chronic toxicity were carried out. The results of biological tests of surface water samples did not reveal acute or chronic toxicity. Monitoring studies of water bodies, including territories with other anthropogenic sources of pollution, including areas of oil and gas production, should be continued. The results of the work allow for more effective and high-quality monitoring of the negative impact of anthropogenic pollution on water bodies.*

***Keywords:** waste water, water reservoir, ecological impact, monitoring, biological testing/*

Введение

Загрязнение водоёмов, в особенности возле городских территорий, признано наиболее острой экологической проблемой [1-4, 7, 8, 10-13].

На состояние водных объектов в бассейне реки Волга серьезно влияет ряд причин, в том числе промышленные предприятия, машиностроение, топливно-энергетический комплекс, нефтегазовая промышленность и агропромышленный комплекс [1, 3, 4, 8, 10, 13]. Следует также отметить, что дождевые воды, содержащие нефтепродукты и синтетические моющие средства, оказывают растущее негативное воздействие на водные объекты бассейна реки Волги. На рисунке 1 изображено судно «Биолог» во время исследования в городе Тольятти на Волге.



Рис. 1. Судно «Биолог»

Экологический мониторинг должен проводиться для определения соответствия сточных вод санитарным нормам с учетом потенциального негативного воздействия сточных вод на гидросферу, а также для предотвращения ущерба здоровью человека и биосфере [5-7, 9, 10, 11]. В том числе необходимо определить степень токсичности водоемов.

Методы исследований

В качестве тест-объектов для проведения исследований целесообразно использовать зеленую протококковую водоросль хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer), ПНД Ф 14.1:2:4.10-04, 16.1:2:3:3.7-04, и рачки *Daphnia magna* Straus, ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06, 16.1:2:3:3.9-06 (рис. 2).

Изменение оптической плотности тест-культуры зеленой водоросли *Chlorella* на основе токсикологических свойств образца определяют через значения коэффициентов токсического разбавления воды и водных экстрактов, согласно методики ПНД Ф 14.1:2:4.10-04, 16.1:2:3:3.7-04.



Рис. 2. Рачки *Daphnia magna* Straus

Методика ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06, 16.1:2:3:3.9-06 основана на определении смертности *Daphnia magna* при воздействии токсичных веществ, присутствующих в тестируемой воде, по сравнению с инкубацией в образце, не содержащем токсичных веществ.

Результаты и их обсуждение

Биотесты на острую и хроническую токсичность были проведены на образцах поверхностной воды из Куйбышевского водохранилища в точке сброса сточных вод АВТОВАЗа в водохранилище (рис. 3).

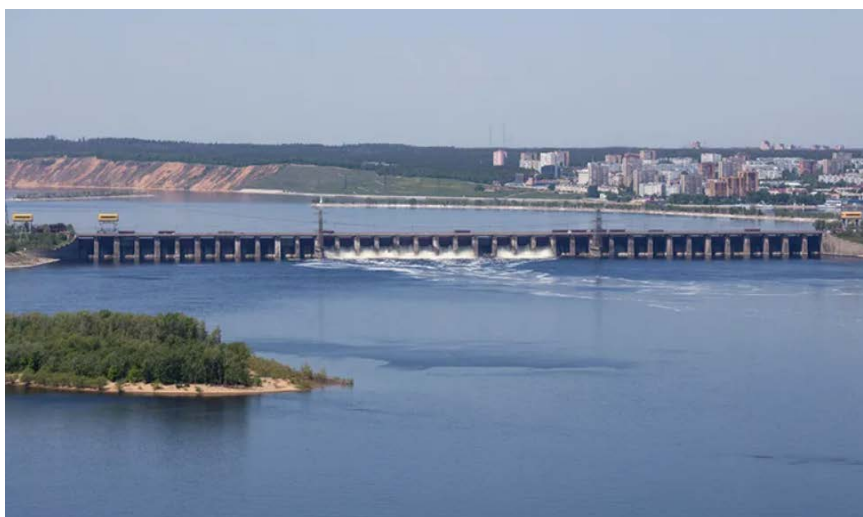


Рис. 3. Куйбышевское водохранилище

Анализируя полученные результаты биотестов на острую токсичность, можно сделать следующие выводы:

1. Биотест 1: исследованная проба не оказывает токсического действия на тест-объект дафний. Наблюдается 100 % выживаемость тест-объекта при исходной токсической кратности разбавления за всё время экспонирования (48 часов).

2. Биотест 2: исследованная проба оказывает токсическое действие на тест-объект водоросли хлорелла. Токсическая кратность разбавления – 9 раз. Таким образом, поверхностная вода Куйбышевского водохранилища, отобранная в месте сброса сточных вод ПАО «АВТОВАЗ» в водохранилище, не обладает острой токсичностью, поскольку оптическая плотность культуры водоросли, выращиваемой в течение 22 часов, в пределах допустимых критериев по острой токсичности (не превышает снижение на 20% и более и рост на 30 % и более).

Вывод: биотесты показывают, что образцы поверхностной воды из Куйбышевского водохранилища, куда сбрасываются сточные воды АВТОВАЗа, не обладают острой токсичностью.

Такой же подход был использован и для биологического тестирования проб поверхностной воды из Куйбышевского водохранилища, отобранных на контрольном участке в 0,5 км ниже по течению от выпуска сточных вод АВТОВАЗа. Результаты биотестов на хроническую токсичность позволили сделать следующие выводы:

1. Биотест 1: испытываемый образец не токсичен для тест-объекта *Daphnia magna* Straus. Наблюдается 100 % выживаемость тест-объекта при исходной токсической кратности разбавления за всё время экспонирования (48 часов).

2. Биотест 2: исследованная проба оказывает слаботоксическое действие на тест-объект водоросли хлорелла. Токсическая кратность разбавления – 3 раза.

Таким образом, согласно результатам биотестирования проб поверхностных вод Куйбышевского водохранилища, в контрольном створе 0,5 км ниже выпуска сточных вод ПАО «АВТОВАЗ» в водохранилище хроническая токсичность не установлена.

Заключение

В результате проведенных исследований были проведены биотесты проб поверхностных вод Куйбышевского водохранилища в месте сброса сточных вод ПАО «АВТОВАЗ» в водохранилище на острую и хроническую токсичность. Результаты биотестирования проб поверхностных вод показали, что острая и хроническая токсичность не установлены.

Продолжительность проведенных исследований недостаточна для установления хронической токсичности поверхностных вод Куйбышевского водохранилища, отобранных в местах сброса сточных вод в водохранилище. Мониторинговые исследования в этих точках отбора проб необходимо продолжать в течение нескольких лет и на основании полученных результатов делать обобщения и выводы о наличии хронической токсичности в местах сброса сточных вод и возможных последствиях для флоры и фауны водохранилища.

В результате можно более эффективно и качественно отслеживать негативное воздействие антропогенных загрязнителей на водные объекты.

Токсичность можно снизить путём утилизации отходов, попадающих в водохранилище. Проработаны различные варианты использования биосмесей для снижения токсичности нефтесодержащих отходов.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания учреждениям науки, номер 1021060107178-2-1.5.8.

Список литературы

1. Васильев А.В. Экологический мониторинг и очистка сточных вод в районе Северного промышленного узла г. Тольятти. "Экология и промышленность России", г. Москва, 2019 г., т. 23, №6, с. 34-37.
2. Васильев А.В. Подходы к определению токсичности нефтесодержащих отходов с использованием биоиндикации и биотестирования. Известия Самарского научного центра РАН. 2022. Т. 24. №5. С. 36-43.
3. Заболотских В.В., Васильев А.В. Мониторинг токсического воздействия на окружающую среду с использованием методов биоиндикации и биотестирования: монография / Самара, 2012.
4. Заболотских В.В., Васильев А.В. Комплексный мониторинг антропогенного загрязнения в системе обеспечения экологической безопасности города // Вектор науки ТГУ. 2012. № 2 (20). С.58 – 62.
5. Зинченко Т. Д. Биоиндикация как поиск информативных компонентов водных экосистем (на примере хирономид - DIPTERA, CHIRONOMIDAE). Чтения памяти В.Я. Леванова. – 2005. – Вып. 3. – С. 338-359.
6. Перегудов Д.В., Васильев А.В. Состояние проблемы биодиагностики водоёмов: теоретический анализ. «Известия Самарского научного центра РАН», г. Самара, 2014 г., т. 16, №1(7), с.1858-1861.
7. Перегудов Д.Н., Васильев А.В., Заболотских В.В. Биологические исследования экологического состояния водоёмов г.о. Тольятти /Стратегическое планирование развития городов и регионов. Памяти первого ректора ТГУ С.Ф. Жилкина: IV Международная научно-практическая конференция (Тольятти, 30 июня 2014 года) сборник научных трудов: в 2 ч. /отв. ред. Ю.А.Анисимова. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014. – Ч. 2. – с. 365 – 370.
8. Перегудов Д.Н., Васильев А.В., Заболотских В.В. Мониторинг экологического состояния поверхностных водоемов Самарской области. Ашировские чтения. 2016. Т. 2. № 3-3(8). С. 279-282.
9. Розенберг Г.С, Зинченко Т.Д. Оценка качества биоиндикаторов // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. – М.: Наука, 2007. – С. 370-380.
10. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
11. Vasilyev A.V. Method and approaches to the estimation of ecological risks of urban territories // Safety of Technogenic Environment. 2014. № 6. Pp. 43-46.
11. Vasilyev A.V. Classification and reduction of negative impact of waste of oil-gas industry. Proc. of World Heritage and Degradation. Smart Design, Planning and Technologies Le Vie Dei Mercanti. XIV Forum Internazionale di Studi. 2016. Pp. 101-107.
13. Vasilyev A.V., Khamidullova L.R., Podurueva V.V., Solovyov S.G. Investigation of toxicity of waste water of "AVTOVAZ" company by using biological testing methods. Safety of Technogenic Environment. 2012. № 2. С. 72-75.

БИОДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ АКТИВНОГО ИЛА И ОЦЕНКА ЕГО СОСТОЯНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ ПРОМСТОКОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

А. Ф. Гилязева, И. Ф. Гилязева, Е. С. Балымова, Ф. Ю. Ахмадуллина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия, alsina.1999@mail.ru

Аннотация: На основании биомониторинга активного ила очистных сооружений нефтехимического комплекса выявлены основные биоиндикаторы и установлены доминирующие микроорганизмы изучаемого ценоза. Проведена количественная оценка состояния активного ила и его изменение в процессе биологической очистки на основе индекса Шеннона и комбинированного показателя. Показано хорошее согласование двух оценочных систем, однако комбинированный показатель более достоверно отражает изменения, происходящие в искусственной экосистеме.

Ключевые слова: индикаторные микроорганизмы, индекс Шеннона, комбинированный показатель, сравнение.

BIODIAGNOSTIC POTENTIAL OF ACTIVATED SLUDGE AND ASSESSMENT OF ITS STATE IN THE PROCESS OF INDUSTRIAL WASTE PETROCHEMICAL COMPLEX TREATMENT

A. F. Gilyazeva, I. F. Gilyazeva, Ye. S. Balymova, F. Yu. Akhmadullina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, alsina.1999@mail.ru

Abstract: Based on the biomonitoring of activated sludge from the petrochemical complex treatment facilities, the main bioindicators were identified and the dominant microorganisms of the studied biocenosis were established. A quantitative assessment of the state of activated sludge and its change in the process of wastewater treatment was carried out based on the Shannon index and a combined index. Good agreement between the two scoring systems is shown, however, the combined index more reliably reflects the changes taking place in the industrial ecosystem.

Keywords: indicator microorganisms, Shannon index, combined index, comparison.

В последнее время большое внимание уделяется прогнозированию состояния биома активного ила в процессе биологической очистки. Особое внимание уделяется очистным сооружениям, принимающим на очистку производственные сточные воды, которые отличаются сложным составом и содержанием различных классов экотоксиканты. В связи с этим, оценка состояния биоценоза активного ила необходима для обеспечения требуемой эффективности процесса водочистки.

В работах [1,2] предложено использование для этой цели биоматематического метода контроля, основанного на биомониторинге ценоза активного ила

с учетом непостоянных условий его формирования с последующей оценкой по гидробиологическим индексам математической обработкой полученных результатов с использованием различных математических моделей.

Данная методика предполагает обязательное выявление индикаторных микроорганизмов активного ила и количественную оценку его состояния в процессе биологической очистки сточных вод (БОВ) при известных качественных показателях очищаемых вод. При этом для количественной оценки состояния активного ила может быть использована как балльная система [3], так и приоритетная на сегодняшний день система, базирующаяся на индексах биоразнообразия Шеннона и Куба [4].

Однако, если в первом случае учитывается как состояние индикаторных микроорганизмов активного ила, так и состояние непосредственно его хлопьев и надилловой жидкости, то вторая система основана на оценке состояния только индикаторных микроорганизмов исследуемого микробиоценоза, что недостаточно информативно. Что касается первой системы, следует отметить ее определенный субъективизм, связанный с профессионализмом микробиолога, оценивающего состояние активного ила.

Поэтому целесообразно для оценки состояния активного ила использовать комбинированные показатели, учитывающие изменение состояния его хлопьев, надилловой жидкости и родового биоразнообразия в переменных условиях его функционирования.

Такой показатель количественной оценки состояния активного ила был рассмотрен в работе [5], определяемый как отношение мутности надилловой жидкости к гидробиологическому индексу Шеннона и характеризующий уровень стресса биома активного ила под воздействием стоков, поступивших на узел биочистки. Возможность и перспективность его использования для описания и прогнозирования состояния активного ила в процессе водоочистки была показана для зрелого ила процесса продленной аэрации сточных вод производств органического синтеза.

Для подтверждения универсальности предлагаемого показателя в настоящей работе были изучены качественный и количественный составы биоиндикаторов смешанной популяции микроорганизмов, формирующиеся на сточных водах нефтехимического комплекса, содержащих биорезистентные и токсичные загрязняющие вещества, и его изменение в процессе БОВ с последующим сопоставлением состояния активного ила, описанного комбинированным показателем и индексом Шеннона.

Первоначально на основании проведенного гидробиологического анализа были выявлены индикаторные микроорганизмы изучаемого биоагента и установлены доминирующие рода (таблица 1). Для получения корректной информации микроскопирование проб активного ила дублировали.

Изменение качественного и количественного состава активной биомассы в процессе водоочистки при обязательном условии количественной оценки ее состояния в динамике определяли в экспериментах, моделирующих процесс БОВ в условиях максимально приближенных к производственным.

Таблица 1

Индикаторные микроорганизмы

Тип	Подтип	Класс	Род	Индекс Паля-Ковнацки					
				Рег.	15 мин	1 ч	2 ч	3 ч	12 ч
Саркомастигофоры	Жгутиконосцы	Животные жгутиконосцы	<i>Peranema</i>					8,3	
	Саркодовые <i>Sarcodina</i>	Настоящие амёбы	<i>Centropyxis</i>	13,3					7,1
			<i>Arcella</i>						17,9
		Филозеи	<i>Euglypha</i>	6,7		16,7	28,6	8,3	7,1
Инфузории	Ресничные <i>Ciliata</i>	<i>Kinetophragminophora</i>	<i>Colpoda</i>					8,3	
		<i>Polyhymenophora</i>	<i>Aspidisca</i>	6,7	14,3			8,3	3,6
			<i>Euplotes</i>			16,7			35,7
		<i>Peritricha</i>	<i>Vorticella</i>	6,7	28,6			8,3	7,1
			<i>Carchesium</i>	6,7				8,3	
			<i>Opercularia</i>				28,6	8,3	
	Сосущие	—	<i>Tokophrya</i>			16,7		8,3	
Немательминты	—	Коловратки <i>Rotifera</i>	<i>Philodina</i>	6,7			14,3		
			<i>Rotaria</i>	6,7		16,7			3,6
			<i>Notommata</i>		14,3				10,7
			<i>Cathyphaluna</i>	40	42,9	33,3	28,6	25	3,6
Кольчатые черви	—	Малощетинковые черви	<i>Aelosoma</i>	6,7				8,3	3,6

При этом, в динамике осуществлялся отбор проб иловой суспензии с последующим проведением микроскопирования (рис. 1), определением мутности, отстаиванной надильной жидкости и расчетом индекса Шеннона и комбинированного показателя.

Индикаторные микроорганизмы

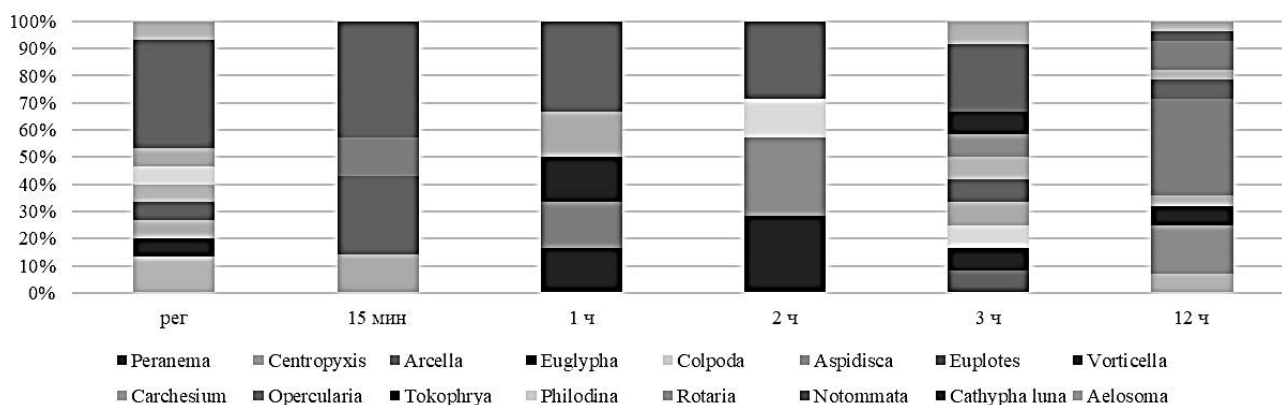


Рис. 1. Усредненный качественный состав в относительных единицах

Как видно из представленного материала, наблюдаем качественное и количественное изменения в составе микробиоценоза в процессе водоочистки, от-

ражающие изменения состава очищаемых вод в процессе биохимического окисления загрязнителей, а также условий функционирования аэротенка (изменение нагрузки в первую очередь).

Сопоставление двух оценочных показателей состояния активного ила в процессе БОВ (таблица 2) свидетельствует об их хорошем согласовании. Так, увеличение значений индекса Шеннона свидетельствует об улучшении условий окружающей среды, в то время как наблюдаемое снижение величины комбинированного показателя показывает снижение негативного воздействия условий функционирования активного ила.

Таблица 2

Количественная оценка состояния активного ила

Проба	рег.	15 мин	1 ч	2 ч	3 ч	12 ч
Мутность	0,041	0,091	0,091	0,089	0,079	0,018
Индекс Шеннона	2,16	1,14	1,69	1,48	2,35	2,59
Комбинированный показатель	0,0185	0,092	0,056	0,060	0,034	0,0069

Однако комбинированный показатель более достоверно и глубоко отражает изменения, происходящие в исследуемой экосистеме (рис. 2).

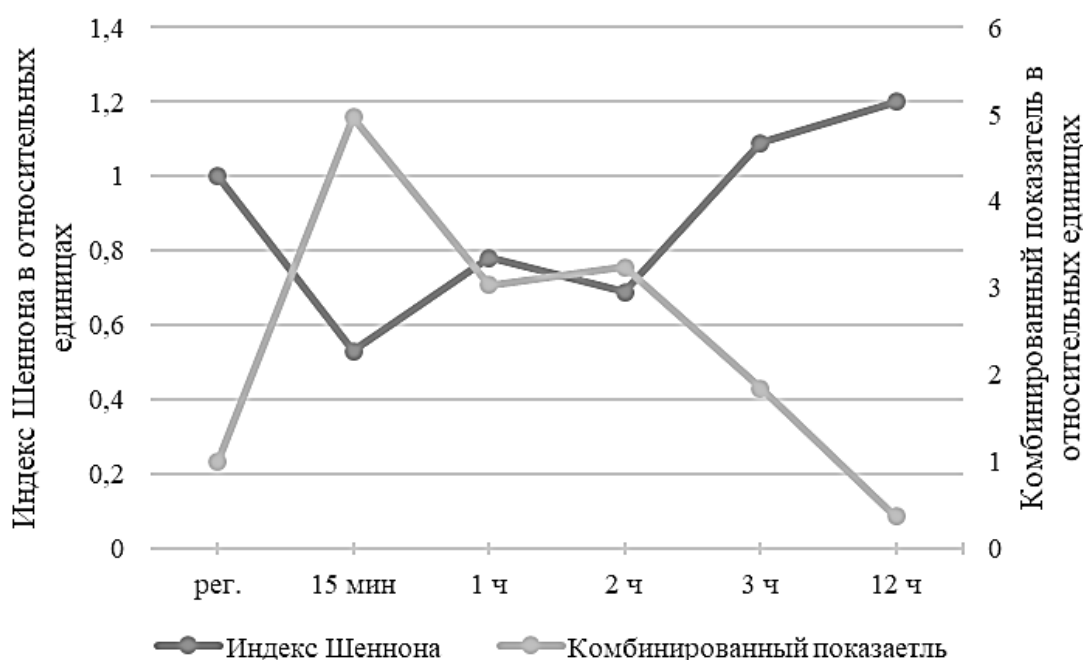


Рис. 2. Относительные изменения состояния активного ила в процессе БОВ

Таким образом, в результате проведенных исследований, получено еще одно подтверждение универсального характера предложенного комбинированного показателя.

Список литературы

1. Балымова Е.С. Биомониторинг активных илов процесса продленной аэрации сточных вод / Е. С. Балымова, Ф.Ю. Ахмадуллина, Р.К. Закиров // Вода: химия и экология. 2010. №9. с. 29-34.
2. Балымова Е.С. Биодиагностика активного ила как метод экспресс-контроля биологической очистки сточных вод / Е.С. Балымова, Р.К. Закиров, Р.Р. Гайнетдинова, Ф.Ю. Ахмадуллина // Безопасность в техносфере. 2012. №4. С. 11-16.
3. Фауна аэротенков (Атлас). – Л., Наука, 1984. – 264 с.
4. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с. – ISBN 5-901652-05-3.
5. Балымова Е.С. Экспресс-метод контроля для управления процессом биологической очистки сточных вод нефтехимического комплекса (на примере ОАО "Казаньоргсинтез"): автореф. дис. канд. тех. наук: 03.02.08 / Е. С. Балымова. – Казань, 2015. – 18 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНТОВ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОДСОЛНЕЧНОЙ ЛУЗГИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НИКЕЛЯ

К. С. Голева, В. В. Бахарев, Е. Ю. Руденко

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара, Россия
kromadanovskaya@mail.ru

Аннотация: Приведены результаты исследования сорбирующих свойств подсолнечной лузги. Для улучшения сорбирующих свойств осуществлена модификация лузги действием различных реагентов и экспериментально оценена эффективность этих модификаций.

Ключевые слова: сточные воды, подсолнечная лузга, модификация, сорбция.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING SORBENTS FROM MODIFIED SUNFLOWER HUSKS FOR WASTEWATER TREATMENT FROM NICKEL

K. S. Goleva, V. V. Bakharev, E. Yu. Rudenko

Samara State Technical University, Samara, Russia

Abstract: The results of the study of the sorbing properties of sunflower husks are presented. To improve the sorbing properties, the husk was modified by the action of various reagents, and the effectiveness of the modifications was experimentally evaluated.

Keywords: waste water, sunflower husk, modification, sorption.

Введение

Экология и состояние окружающей среды зависит от многих факторов. Самым ценным и необходимым ресурсом для жизни человека является вода. Она влияет на метаболические процессы, составляющие основу жизни. Вода также необходима для жизненных нужд человека, растений и животных. Большое значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве и особенно много воды потребляет химическая промышленность, в результате чего образуется большое количество сточных вод, загрязнённых тяжёлыми металлами. Именно поэтому поиск и анализ способов очистки сточных вод от тяжёлых металлов – это актуальная задача, которая является практически важной.

Целью данных исследований является разработка технологии получения сорбентов из модифицированной подсолнечной лузги, которая используется для очистки сточных вод от никеля.

Задачи:

- поиск методов измерения массовой концентрации никеля в воде;

- построение калибровочных кривых для определения никеля;
- поиск методик модификации подсолнечной лузги;
- выбор реагента для модификации лузги подсолнечника;
- анализ данных.

Основная часть

Исследование проводилось в несколько этапов. На начальном этапе важно было найти способ измерения массовой концентрации никеля в природных и сточных водах.

Для измерения массовой концентрации никеля были построены калибровочные кривые: основной калибровочный раствор с массовой концентрацией никеля $0,01 \text{ мг/см}^3$ и рабочий калибровочный раствор с массовой концентрацией никеля $0,002 \text{ мг/см}^3$. Для приготовления основного раствора хлорид никеля растворяли в 100 мл дистиллированной воды из расчёта на 1 г ионов никеля. Для приготовления рабочего раствора маточный раствор в количестве 10 мл помещали в мерную колбу вместимостью 50 мл и доводили дистиллированной водой до метки [1].

Для построения калибровочных кривых были приготовлены пробы для калибровки рабочего раствора от 0,08 до 0,80 мг/дм^3 ; для основного раствора от 0,80 до 4,00 мг/дм^3 . В мерные колбы вместимостью 50 мл добавляли разные объёмы растворов ионов никеля (от 1,00 до 10 мл), 2 мл йодированной воды, 3 мл аммиака и 1 мл диметилглиоксима. Затем раствор в колбах доводили до метки дистиллированной водой и выдерживали 10 мин. После чего измеряли оптическую плотность полученных растворов при длине волны 445 нм с использованием 10 мм кюветы. Каждый раствор измеряли фотометрически 3 раза. На основании полученных данных строили калибровочные кривые (эталонные) (рис. 1 и рис. 2) [1].

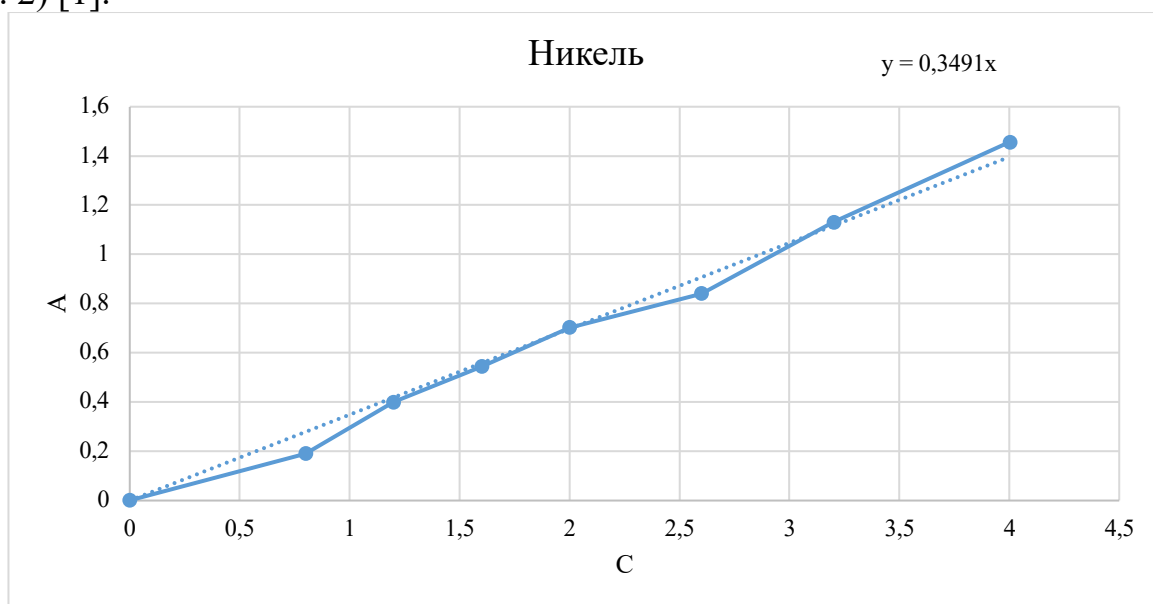


Рис. 1 Калибровочная кривая на основе основного калибровочного раствора (A — оптическая плотность; C — массовая концентрация ионов никеля в мг/дм^3)

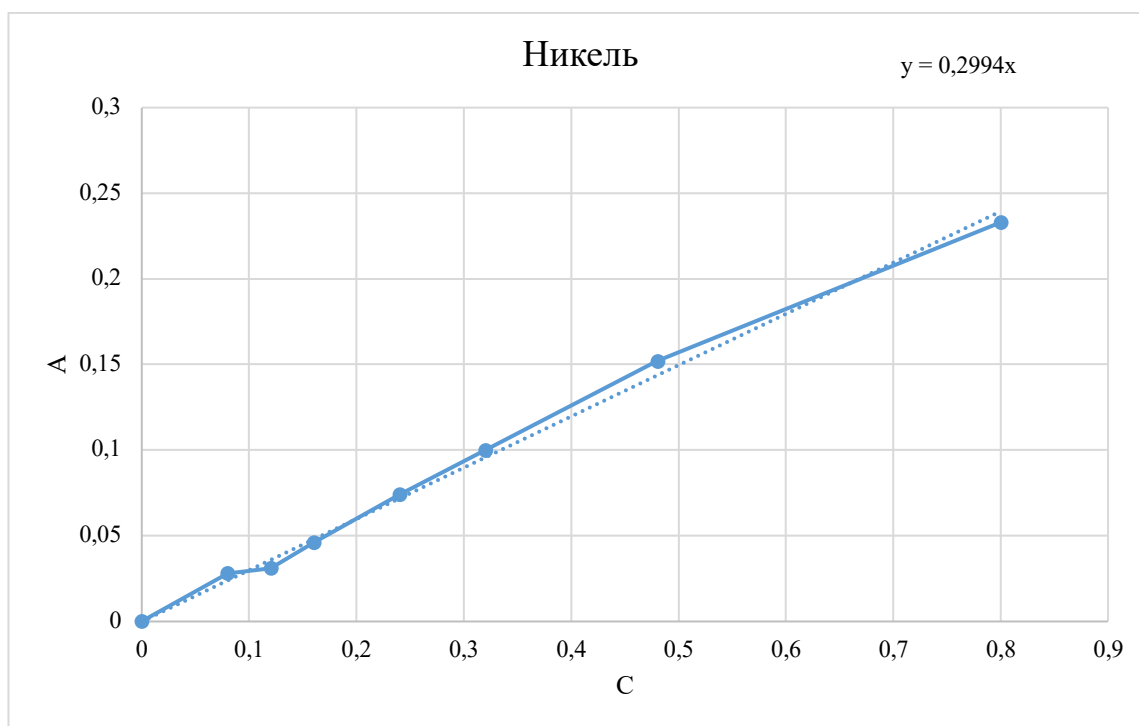


Рис. 2 Калибровочная кривая на основе рабочего калибровочного раствора (A – оптическая плотность; C – массовая концентрация ионов никеля в мг/дм³)

На втором этапе исследования была проведена модификация подсолнечной лузги различными щелочными и кислотными реагентами, включая NaOH, KOH, H₂SO₄, HNO₃, HCl, H₃PO₄. Модификация требуется для очистки лузги от примесей и загрязнений, а также для активации адсорбционных свойств. Была использована методика модификации, описанная в [2]. Подсолнечную лузгу массой 10 г взвешивали на весах в химическом стакане вместимостью 500 см³. В химический стакан цилиндром добавляли 200 см³ 1 М раствора NaOH, KOH, H₂SO₄, HNO₃, HCl, H₃PO₄ и хорошо перемешивали. После этого стакан накрывали часовым стеклом и помещали в термостат с температурой 30 °С на 30 мин. Через 30 мин лузгу отфильтровывали через марлю и трижды промывали дистиллированной водой, а затем сушили в сушильном шкафу при 105 °С до постоянной массы.

Для проверки адсорбционных свойств полученных модификаций, отвешивали 1 г исследуемых сорбентов и помещали их в плоскодонные колбы вместимостью 250 см³. Затем в колбы наливали по 200 см³ воды, с известным содержанием ионов никеля в количестве 0,80 мг/дм³. Колбы с навесками адсорбента плотно закрывали пробками и интенсивно встряхивали в течение 2 ч на качалке. Затем адсорбент удаляли фильтрацией, а в фильтратах определяли остаточные концентрации ионов никеля.

Концентрацию ионов никеля X (мг/дм³) в каждой пробе воды рассчитывали с помощью калибровочной кривой (рис. 1) по следующей формуле:

$$X = \frac{C \cdot 50}{V}, \text{ мг/дм}^3 \quad (1)$$

где: C – массовая концентрация никеля, найденная по калибровочной кривой, мг/дм³; 50 – объём, до которого была разбавлена проба, см³; V – объём, взятый для анализа, см³.

Исследования показали, что массовые концентрации ионов никеля составляют:

в необработанной воде – 0,80 мг/дм³;

в воде, которая была предварительно обработана лузгой, модифицированной HNO_3 – 0,59 мг/дм³;

в воде, которая была предварительно обработана лузгой, модифицированной HCl – 0,60 мг/дм³;

в воде, которая была предварительно обработана лузгой, модифицированной H_2SO_4 – 0,61 мг/дм³;

в воде, которая была предварительно обработана лузгой, модифицированной NaOH – 0,64 мг/дм³;

в воде, которая была предварительно обработана лузгой, модифицированной KOH – 0,70 мг/дм³;

в воде, которая была предварительно обработана лузгой, модифицированной H_3PO_4 – 0,65 мг/дм³.

Заключение

Применение азотной кислоты в наибольшей степени по сравнению с другими модификаторами улучшило адсорбционные свойства подсолнечной лузги. Поэтому в дальнейших исследованиях в качестве основного модификатора следует использовать азотную кислоту.

Список литературы

1. ПНД Ф 14.1:2.46-96 Методика измерения массовой концентрации никеля в природных и сточных водах фотометрическим методом с диметилглиоксимом. – М.: Издание 2013. – 17 с.
2. Витек-Кровяк А. Анализ температурно-зависимой биосорбции ионов Cu^{2+} на лузге подсолнечника: кинетика, равновесие и механизм процесса / А. Витек-Кровяк // Химический инженерный журнал. – 2012. – № 192. – С. 13-20.

ПРЕДПОСЫЛКИ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ И ОБОЛОЧКИ СОИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Н. С. Евдокимов, Я. В. Китаева, О. В. Малий, Е. С. Сахарова

ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск,
Россия info@omgtu.ru

***Аннотация.** В настоящее время в России активно развивается масложи-
ровая промышленность, в связи с чем, увеличивается количество отходов пере-
работки масличного сырья. Часть отходов производства можно перерабо-
тать, с получением пищевых волокон востребованных пищевой промышленно-
стью.*

*В данной статье приведен состав оболочки сои, обобщен современный
опыт ферментативной переработки целлюлозосодержащего сырья и оболочки
сочи с целью получения пищевых волокон. Представлен анализ данных о принци-
пиальных способах переработки целлюлозосодержащего сырья, о технологи-
ческих параметрах ферментативной обработки, используемых биологических
агентах и ферментах. Значительное внимание уделено функциональным свой-
ствам пищевых волокон.*

*Стабильный практический интерес у предприятий, производящих и пере-
рабатывающих сою на территории РФ требует разработки и реализации тех-
нологий переработки оболочки сои.*

***Ключевые слова:** оболочка сои, ферментативная обработка, биотехноло-
гия, пищевые волокна (ПВ), целлюлозосодержащее сырье, функциональные свой-
ства ПВ.*

PREREQUISITES AND ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF OBTAINING DIETARY FIBERS FROM CELLULOSE-CONTAINING RAW MATERIALS AND SOYBEAN HULLS USING A BIOTECHNOLOGICAL METHOD

N. S. Evdokimov, Ya. V. Kitaeva, O. V. Maliy, E. S. Sakharova

Omsk State Technical University, Omsk, Russia info@omgtu.ru

***Abstract:** The fat-and-oil industry develops in Russia, therefore, the amount of waste from
oilseeds processing increases. Part of the waste can be recycled, into dietary fibers demanded in food
industry.*

*This article presents the composition of the soybean hulls, summarizes the modern experience
of enzymatic processing of cellulose-containing raw materials and soybean shells in order to obtain
dietary fibers. The analysis of data on the principal methods, parameters of enzymatic processing,
biological agents and enzymes used for cellulose-containing raw materials processing is presented.
Much attention is paid to the functional properties of dietary fiber.*

The practical interest of enterprises producing and processing soybeans in Russian Federation requires implementation of technologies for soybean hulls processing.

Keywords: soy hull, biotechnology, enzymatic processing, dietary fiber (DF), cellulose-containing raw materials, functional properties

В агропромышленном комплексе России масложировая отрасль пищевой промышленности занимает одно из ведущих мест. Основной сырьевой базой для производства растительных масел являются масличные семена, выращиваемые в России (подсолнечник, соя, рапс и др.), ресурсы которых определяют объем производства готовой продукции. При этом посевные площади под масличными культурами и их валовый сбор в последние годы стабильно растут. В России в 2022 году был достигнут исторический рекорд по сбору сои [1].

В 2022 году собрано 6 млн тонн сои, что на 22,6% больше показателя за аналогичный период 2021 года. Урожайность масличных культур в 2022 году увеличилась по сравнению с урожайностью в 2021 году. Объем поставок сои на зарубежные рынки с начала 2022 года увеличился на 44% по сравнению с аналогичным периодом 2021 года. Наибольшую долю экспорта в 2022 году занимали продукты переработки сои: соевые бобы (1165,4 тыс. тонн), соевые жмыхи (495,5 тыс. тонн) и соевое масло (483,3 тыс. тонн) [1].

Часть отходов производства не пригодных к дальнейшей переработке должна быть утилизирована безвозвратно. Другая часть, к которой относятся такие крупнотоннажные отходы как оболочка сои, шрот соевый может быть переработана с получением дополнительных кормовых и пищевых продуктов.

Производство сои возрастает и вместе с этим пропорционально увеличивается количество возможных к переработке отходов. Одним из вариантов переработки целлюлозосодержащих отходов и вторичных продуктов переработки сои является получение из них пищевых волокон (ПВ). Пищевые производства нуждаются в источниках пищевых волокон для обогащения пищевых продуктов важными биологически активными веществами, кроме того, обогащение полуфабрикатов отрубями, например злаковых культур снижает их калорийность, положительно сказывается на сроках хранения благодаря содержанию в них биологически активных веществ, обладающих антиоксидантными свойствами.

В 2000 году термину «пищевые волокна» было дано следующее определение: «пищевое волокно – это съедобные части растений или аналогичные углеводы, устойчивые к перевариванию и адсорбции в тонком кишечнике человека, полностью или частично ферментируемые в толстом кишечнике.

Пищевая ценность и функциональные характеристики ПВ определяются химическим составом и структурой полимеров в их составе. ПВ обычно подразделяют на растворимые и нерастворимые. Нерастворимые ПВ имеют невысокую степень гидролиза целлюлозы, что обычно проявляется в высокой устойчивости к химическим веществам и ферментам. По сравнению нерастворимыми ПВ, растворимые ПВ обычно обладают лучшими функциональными свойствами, такими как способность к ферментации, растворимость, водоудерживающая и маслоудерживающая способность. Растворимые ПВ содержатся преимущественно в овощах, фруктах, бобовых; нерастворимые волокна – в зерновых продуктах.

Основные виды пищевых волокон: лигнин, целлюлоза, гемицеллюлозы, пектин, камеди, инулин, слизи.

Всемирная организация здравоохранения рекомендует к введению в рацион человека не менее 20 г на каждые 1000 ккал, в лечебных целях или при диете может повышаться до 40 г, однако не должно превышать 60 г.

Самым распространенным и объёмным видом отходов в масложировой промышленности являются отходы очистки поступающих в производство семян. В период массовой приемки, когда объём поступления масличных семян в сутки составляет 1000-1500 тонн, на предприятиях отделяется порядка 100-120 т/сут. отходов их очистки. Одним из таких отходов является оболочка сои. Состав оболочки позволяет рассматривать её как ценный источник компонентов пищевых продуктов (см. Таблицу 1).

Таблица 1

Усреднённый состав соевой оболочки

Наименование показателя, ед. изм.	Значение показателя
Массовая доля сырого протеина в пересчёте на абсолютно сухое вещество, %, не менее	10,0
Массовая доля сырого жира при пересчёте на абсолютно сухое вещество, %, не более	6,0
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	12,0
Массовая доля сырой клетчатки в пересчёте на абсолютно сухое вещество, %, не более	45,0

Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что в соевой оболочке основным компонентом является клетчатка, и при реализации соответствующего процесса переработки можно получить значительное количество пищевых волокон (ПВ). Показатели содержания компонентов пищевых волокон в семенной оболочке сои приведены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание пищевых волокон в семенной оболочке сои

Наименование компонента ПВ	Содержание, г/100г
Целлюлоза	21,4-23,8
Лигнин	4,3-4,7
Пектин	1,02-1,11

Сырой протеин и жир в процессе выработки пищевых волокон физико-химическими способами, по-видимому, теряются безвозвратно.

На сегодняшний день известны варианты физической, физико-химической и биотехнологической обработки оболочки сои и другого целлюлозосодержащего сырья с получением производных целлюлозы, пригодных к использованию в пищевых целях. Их можно классифицировать по виду основного действующего фактора (см. Таблицу 3).

Кроме перечисленных вариантов, возможно совмещение нескольких факторов воздействия в одном технологическом процессе в различных последовательностях и комбинациях. Возможностям физических и физико-химических способов переработки соевой оболочки в современных исследованиях уделяют значительное внимание [2,3,4].

Таблица 3

Основные способы обработки целлюзосодержащего сырья

№ п/п	Действующий фактор	Наименование способа обработки
1	Щелочь, повышенная температура	Щелочной
2	Неорганические и органические кислоты, повышенная температура	Кислотный
3	Последовательная обработка щелочью и кислотой	Кислотно-щелочной
4	Температура, давление, микроволны, радиационное воздействие, усилие сдвига	Физический
5	Ферментные препараты (целлюлазы и протеазы). Культуры микроорганизмов или их консорциум, продуцирующие ферментные комплексы	Ферментативный

Так, например, Jun Yang, Anhong Xiao, Chunwei Wang (2014 г) разработали физико-химический способ переработки оболочки желтой сои. Соевую оболочку с содержанием влаги около 45% измельчали до размера частиц 1-1,5 мм, затем при pH 1,5–2,0 измельченную оболочку обрабатывали с добавлением 2 н HCl при 60°C в течение 2 ч. Затем образец промывали водой до нейтрального pH, затем центрифугировали при 5000g в течение 10 мин. Обезвоженную оболочку гидролизовали 2 н-ным КОН при pH 10-11, и температуре 60°C в течение 2 ч. Затем оболочку промывали водой до нейтрального pH и центрифугировали при 5000g в течение 10 мин. После кислотно-основного гидролиза оболочку автоклавировали при 121°C под давлением 1,0546 кг/см² в течение 10 мин. Затем из образец высушивали горячим воздухом при температуре 60°C до конечного содержания влаги 9-11%. Высушенную оболочку измельчали на мельнице до достижения размеров порошка от 150 до 250 мкм [2].

Используя методы АОАС991.43 и АОАС2011.25 исследователи охарактеризовали физико-химические свойства исходной оболочки сои и ПВ: водопоглощающую способность, растворимость в воде, содержание пищевых волокон (см. таблицы 4, 5).

Таблица 4

Характеристики исходной оболочки желтой сои и ПВ из неё [2]

Образец	Индекс абсорбции воды (water absorption index (WAI)) (%)	Растворимость в воде (water solubility index (WSI)) (%)
необработанная соевая оболочка желтой сои	4.07 ± 0,02	15.53±0,71
ПВ	3,52 ± 0,05	3,00 ± 0,24

Таблица 5

Влагоудерживающая способность и содержание ПВ в исходной оболочке желтой сои и ПВ из неё [2]

Образец	Влагоудерживающая способность, (%)	Содержание пищевых волокон определенное по методу исследования, %							
		АОАС991.43				АОАС2011.25			
		нерастворимых	растворимых	общее	общее (в пересчёте на абсолютно сухое вещество)	нерастворимых	растворимых	общее	общее (в пересчёте на абсолютно сухое вещество)
Необработанная соевая оболочка желтой сои	$9,4 \pm 0,1$	$54,5 \pm 0,1$	$5,3 \pm 0,1$	$59,8 \pm 0,2$	$66,0 \pm 0,2$	$55,2 \pm 0,9$	$3,5 \pm 0,9$	$58,7 \pm 0,5$	$64,8 \pm 0,6$
ПВ	$10,2 \pm 0,1$	$5,3 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,4$	$87,5 \pm 1,8$	$97,5 \pm 2,0$	$85,9 \pm 0,4$	$2,2,6 \pm 0,7$	$88,5 \pm 0,8$	$98,6 \pm 0,8$

Исследователи установили, что результате обработки общее количество ПВ увеличилось примерно на 50%, и достигло $98,6 \pm 0,8\%$ в пересчёте на абсолютно сухое вещество.

Как показал анализ научно-технической литературы, о ферментативной обработке соевого сырья с целью получения ПВ сообщается реже, чем о применении физико-химических способов обработки. При этом известны следующие общие преимущества ферментативной обработки целлюлозосодержащего сырья:

- энергоэффективность (т.к. реакция происходит при температурах 40-50 °С);
- специфичность ферментативного катализа с избирательным гидролизом гликозидных связей;
- мягкие условия обработки сырья (невысокие температуры и атмосферное давление);
- получение осаждаемых веществ;
- отсутствие токсичных отходов в составе готовых продуктов.

Другие виды целлюлозосодержащего сырья, также, как и оболочку сои, могут быть подвергнуты ферментативной обработке с целью получения ПВ. Так, например, А.Кузнецова и Л.В.Левочкина (2011 г) изучали обработку соевой окары ферментами целлюлолитического и протеолитического действия с целью улучшения ее технологических свойств и повышения усвояемости пищевой продукции на ее основе.

Ими были применены ферментные препараты «Целлолюкс F» (активность 2000 ± 200 ед/г, концентрация 40 ед/а на 100 г окары, температура 37°C , время воздействия 6 ч) и «Протомега-терин Г20х» (активность 800 ± 200 ед/г, концентрация от 30 до 50 ед/а на 100 г окары, оптимальная температура 45°C , время воздействия 4ч).

Технологическая схема представлена на рисунке 1.

В результате действия ферментных препаратов формировались более короткие цепи полисахаридов и улучшались органолептические показатели продуктов: запах, консистенция и цвет [5].

Рощипко Т. А. (2019 г.) и соавторы использовали ферментный препарат «ЦеллоЛюкс» компании «Сиббиофарм». Ферментативный гидролиз клетчатки проводили с гидромодулем 1:8,5 с целью разрушения 1-4-β-гликозидных связей целлюлозы. Температура 50°C , при постоянном перемешивании 200–250 об/мин в течение 2 ч, предварительно устанавливали $\text{pH}=6$, используя лимонную кислоту и ацетат натрия. Установлена рациональная концентрация 45 единиц ферментного препарата на 1 г сырья [6].

В работе Румянцевой Г.Н. и Макуриной С.В. (RU 2336731, 2008 г.) описан метод получения пищевых волокон, предусматривающий гидролиз растительного сырья (пшеничные отруби, солодовая дробина, свекловичный жом) при температуре $50\text{--}70^\circ\text{C}$ в течение 2 часов с последующей инактивацией в течение 15 минут. Гидролиз проводят пектинтрансэлиминазой *Bacillus subtilis* или амилазой *Bacillus licheniformis*. Гидролиз можно проводить комплексным ферментным препаратом из культур *Bacillus subtilis* и *Penicillium emersonii* или комплексным ферментным препаратом *Aspergillus specium*. Полученные пищевые волокна отделяют и подвергают обесцвечиванию раствором перекиси водорода [7].

Об использовании *Aspergillus awamori* – продуцента гемицеллюлаз, применимых в получении ПВ и *Aspergillus usarii* – продуцента гемицеллюлаз, пектиназ и целлюлаз, применимых в биodeградации целлюлозы сообщают Л.В. Римаева и соавторы (2019 г) [11]. Установлено, что наибольшую активность проявляют штаммы *A. awamori* 259, *A. awamori* T-1-464 (см. Таблицу 6).



Рис. 1. Технологическая схема применения ферментных препаратов для обработки соевой окары [5]

Активность продуцентов целлюлаз [8]

Наименование микроорганизма- продуцента ферментов	Активность целлюлазы, ед/см ³	Активность Эндополигалактуроназы, ед/см ³	Активность ксиланазы, ед/см ³
A.awamori 259	2,52 ±0,1	0,85±0,4	9,9±0,4
A.awamori T-1-464	2,58±0,1	0,44±0,2	12,8±0,97

Таким образом, способы переработки различных целлюлозосодержащих субстратов с помощью ферментов отличаются в зависимости от используемого биологического агента (фермент, композиция микроорганизмов, биологические агенты иммобилизованные на носителях), разновидности субстрата и желаемого качества пищевых волокон. При этом все рассмотренные способы характеризуются схожими условиями реализации: температура от 40°C до 70°C, pH в зоне оптимума действия фермента, время воздействия биологическими агентами не менее 2 часов.

Перейдём к ферментативной обработке оболочки сои. Возможности получения растворимых ПВ из обработанной ферментами и модифицированной ультразвуком оболочки чёрной сои изучали Meng Shen и др. (2020 г.). Для получения контрольных растворимых волокон обезжиренную оболочку черной сои суспендировали, на 1 г оболочки при pH 6,0 добавляли 100 мкл термостойкой α -амилазы, выдерживали при 95-100°C в течение 20 мин. Затем pH доводили до 7,0 и добавляли 100 мкл нейтрального раствора протеазы, выдерживали 30 мин при 60°C. Затем pH доводили до 4,5 и добавляли 100 мкл глюкозидазы крахмала с выдерживанием в течение 30 минут при 60 °C. Суспензию фильтровали, затем осаждали 95%-ным этанолом в течение 10 часов, центрифугировали и лиофильно высушивали.

Для получения растворимых волокон из обработанной ферментами оболочки 1,0 г обезжиренной оболочки черной сои её суспендировали в дистиллированной воде в соотношении твердой и жидкой фаз 1:30 (г/мл). pH доводили до 4,6 и добавляли композицию ферментов в концентрации 5% (масс.) (целлюлаза : гемицеллюлаза = 1 : 2). Смесь инкубировали при 50°C в течение 3 часов. Далее обрабатывали термостойкой α -амилазой, нейтральной протеазой и глюкозидазой крахмала образец осаждали этанолом и лиофилизировали [4].

Результаты инфракрасной спектроскопии показали наличие одних и тех же функциональных групп, характеризующих полисахариды у ПВ обработанных указанными выше способами. Авторы сообщают о более мягком воздействии ферментов на микроструктуру по сравнению с ультразвуком по результатам сканирующей электронной микроскопии. Молекулярный вес варьировался от 154000 а.е.м. для ПВ полученных ферментативной обработкой до 284000 а.е.м. – для ПВ без ферментативной обработки. У образца, полученного ферментативной обработкой отмечали увеличение водоудерживающей, маслоудерживающей способности и степени набухания в воде (см. Таблицу 7), а также повышенную способность к связыванию холестерина.

Функциональные характеристики ПВ из оболочки черной сои [4]

Образец пищевых волокон	Водоудерживающая способность, г/г	Степень набухания в воде мл/г	Маслоудерживающая способность г/г
Растворимые (контроль)	3,46 ± 0,03	1,13 ± 0,02	0,97 ± 0,03
Растворимые, полученные с предварительной ферментативной обработкой оболочки сои	3,59 ± 0,04	1,25 ± 0,06	1,03 ± 0,06

Хикерт и др. (2014 г) использовали целлюлазу из *Penicillium echinulatum* S1M29 для гидролиза оставшейся твердой фракции после предварительной обработки соевой оболочки разбавленной кислотой. Эта целлюлаза обладала более высокой активностью β-глюкозидазы (58,95 ед/г сухого фермента) по сравнению с активностью β-глюкозидазы 7-9 ед/г сухого фермента полученного путем ферментации *Trichoderma reesei* [9]. С использованием этого фермента было достигнуто 72% превращения сахара из предварительно обработанных сухих веществ в оболочке при следующих параметрах 120 об/мин и 50°C в течение 110 ч.

Известно, что при обработке целлюлозосодержащего сырья гемицеллюлозы и кислоторастворимый лигнин могут ингибировать ферментативный гидролиз, препятствуя эффективной адсорбции целлюлазы, что приводит к снижению эффективности ферментативного процесса. О подобных ингибирующих эффектах при переработке оболочки сои в изученных нами источниках не сообщается.

Основной сложностью при анализе способов ферментативной обработки целлюлозосодержащего сырья остаётся использование различных коммерческих препаратов с различной ферментативной активностью, а также различных видов микроорганизмов и их комбинаций. Параметры оценки готовых продуктов ферментативной обработки варьируются в широких пределах и часто несопоставимы. Часто отличаются виды подготовки сырья, предшествующие стадии ферментации.

Общими подходами к ферментативной обработке оболочки сои при оценке количества ПВ являются обработка термостойкой альфа-амилазой (95–100 °С, pH 6,0, 15 мин), протеазой (60 °С, pH 7,5, 30 мин) и амилоглюкозидазой (60 °С, pH 4,5, 30 мин) для удаления крахмала и белка [4]. Такая обработка предусмотрена методикой АОАС Official Method 991.43. (2007) и её использование ограничивается только измерением содержания ПВ в оболочке сои и другом целлюлозосодержащем сырье. Такой подход не применим к технологическим решениям для переработки сои.

Большой интерес к глубокой переработке сои в мире имеет тенденцию к усилению, о чем можно утверждать на основании изученных и приведённых в настоящей статье публикаций. Кроме того, у предприятий, производящих и перерабатывающих сою на территории РФ, например, входящих в группу компаний «ЭФКО», есть практический интерес к реализации технологий переработки оболочки сои, что делает привлекательными проведение исследований по фер-

ментативной обработке соевой оболочки. Накопленный опыт переработки целлюлозодержащего сырья с помощью ферментов и микробных композиций можно адаптировать к обработке оболочки сои, что требует проведения дальнейших исследований в этой предметной области.

Список литературы

1. Обзор российского и мирового рынков масличных культур по состоянию на 16.12.2022 года // Кубанский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр [электронный ресурс] URL: <http://www.kaicc.ru/zernovye-i-maslichnye/rossiyskiy-rynok-zernovyyh-i> (дата обращения 29.12.2022).
2. Jun Yang, Anhong Xiao, Chunwei Wang Novel development and characterisation of dietary fibre from yellow soybean hulls // Food Chemistry Volume 161, 15 October 2014, Pages 367-375 E.C. Rivera, S.C. Rabelo, D. dos Reis Garcia, A.C. da Costa, Enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse for bioethanol production: determining optimal enzyme loading using neural networks, J. Chem. Technol. Biotechnol. 85(7) (2010) 983-992.
3. LiZhu, BingYu HongChen et al. Comparisons of the micronization, steam explosion, and gamma irradiation treatment on chemical composition, structure, physicochemical properties, and in vitro digestibility of dietary fiber from soybean hulls // Food Chemistry 2022 Volume 366, 1 pp. 1-9 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130618>.
4. Meng Shen, Wang Weihao, Longkui Cao Soluble dietary fibers from black soybean hulls: Physical and enzymatic modification, structure, physical properties, and cholesterol binding capacity // Food science Volume 85, Issue 626 May 2020 <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15133>.
5. Кузнецова А.А., Левочкина Л.В. к вопросу о возможности ферментативной обработки соевой окары // Вестник ТГЭУ (2011) Vol 4 pp. 69-74.
6. Рощипко Т. А. Ферментативный гидролиз клетчатки пивной дробины для получения функциональных кондитерских изделий / Т. А. Рощипко, Е. Г. Ковалева, Н. В. Баракова // Физика. Технологии. Инновации : сборник материалов V Международной молодежной научной конференции, посвященной памяти Почетного профессора УрФУ В. С. Коротова (Екатеринбург, 2018 г.). — Екатеринбург : [УрФУ], 2019. — С. 111-116.
7. Патент № 2336731 Российская Федерация, МПК A23L 1/ 05, A23L 1/ 308, A23L 1/0524. Способ получения растительных пищевых волокон : № 2007133465/13 : заявл. 07.09.2007 : опубл. 27.10.2008 / Г. Н. Румянцева, С. В. Макурина ; заявитель Московский гос. ун-т прикладной биотехнологии. — 9 с.
8. Римарева Л.В. оценка биотехнологического потенциала микроскопических грибов рода *aspergillus* -продуцентов гидролитических ферментов/ Соколова Е.Н., Курбатова Е.И., Борщева Ю.А., / успехи медицинской микологии 2019 Vol 20 pp.526-534.
9. L.R. Hickert, M.M. Cruz, A.J.P. Dillon, R.C. Fontana, C.A. Rosa, M.A.Z. Ayub, Fermentation kinetics of acid-enzymatic soybean hull hydrolysate in immobilized-cell bioreactors of *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida shehatae*, *Spathaspora arborariae*, and their co-cultivations, Biochem. Eng. J. 88 (2014) 61-67.

К ВОПРОСУ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Н. С. Евдокимов, Е. С. Сахарова, Я. В. Китаева

ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск,
Россия info@omgtu.ru

Аннотация. В статье приведены данные об основных технически ценных компонентах в составе лигноцеллюлозного сырья, в том числе, содержащегося в оболочке сои. Представлены сведения о фибриллярной структуре целлюлозы и её строении с точки зрения теории аморфно-кристаллического строения. Рассмотрены агенты ферментативного гидролиза целлюлозы, основные механизмы их действия и примеры осуществлённых на практике вариантов ферментативной обработки лигноцеллюлозосодержащего сырья коммерческими ферментными препаратами.

Ключевые слова: лигноцеллюлоза, оболочка сои, аморфно-кристаллическая теория строения целлюлозы, структура целлюлозы, целюлазы, ферментативная обработка.

ON THE ISSUE OF ENZYMATIC PROCESSING OF LIGNOCELLULOSE-CONTAINING RAW MATERIALS

N. S. Evdokimov, E. S. Sakharova, Ya. V. Kitaeva

Omsk State Technical University, Omsk, Russia info@omgtu.ru

Abstract. The article presents data on the main technically valuable components in the composition of lignocellulosic raw materials, including soybean hulls. The fibrillar structure of cellulose and structure of cellulose from the point of view of the amorphous-crystalline theory structure is presented. The overview of the cellulose enzymatic hydrolysis agents, the main mechanisms of their action, and examples of practical options for the enzymatic treatment of lignocellulose-containing raw materials with commercial enzymes is given.

Keywords: lignocellulose, soybean hulls, amorphous-crystalline theory of cellulose structure, cellulose structure, celullases, enzymatic treatment.

Лигноцеллюлоза – это состоящее из углеводных полимеров (целлюлоза, гемицеллюлоза) и ароматического полимера (лигнин) широко распространенное растительное сырье, которое можно перерабатывать в различные продукты промышленного, кормового и пищевого назначения. Направленное регулирование свойств готовых продуктов необходимо осуществлять с учётом сведений о физико-химической природе полимеров растительного сырья, природе и механизмах факторов воздействия на него.

Для эффективной переработки лигноцеллюлозы применяют механические, физико-химические и биотехнологические методы. Для трансформации лигноцеллюлозы в ди- и моносахариды, которые могут использовать микробные клетки, например, дрожжи, необходима её предварительная обработка, чтобы полисахариды в клеточных стенках сырья стали пригодными для последующей стадии ферментативной деполимеризации [1]. Деполимеризация проводится в условиях культивирования на сырье микроорганизмов-продуцентов ферментов, либо обработкой сырья непосредственно ферментами, в основном, целлюлазами обладающими целлюлозолитической активностью с различными механизмами действия.

Практический интерес представляет переработка полимеров оболочки сои в пищевые волокна. В составе оболочки сои содержится значительное количество целлюлозы (см. таблицу 1).

Таблица 1

Содержание пищевых волокон в семенной оболочке сои [2]

Наименование компонента ПВ	Содержание, г/100г
Целлюлоза	21,4-23,8
Лигнин	4,3-4,7
Пектин	1,02-1,11

Целлюлоза, как объект для процесса деполимеризации является сложным и состоящим из различных по свойствам и морфологии участков.

Фибриллярная структура целлюлозы состоит из нескольких уровней иерархии (см. рисунок 1). Молекулы целлюлозы образуют элементарные фибриллы, диаметром до 3,5 нм которые объединяются в микрофибриллы диаметром до 35 нм. Микрофибриллы сплетаются в макрофибриллы толщиной до 400 нм. Самой крупной ступенью иерархии является целлюлозное волокно, диаметр которого может достигать 1 мкм [3-5].

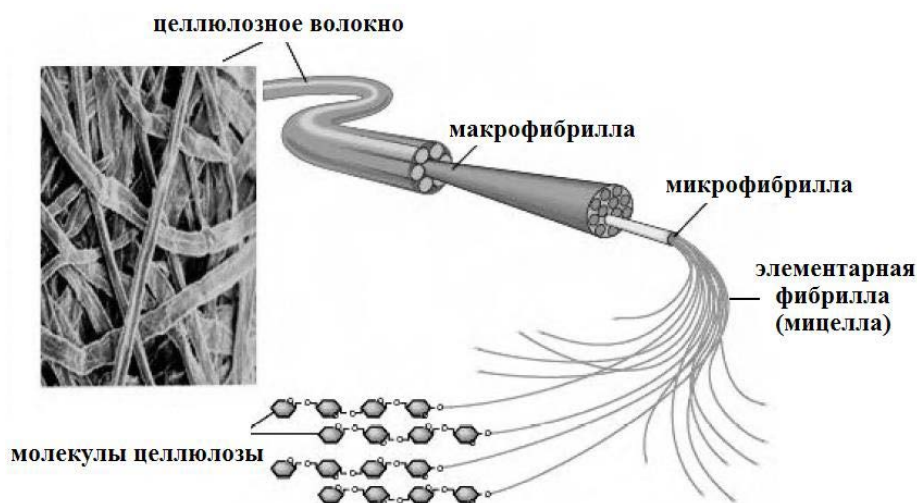


Рис. 1. Внешний вид и модельная структура целлюлозного волокна [6]

Согласно теории аморфно-кристаллического строения целлюлозы, ее цепные макромолекулы проходят в продольном направлении микрофибрилл, образуя чередующиеся участки, различающиеся степенью упорядоченности – кристаллические и аморфные. Кристаллические участки микрофибрилл характеризуется трехмерным порядком, который поддерживается за счет водородных связей и отвечают за прочность целлюлозы. В аморфных участках трехмерный порядок отсутствует, в этих участках легко могут происходить реакции взаимодействия целлюлозы с другими веществами. Поверхность раздела между фазами отсутствует, чередование участков не имеет определенной закономерности [7].

Процессы предварительной подготовки целлюлозосодержащего сырья к деполимеризации необходимо организовать так, чтобы в результате получить максимальное количество аморфных участков целлюлозы. По-видимому, это должно увеличить эффективность последующей ферментативной обработки.

Источниками ферментов-деструкторов целлюлозы являются микроорганизмы. Ферментативный гидролиз целлюлозы, в том числе находящейся в составе оболочки сои, можно осуществлять в более мягких условиях, чем кислотный или щелочной гидролиз.

Возможны два качественно различных результата ферментативной обработки целлюлозы: во-первых, полный гидролиз до глюкозы (требует взаимодействия эндо- и экзо-действующих ферментов); во-вторых, частичный гидролиз до образования целлоолигосахаридов различной длины. Для целенаправленного осуществления этих процессов требуются разные ферменты.

Эндо- β -1,4-глюканазы атакуют случайные аморфные участки целлюлозы, образуя олигосахариды различной длины. Экзоглюканазы действуют на восстанавливающие или невосстанавливающие концы целлюлозы, высвобождая либо целлобиозу (дисахарид, состоящий из двух остатков глюкозы, соединенных β -гликозидной связью), либо глюкозу. Экзоглюканазы могут также воздействовать на микрокристаллическую целлюлозу. Наконец, β -глюкозидазы гидролизуют растворимые целлоолигосахариды и целлобиозы до глюкозы [8].

Таким образом, различные по действию глюканазы находят применение в различных сферах: для осахаривания в получении биоэтанола; в производстве ксилоолигосахаридов (xylooligosaccharides - XOS), которые можно использовать в качестве пребиотиков в функциональных продуктах питания или в фармацевтической промышленности; в получении биосурфактантов - поверхностно-активных веществ, которые могут применяться в производстве продуктов питания, косметики, фармацевтики, а также для удаления различных токсичных веществ из сточных вод различного происхождения (промышленные, бытовые и др.), таких как тяжелые металлы [9].

Использование вариантов ферментативной обработки лигноцеллюлозного сырья, для установления влияния на выход редуцирующих веществ описано, например, в работе [10]. Авторы использовали для обработки сырья смесь ферментных препаратов: «Целлолюкс-А» (производитель ПО «Сиббиофарм», Бердск) и «Брюзайм BGX» (производитель «Polfa Tarchomin Pharmaceutical Works S.A.», Польша). Было установлено, что препарат «Целлолюкс-А» действо-

вал на структуру сырья как β -глюкозидаза для расщепления некрахмалистых полисахаридов, препарат «Брюзайм BGX» - как гемицеллюлаза. Технологически значимым фактором по мнению авторов является интенсификация предварительной промывки сырья, которая позволяет ферментам высвобождать из него больше редуцирующих веществ.

Комплексный состав сырья оказывает влияние на результат ферментативного гидролиза [11]. Так, например, при обработке соевой муки, содержащей 30% полисахаридов и 50% протеинов было установлено максимально быстрое накопление моносахаров при обработке смесью α -галактозидазы, пектиназы и ксиланазы. Исследователями было установлено, что скорость ферментативного гидролиза целлюлазой зависит от скорости гидролиза пектина, а также установлена относительно высокая скорость инактивации целлюлазы.

Информация о переработке лигноцеллюлозного сырья ферментативным способом носит эпизодический характер и заключается в описании отдельных проведенных в этой области исследований. Обзор микроорганизмов - продуцентов экзо- и эндо ферментов и существующих коммерческих ферментных препаратов целлюлаз позволит определить наиболее пригодные для обработки лигноцеллюлозного сырья ферменты. Интересным представляется формирование полноценного обзора технологически значимых факторов, применения биологических агентов и ферментных препаратов для различных лигноцеллюлозосодержащих материалов в зависимости от желаемого результата ферментации. Подобного рода обзор не был найден нами в научно-технической литературе.

Список литературы

1. R.G. Ferreira, A.R. Azzoni, S. Freitas On the production cost of lignocellulose-degrading enzymes Biofuels Bioprod. Biorefin., 15 (2021), pp. 85-99, [10.1002/bbb.2142](https://doi.org/10.1002/bbb.2142)
2. Скороходова Е.В. биотехнологические аспекты получения биологически активной добавки из семенной оболочки сои: автореф... дис. кан. био. наук. - Улан-Удэ: 2011 - 20с
3. Основы химии целлюлозы и древесины : учеб.-метод. пособие / Э. П. Терентьева, Н. К. Удовенко, Е. А. Павлова, Р. Г. Алиев ; С.-Петерб. гос. технолог. ун-т растительных полимеров. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГТУ РП, 2010. – 23 с
4. Bergenstrahle, M. Crystalline cellulose in bulk and at interfaces as studied by atomistic computer simulations / M. Bergenstrahle ; KTH School of Chemical Science and Engineering. – Stockholm, Sweden, 2008. – 67 p.
5. Chinga-Carrasco, G. Cellulose fibres, nanofibrils and microfibrils: The morphological sequence of MFC components from a plant physiology and fibre technology point of view / G. Chinga-Carrasco // Nanoscale Research Letters. – 2011. – Vol. 6. – P. 417.
6. Egal, M. M. [Structure and properties of cellulose/NaOH aqueous solutions, gels and generated objects](#) / M. M. Egal // Ecole des mines de Paris. – 2006. – P. 245-256.
7. Andersen, N. Enzymatic Hydrolysis of Cellulose / N. Andersen, E. H. Stenby, M. L. Michelsen, BioCentrum ; DTU Technical University of Denmark. – 2007. – URL: <https://www.docin.com/p-1484547930.html> (дата обращения: 20.02.2023).
8. Katarína Šuchová, Csaba Fehér, Jonas L. Ravn, Cellulose- and xylan degrading yeasts: Enzymes, applications and biotechnological potential // Biotechnology Advances, Vol 59, - 2022 P. 107981. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2022.107981>
9. N.T. Faria, S. Marques, C. Fonseca, F.C. Ferreira, Direct xylan conversion into glycolipid biosurfactants, mannosylerythritol lipids, by Pseudozyma antarctica PYCC 5048T // Enzym. Microb. Technol., 71 (2015), pp. 58-65, [10.1016/j.enzmictec.2014.10.008](https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2014.10.008)

10. Ферментативный гидролиз лигноцеллюлозных материалов в зависимости от способа их подготовки / Е.А. Скиба, Т.О. Момот, Н.В. Бычин, В.Н. Золотухин // Ползуновский вестник. – 2013. – № 3. – С. 197 – 201.

11. S. M. Mahfuzul Islam 1, Lu-Kwang Ju. Monomeric sugars from enzymatic processing of soy flour. Catalysis Communications, 161 (2021), 106359

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТИЛОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ

Д. А. Игнашкова, М. А. Вихрова, А. С. Авшалумов, Л. Д. Мухамедова,
А. А. Сачавский, С. В. Калёнов, Н. А. Суясов

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева», г. Москва, Россия

d.ignashkova@mail.ru

Аннотация: Данная работа посвящена выделению устойчивого бактериального консорциума бактерий, способных использовать метанол в качестве единственного источника углерода. Выделение происходило методом накопительных культур из образцов почв газодобывающих районов полуострова Ямал. Также были изучены морфологические свойства культур, выделен и исследован облигатный штамм метиловых бактерий.

Ключевые слова: бактериальное сообщество, метилотрофные микроорганизмы, полуостров Ямал.

INVESTIGATION OF METHYLOTROPHIC BACTERIA ISOLATED FROM THE SOILS OF THE YAMAL PENINSULA

D. A. Ignashkova, M. A. Vikhrova, A. S. Avshalumov, L. D. Mukhamedova, A. A. Sachavsky,
S. V. Kalenov, N. A. Suyasov

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

d.ignashkova@mail.ru

Abstract: This work is devoted to the isolation of a stable bacterial consortium of bacteria capable of using methanol as the only carbon source. The isolation was carried out by the method of accumulative crops from soil samples of gas-producing areas of the Yamal Peninsula. Morphological properties of cultures were also studied, an obligate strain of methylobacteria was isolated and investigated.

Keywords: bacterial community, methylotrophic microorganisms, Yamal Peninsula.

В течение длительного времени одной из главных мировых проблем остаётся проблема белкового голодания. Также учитывая сокращение импорта растительного белка, существует необходимость поиска альтернативных источников протеинов.

Дефицит кормового белка снижает эффективность работы животноводческих комплексов и птицефабрик, что отрицательно влияет на сбалансированность питания людей. Уже сейчас нехватка белка в России составляет 1–1,5 млн тонн. Данная проблема частично решается с помощью сельского хозяйства, однако богатые белком растения чувствительны к погодным условиям и темпера-

турным изменениям, а следовательно, не могут являться постоянным и надёжным решением проблемы. Поэтому перед исследователями стоит задача поиска новых альтернативных вариантов получения дешёвого и качественного кормового белка.

Современная наука, а именно биотехнология, позволяет получать белок из широкого ассортимента сырья [1]. Для любого производства необходимо, чтобы сырьё было недорогое и доступное. Такими источниками могут являться отходы перерабатывающей промышленности, например, молочной, мясной или мукомольной, а также отходы сельского хозяйства. Сущность такого метода заключается в повышении качества и полезности отходов производства при помощи микроорганизмов. Например, расщепления трудноусвояемых углеводов пивной дробины до легкоусвояемой сахаров комплексом микроорганизмов, в результате чего получают сбалансированный корм для сельскохозяйственных животных [2]. Однако, данные методы довольно-таки затратны. Наибольший приоритет получил метод получения микробного белка или так называемого «одноклеточного белка».

Одноклеточный белок – это общее название для необработанных и очищенных источников белка, получаемого из одноклеточных организмов. Он характеризуется хорошей масштабируемостью и возможностью контроля свойств конечного продукта в зависимости от его дальнейшего использования. Главными отличиями от методов переработки отходов с помощью микроорганизмов является отсутствие ограничений на объём продукции, а также возможность расположения независимо от предприятий, являющимися источниками отходов. Микробиологическое производство может находиться рядом с потребителем, в том числе рядом с фермами, что значительно повышает их автономность.

В качестве источников углерода для такого производства могут использоваться углекислый газ, газообразные углеводороды; например, метан, жидкие углеводороды, а также различные продукты их окисления. На первый взгляд одним из наилучших субстратов является метан: он доступен, относительно недорог, а также зачастую является чистым источником, что позволяет сократить расходы на очистку. Метан выделяется при газификации угля, а также является главным компонентом синтез-газа залежей нефти. Для биотехнологических нужд может использоваться метан, выделяемый при разложении отходов животноводческой отрасли, а также при разложении твёрдых бытовых отходов [3]. Следует отметить, что метан является одной из причин парникового эффекта, что даёт преимущество для утилизации его метанотрофными бактериями. Однако метан труднорастворимый в воде, а, следовательно, массоперенос такого процесса довольно медленный и энергозатратный. Также производство требует сложной технологии из-за того, что метан в смеси с воздухом в определенной концентрации взрывоопасен. Это создаёт дополнительные трудности при проектировании и эксплуатации оборудования, а, следовательно, растут и затраты.

Возникшие проблемы возможно решить при помощи использования метанола в качестве надёжного и доступного субстрата с высокой производительностью по одноклеточному белку. Спирт возможно получить из нефти, угля, древесины, а также из попутного газа. Метанол легко растворяется в воде и имеет

меньший окислительный потенциал в отличие от метана, из-за чего намного быстрее биоконвертируется в ключевые продукты метаболизма. Таким образом, использование метанола имеет большой потенциал. Следует отметить, что метанол является важным химическим сырьём и его производство с каждым годом растёт [3]. К недостаткам данного производства необходимо отнести токсичность и опасность для работников.

Во времена СССР было налажено производство по получению одноклеточного белка на основе биомассы метанотрофных бактерий, а также кормовых дрожжей на парафинах нефти. Получаемая продукция получила названия гаприн и паприн соответственно. Тогда же рассматривался вариант получения биомассы метилотрофных бактерий на метаноле. Гаприн обладает удивительными свойствами: в его составе отсутствует клетчатка, а доля чистого протеина составляет примерно 75%, что сопоставимо с рыбной мукой и во много раз превышает уровень сои (40%). Аминокислотный профиль также близок к рыбной муке, гаприн богат витаминами и микроэлементами, и полностью усваивается животными и рыбами. С 1985 по 1994 год на заводе в Светлом Яре Волгоградской области выпускали до 15 тыс. тонн гаприна в год [4]. К сожалению, проект перестал существовать в связи с появлением дешёвой сои из Америки. В наше время интерес к микробному белку заново возрастает. Открываются новые площадки и растут инвестиции.

В настоящее время на кафедре биотехнологии Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева было проведено исследование образцов почв, полученных из различных районов полуострова Ямал, с целью выделения и изучения сообщества метилотрофных бактерий, способного накапливать высокое количество белковых веществ в составе своей биомассы.

На Ямале сосредоточено более 50 газовых месторождений. Попутный газ способен диффундировать в почву, где может быть окислен микроорганизмами. Это делает полуостров Ямал привлекательным местом для поиска диких штаммов метиловых бактерий. Обычно в природе микроорганизмы встречаются в составе сообществ. Такой способ существования повышает сохранность от заражения, степень усвоения субстрата и удельную скорость роста. Это достигается способностью сопутствующих микроорганизмов утилизировать продукты метаболизма основного штамма – продуцента, тем самым уменьшая их ингибирующее действие на рост бактерий. Использование бактериальных консорциумов в производстве также позволяет снизить затраты на очистку субстрата. Например, для наращивания биомассы метилотрофов можно использовать технический метанол, содержащий примеси других спиртов. Факультативные бактерии, входящие в сообщество, будут усваивать альтернативные источники углерода, очищая тем самым субстрат [5].

Выделение бактериального сообщества осуществлялось последовательными пересевами с целью отсеивания посторонней микрофлоры. Источником углерода являлся технический метанол в концентрации 1%. Наблюдения проводились при различных температурах. Кислотность поддерживали в диапазоне 5,0–6,5 ед. В результате было получено 4 бактериальных сообщества. В них

встречаются схожие по морфологии колоний, которые были описаны и исследованы на возможность окисления иных источников углерода. В качестве субстратов были использованы глюкоза, метанол, этанол, изопропиловый спирт и н-бутанол. Высевы производились на чашки Петри с концентрацией исследуемого спирта 1 %. Данные исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика микробных сообществ

Микробный изолят	Макроморфология	Форма клеток	Взаимное расположение	Способность усваивать				
				Метанол	Этанол	Изопропанол	Н-бутанол	Глюкоза
Сообщество 1								
1	Розовые, гладкие края, выпуклый профиль, гладкая поверхность, форма колоний круглая	палочки	одиночные, иногда образуют цепочки	+	-	-	-	-
2	Бежевые, гладкие края, выпуклый профиль, поверхность гладкая	кокки	диплококки	+	-	-	-	+
3	Жёлтые, гладкие края, выпуклый профиль, глянцевая поверхность, форма колоний круглая	палочки	образуют цепочки	+	+	+	+	+
Сообщество 2								
1	Розовые, гладкие края, выпуклый профиль, гладкая поверхность, форма колоний круглая	палочки	одиночные, иногда образуют цепочки	+	-	-	-	-
2	Бежевые, гладкие края, выпуклый профиль, поверхность гладкая	кокки	диплококки	+	-	-	-	+
3	Жёлтые, гладкие края, выпуклый профиль, глянцевая поверхность, форма колоний круглая	палочки	образуют цепочки	+	+	+	+	+
4	Белые, гладкие края, круглая форма колоний, выпуклый профиль, глянцевые	палочки	одиночные, иногда образуют цепочки	-	+	-	+	+
5	Бело – желтые, гладкие края, плосковыпуклый профиль, матовые	палочки	одиночные	+	+	+	+	+
7	Бежево – прозрачные, профиль с вдавлением в центре, морщинистая поверхность	палочки	одиночные	+	+	+	+	+

Основным продуцентом является штамм, неспособный усваивать альтернативные источники углерода. Следует отметить, что некоторые культуры встречаются в двух сообществах, следовательно, можно предположить о их роли основных спутников. Также встречается бактериальный штамм, который не может расти на метаноле. Этот факт говорит о его способности использовать продукты метаболизма основного штамма – продуцента.

Следующим этапом исследования было выделение чистой культуры облигатных метиловых бактерий. Для этого осуществлялись последовательные пересевы на твердую питательную среду методом штриха. Получаемые единичные колонии подвергались дальнейшему пересеву.

Интересующий штамм был изучен на способность выдерживать различные концентрации метанола в среде. Метилотрофные бактерии способны расти при 2,5% метанола, однако оптимальным значением для максимального роста является 1% субстрата.

Также была проанализирована возможность усваивать альтернативные источники азота. В ходе проведения эксперимента микроорганизмы культивировались в среде, содержащей различные источники азота: без азота, сульфат аммония, нитрат калия, нитрит натрия, мочевины и нитрат аммония. Подтитровка производилась раствором гидроксида натрия. В результате было установлено, что наилучший рост наблюдался в колбах, содержащих нитрат аммония и сульфат аммония. Чуть медленнее бактерии росли в среде, содержащий нитрит калия, в остальных случаях рост практически не наблюдался либо был очень слабый. Таким образом, можно сделать вывод о необходимости присутствия азота в среде и лучшем освоении его в виде катиона аммония.

Таким образом, планируется дальнейшее изучение сообщества, подбор оптимального состава среды и изучение состава биомассы.

Список литературы

1. Vasey, R.B. Single-cell protein / R.B. Vasey, K. A. Powell // *Biotechnology and genetic engineering reviews*. – 1984. – Т. 2 – С. 285-311.
2. Гордин А. А. Производство кормового белка – стратегическая цель по импортозамещению / А. А. Гордин, А. В. Нечукин // *Экономика и управление: проблемы, решения*. – 2015. – С. 61-63.
3. Троценко, Ю.А. Аэробные метилотрофы – перспективные объекты современной биотехнологии / Ю. А. Троценко, М. Л. Торгонская // *Journal of Siberian Federal University*. – 2012. – С. 243-279.
4. Раздел Микробиологическая промышленность Строители России XX - XXI вв. Химический комплекс / В. А. Быков, А. А. Винаров, Н. б. Градова, Ю. В. Ковальский. // Мастер Москва, 2008.
5. Игнашкова Д.А., Сергеев Е.Е., Раков Н.О., Авшалумов А.С., Суясов Н.А. Исследование сообщества метилотрофных бактерий, выделенных из образцов почвы полуострова Ямал // *успехи в химии и химической технологии*. - Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева Москва, 2022. - том 36, с. 49-52.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АКВАТОРИИ ВОЛГИ

Л. М. Исмагилова, Д. В. Тунцев, Д. Р. Гильманова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
lilya090319901@gmail.com

Аннотация: Постоянные неконтролируемые промышленные сбросы предприятий являются основной причиной загрязнения акватории Волги. Некоторые показатели загрязнений по ПДК превышают норму в несколько десятков. Приведены некоторые меры по восстановлению и сохранению «водной артерии России».

Ключевые слова: водные ресурсы, стоки, водохранилище, качество воды, сине-зеленые водоросли, опасные загрязнения, акватория Волги, Куйбышевское водохранилище.

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE VOLGA WATER AREA

L. M. Ismagilova, D. V. Tunsev, D. R. Gilmanova

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Constant uncontrolled industrial discharges of enterprises are the main course of pollution of the Volga water area. Some indicators of pollution by MPC exceed the norm by several items. Some measures for the restoration and preservation of the "waterway of Russia" are given.

Keywords: water resources, effluent, water reservoir, water quality, Volga water area, Kuybyshevsky reservoir.

В современном мире сохранение акваторий пресных вод – одна из важнейших обязанностей человечества. Нерациональное использование водных ресурсов с каждым годом приводит к увеличению загрязнения рек, озер и мирового океана. Самой главной причиной загрязнения массива воды является неконтролируемые и неочищенные промышленные стоки. Большинство выбросов предприятий, попадающих напрямую в водоемы, приводит к постепенному ухудшению экологической ситуации, не рациональному использованию водных ресурсов.

Данная проблема не обходит и Россию. Несмотря на то, что наша страна обладает одним из самых больших запасов пресной воды в мире, примерно 70% рек и озер Российской Федерации из-за загрязнения и засорения все больше утрачивают качество воды, и как следствие, около половины населения страны потребляет загрязненную воду.

В европейской части Российской Федерации река Волга выполняет огромную роль по обеспечению населения пресной водой. Река занимает важное место

в жизни страны и считается главной «водной артерией», источником электроэнергии, естественной частью народного хозяйства и промышленности.

По оценкам экологов Волга очень загрязнена: объем сточных вод, которые сбрасываются в реку, составляет около 40% от общероссийского. А ежегодное попадание загрязняющих веществ в Волгу достигает 2,5 млн т. Согласно последним исследованиям, проведенным в акватории Волги, были выявлены проблемы загрязнения систем водохранилищ.

Так в Куйбышевском водохранилище сложная экологическая ситуация, в связи с высокой антропогенной нагрузкой, которая в основном отмечается в створах выпусков сточных вод больших промышленных городов. Постоянные промышленные сбросы, городские локальные ливневые и хозяйственно-бытовые стоки, имеющие в составе азот и фосфор, становятся причиной бурного роста сине-зеленых водорослей в летний период, что приводит к «цветению» берегов реки, а из-за их разложения выделяется разнообразная, в том числе, ядовитая органика, вследствие чего гибнут рыбы и птицы.

Воды Куйбышевского водохранилища по средним комплексным оценкам можно отнести к 3 «б» классу качества – «очень загрязненные», а некоторые пляжи относят к максимальным 5 и 6 классам. Если рассматривать ПДК (предельная допустимая концентрация) по содержанию загрязняющих веществ, то показатели превышают норму в несколько раз, а то и десятки раз.

Для предотвращения разрушительного процесса, уменьшения экологической нагрузки и стабилизации ситуации с водохранилищами необходимо предпринять следующие меры:

- реконструировать все водохранилища Волги с регулированием режима работы, согласно экологическим нормам и единым народнохозяйственным задачам;

- разработать и поддержать оптимальные подпорные уровни воды в водохранилище, которые решат не только задачи энергетики и водного транспорта, но и народнохозяйственные задачи,

- система глухих плотин должна быть ликвидирована;

- создать запретные зоны, в которых недопустимо применение вредных веществ, размещение складов с опасными веществами, нахождение промышленных предприятий и т.п.;

- важно выделять зоны жёсткого режима от 15 до 100 метров, где запрещается распашка, выпас и организация лагерей скота, строительство баз отдыха и палаточных городков;

- создать специальные зоны отдыха, с учетом всех требований к охране окружающей среды и водных ресурсов;

- усилить контроль по соблюдению мер со стороны государства, комплексно подойти к решению проблем, возникшие акватории Волги;

- создание многоцелевой электростанции, которая будет работать на возобновляемых источниках энергии, тем самым позволить остановить разрушение экологических систем;

- экономически поддержать биологические технологии по очистке крупных водоемов от приоритетных, биогенных и органических токсикантов.

Учитывая, что создание даже одного водохранилища или гидроэлектростанции может сильно влиять на экосистему реки, необходимо обдуманно подходить к решению поставленных задач по улучшению качества воды и не забывать об экологических проблемах водного пространства, чтобы в будущем не вызвать более разрушительного последствия для человечества.

Разумный подход к управлению водными ресурсами стало важной частью строительства различных предприятий. Благодаря федеральной программе «Оздоровление Волги» и национальному проекту «Экология» были реконструированы и построены очистные сооружения, были произведены ликвидация накопленного экологического ущерба, поднятие затонувших судов, рекультивация иловых полей.

Необходимо принимать серьезные меры по улучшению качества воды в водохранилищах рек, иначе мы попадем в сложную экологическую ситуацию, из которой с каждым годом будет сложнее выбраться.

Список литературы

1. Арсеньев, Г.С. Основы управления водными ресурсами водохранилищ [Учебное пособие]/ Г.С. Арсеньев. // Санкт-Петербург: Российский государственный гидрометеорологический университет. - 2003. – С. 78.
2. Козлов, Д.В. Водное хозяйство. Ч.1. Водоохранилища [Учебное пособие]/ Д.В. Козлов // МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ. - 2020. - С. 53.
3. Курнева, Е.Ю. Снижение уровня воздействия очистных сооружений водопровода на природную среду и риска техногенной чрезвычайной ситуации [Автореферат]/ Ю.В. Курнева // Новочеркасск. - 2001. – С. 22.
4. Максимов, В. Ф. Введение в специальность [Учебник] /В.Ф. Максимов // Л.: Химия. – 1988. – С. 168.
5. Социальный образовательный проект «Страна экологических троп» - Москва. -URL: <https://eco.rosuchebnik.ru/history/sistema-vodokhranilishch-na-volge-energeticheskaya-tsennost-ili-gibel-reki-361413/>
6. Greenologia - Журнал о качестве жизни. - URL: <https://greenologia.ru/eko-problemy/gidrosfera/reka-volga.html>
7. Игнатов, А.В. Эколого-экономические аспекты управления водопользованием / А.В. Игнатов // Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН. - 2002. – С. 168.
8. Васильев, А.В. Проблемы обеспечения качества воды Куйбышевского водохранилища в районе города Тольятти / А.В. Васильев, В.В. Заболотских, О.В. Бынина // Материалы международной конференции «Экологические проблемы бассейнов крупных рек». – 2018. – С. 48-50.
9. Анциферов, А.В. Реконструкция промышленных очистных сооружений с использованием биореакторов / А.В. Анциферов, В.М. Филенков, А.Л. Каплан, А.В. Васильев // Безопасность в техносфере. – 2009. - №3. –С. 42-45.
10. Карманова, А.А. Глобальная водная проблема / А.А. Карманова // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». - №1. – 2001. – С. 64-69.
11. Шикламанов, И.А. Мировые водные ресурсы в начале XXI века в условиях повышения эффективности использования пресных вод / И.А. Шикламанов // Водные ресурсы – проблема XXI века. – ВМО. - №959. – 2004. – С. 135-157.

12. Хайруллина, Э.Р. Эффективность применения предварительной обработки древесного наполнителя в производстве древесно-цементной композиции / Э.Р. Хайруллина, Р.Г. Сафин, Д.В. Тунцев // Системы. Методы. Технологии. – 2021. - №3 (51). – С. 85-91.
13. Подураева, В.В. Экологическая политика и система экологического менеджмента ОАО «АВТОВАЗ». / В.В. Подураева, А.В. Васильев // Материалы IV Международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции). – 2023. – С.161-163.

ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭКСТРАКТОВ ЦВЕТОВ БАРХАТЦЕВ РАСПРОСТЁРТЫХ (*TAGETES PATULA*)

К. Ш. Казимова, А. С. Черникова, Ф. Ю. Ахмадуллина, Ю. В. Щербакова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

ИОФХ им А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение ФИЦ
КазНЦ РАН, г. Казань, Россия
camilakazimova@yandex.ru

Аннотация: В работе приведены результаты по экстрагированию сушёных цветов бархатцев распротёртых при различных условиях, что позволило установить режим процесса экстракции. Оценка интегральной антиоксидантной активности водных экстрактов изучаемого фитосырья показала, что она в 9 раз превышает антиоксидантную ёмкость стандарта (рутин).

Ключевые слова: экстракция, мацерация, оптимальный режим, антиоксидантная активность, кулонометрическое титрование.

EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF WATER-SOLUBLE COMPONENTS OF FLOWER EXTRACTS OF *TAGETES PATULA*

K. Sh. Kazimova, A. S. Chernikova, F. Yu. Akhmadullina, Yu. V. Shcherbakova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technological University», Kazan, Russia

IOPC named after A.E. Arbuzov - isolated structural subdivision of FRC KazSC RAS, Kazan, Russia

Annotation: The paper presents the results of the extraction of dried marigold flowers under various conditions, which made it possible to establish the mode of the extraction process. Evaluation of the integral antioxidant activity of aqueous extracts of the studied raw materials showed that it is 9 times higher than the antioxidant capacity of the standard (rutin).

Keywords: extraction, maceration, optimal mode, antioxidant activity, coulometric titration.

Не вызывает сомнения необходимость повышения защиты внутренней среды современного человека, учитывая не только напряжённый жизненный ритм, но и небезопасные экологические условия. Пути решения проблемы на сегодняшний день – обогащение рациона человека продуктами питания, обладающими высокой антиоксидантной активностью, а также применение препаратов лечебно-профилактического назначения. В настоящее время последним уделяется повышенное внимание и, в первую очередь, адаптогенам на основе нетрадиционного фитосырья, адаптированных к местным условиям произрастания и

отличающихся быстрым ростом. Этим требованиям в полной мере отвечают бархатцы, и, как показали проведённые в последнее время исследования, экстракты на их основе характеризуются значительной антиоксидантной ёмкостью, что подтверждает актуальность целенаправленного и системного изучения данного вида растительного сырья.

Цель работы – скрининг рациональных условий процесса экстракции цветов бархатцев распротёртых и оценка антиоксидантной активности водных экстрактов на их основе.

Объект исследования – водные экстракты сушёных цветов бархатцев распротёртых сорта «Кармен».

Сушку фитосырья осуществляли в естественных условиях, исключая прямое воздействие солнечных лучей.

Экстракцию проводили методом мацерации с перемешиваем [1]. При выборе режима экстрагирования основное внимание уделялось следующим параметрам: гидромодуль, температура, интенсивность перемешивания, продолжительность.

Работа проводилась в 2 этапа. Первый включал изыскание оптимальных условий проведения процесса экстракции; на втором определяли биохимическую ценность водных экстрактов, полученных при выбранном режиме экстрагирования.

Выбор режима проводили не по традиционному показателю – сухому остатку экстрактивных веществ (АСВ) [2], а по данным интегральной антиоксидантной активности (ИАА) водных экстрактов изучаемого фитосырья, полученных при соответствующих условиях. Считаем такой подход более корректным: и следует ожидать получения более достоверных результатов, учитывая возможность выделения в водный экстракт балластных веществ, а также протекания процессов механо- и термодеструкции, приводящих к разрушению неустойчивых биологически активных веществ. Поэтому скрининг режима процесса экстракции проводили по приведённым характеристикам ИАА в каждом опыте, равной:

$$\text{ИАА}_{\text{пр}} = \text{ИАА}_{\text{ср}} / \text{АСВ}$$

Определение ИАА осуществляли методом кулонометрического титрования электрогенерированным бромом. Его выбор был обусловлен рядом преимуществ [3].

Кратность проведения экспериментальных работ по получению экстрактов и аналитического проведения ИАА соответственно составила не менее 3 повторностей.

На основании серии экспериментов (рис.1-3) были установлены оптимальные условия получения водных экстрактов сушёных цветов бархатцев распротёртых (*Tagetes patula*).

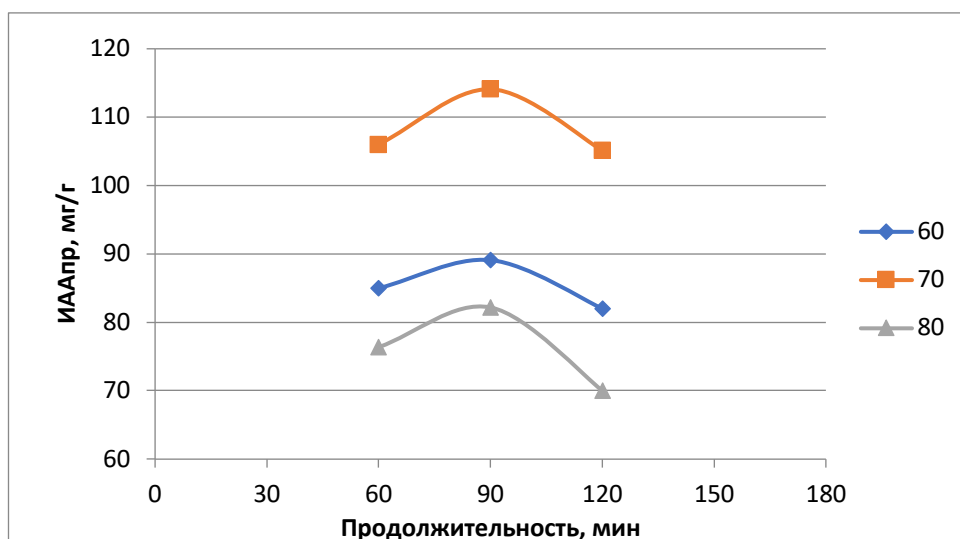


Рис. 1. Влияние продолжительности процесса экстракции на ИАА: гидромодуль 1:50, интенсивность перемешивания – 500 об/мин, размер частиц – 5 мм

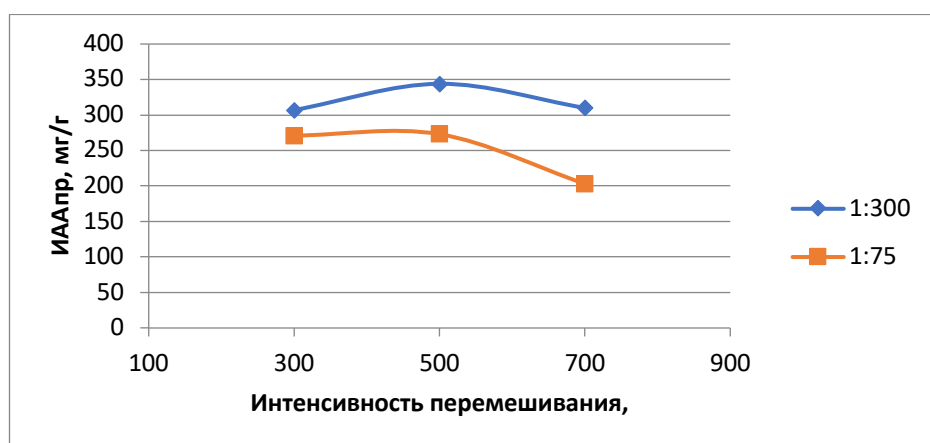


Рис. 2. Влияние интенсивности перемешивания на ИАА: температура – 70 °С, размер частиц – 5 мм

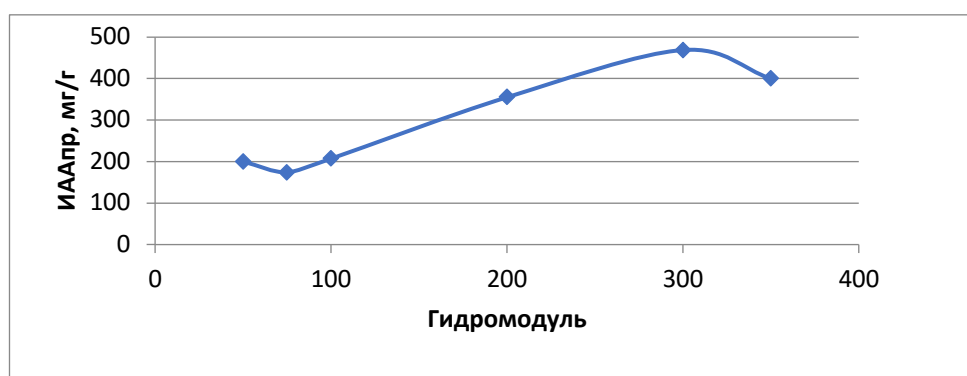


Рис. 3. Влияние гидромодуля на ИАА: температура – 70 °С, интенсивность перемешивания – 500 об/мин, размер частиц – 5 мм

Установлены параметры оптимального режима экстракции: температура – 70 °С, интенсивность перемешивания – 500 об/мин, гидромодуль – 1:300, продолжительность процесса – 1,5 часа, размер частиц – 5 мм.

Последующая оценка противоокислительных свойств водных экстрактов, полученных при этом режиме, показала их высокую антиоксидантную активность, которая более чем в 9 раз превышает антиоксидантную ёмкость стандарта (рутин). Таким образом, проведенные исследования однозначно подтвердили необходимость и целесообразность изучения биохимических свойств данного нетрадиционного сырья и последующего получения на его основе препаратов целевой направленности.

Список литературы

1. Казимова К.Ш., Растегаев Е.К., Щербакова Ю.В., Никитин Е.Н., Ахмадуллина Ф.Ю. Оценка влияния метода экстрагирования на антиоксидантную активность этанольных экстрактов плодов аронии черноплодной (*Aronia melanocarpa*). Бутлеровские сообщения. 2022 Т.72. №12. С.170-175.DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/22-72-12-1703.
2. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.58-08 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли влаги в твердых и жидких отходах производства и потребления, почвах, осадках, шламах, активном иле, донных отложениях гравиметрическим методом (Изд. 2017 г.).
3. Щербакова Ю.В., Ахмадуллина Ф.Ю., Егорова Е.А. , Перспективы использования метода гальваностатической кулонометрии для оценки интегральной антиоксидантной активности молока и кисломолочной продукции / . 2019, с.132-8,25

ФИЛЬТРАТ БАРДЫ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

А. Р. Касимова, В. В. Кириченко, И. Р. Исламгулов, С. Г. Мухачев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
aidakasimova06032000@gmail.com

Аннотация: установлена необходимость переработки основного отхода спиртового производства – спиртовой барды. В данной работе рассмотрены способы утилизации спиртовой барды, их преимущества и недостатки. Наиболее перспективными методами выделены использование спиртовой барды в качестве органического удобрения и в качестве пищевой добавки в корм сельскохозяйственным животным.

Ключевые слова: спиртовая барда, утилизация, удобрение, корм, дрожжи, кормовой белок.

BARDA FILTRATE AND ITS USE

A. R. Kasymova, V. V. Kirichenko, I. R. Islamgulov, S. G. Mukhachev

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
aidakasimova06032000@gmail.com

Abstract: the necessity of processing the main waste of alcohol production – alcohol bard has been established. In this paper, the methods of disposal of alcoholic bard, their advantages and disadvantages are considered. The most promising methods are the use of alcohol bard as an organic fertilizer and as a food additive in the feed of farm animals.

Keywords: alcohol bard, utilization, fertilizer, feed, yeast, feed protein.

Послеспиртовая барда является крупнотоннажным отходом спиртового производства. Она представляет собой суспензию светло-коричневого цвета с характерным «хлебным» запахом, содержащую около 6–8% сухих веществ, а именно: сырой протеин (26–28%), клетчатку (20%), золу (5,5%), безазотистые экстрактивные вещества (21%), липиды (3,5%) и химические компоненты (азот, фосфор, калий и др.) [1]. Количество спиртовой барды, образуемой при производстве 1 литра спирта, доходит до 12–13 л [2]. Такие большие объемы отходов спиртового производства требуют нахождения путей их утилизации.

Переработка спиртовой барды необходима для каждого промышленного предприятия, которая занимается выпуском этилового спирта, об этом гласит Федеральный закон от 22 ноября 1995 г. №171–ФЗ. К 1 января 2008 года все предприятия, занимающиеся производством спирта, должны были приобрести и установить оборудование для переработки барды [3]. С 1 января 2009 года (1 января 2010 года в связи с кризисом) по закону №102–ФЗ стало необходимым использование линий по переработке послеспиртовой барды [4].

Существует несколько способов утилизации спиртовой барды. Важно отметить, что возможно использование как спиртовой барды, так и её фильтрата. Например, в статье [5] предлагается использование послеспиртовой барды в качестве жидкого органического удобрения. Применение барды на кормовых угодьях в малых нормах 30 и 60 т/га положительно отразилось на росте и развитии растений. Без удобрения земель урожайность на опытном участке составляла 5,7 ц/га, после внесения барды в количествах 30 т/га и 60 т/га урожайность повысилась в сравнении с контролем на 3,5 ц/га и 4,1 ц/га соответственно. Однако внесение барды в почву в количестве, превышающем 60 т/га, негативно сказывается на флористическом составе земель. А именно, понижается количество злаковых и бобовых растений, следовательно, снижается ценность пастбищ. Также возможно подкисление почв при постоянном использовании барды в качестве нетрадиционного удобрения. В исследованиях [6] при внесении барды в количествах 312 кг на 90 м², в первый год наблюдалось незначительное изменение кислотности почв: с 6,53 ед в контроле, до 6,31 ед в опыте. При внесении на экспериментальный участок тех же количеств альтернативного удобрения в следующем году, рН снизилось до 5,95 ед, что создает вероятность подкисления почв, и как следствие, снижение усвояемости культурами минеральных удобрений.

Послеспиртовую барду активно используют в качестве кормовой добавки, так как она содержит большое количество протеина. Роль протеина в питании сельскохозяйственных животных очень велика, и его низкое содержание в рационе негативно влияет на качество целевого продукта, также снижается продуктивность, увеличивается продолжительность выращивания и откорма скота [7]. Барду в корм можно вносить несколькими способами.

Отход спиртового производства утилизируют на животноводческих фермах, скармливая её скоту в сыром виде. Горячей свежей бардой, предварительно нейтрализованной мелом (в пропорции 50 г мела на 100 л барды), обваривают грубые корма: солому и сено. Далее её выдают взрослым животным на откорме – до 70, дойным коровам – до 30, растущему молодняку до – 15, молодняку на откорме – до 55 л на голову в сутки, соответственно.

У этого метода несколько недостатков:

1. Сложность в транспортировке;
2. Недолгий срок хранения, так как свежая барда быстро портится при контакте с воздухом [8].

Скорая порча барды объясняется тем, что она содержит огромное количество питательных веществ, микро- и макроэлементов, что является отличной средой для размножения посторонней микрофлоры. При температуре окружающей среды 15–30°C, хватает нескольких часов [9], чтобы барда стала непригодна для использования. По этой причине, барду могут использовать только те фермы, которые расположены недалеко от промышленных предприятий, так как необходимо транспортировать отход как можно в менее короткие сроки, до его порчи.

В настоящее время наиболее перспективным и развивающимся способом переработки спиртовой барды можно назвать её применение в производстве кормового белка. Здесь отходы спиртового производства используются в качестве питательной среды для развития микроорганизмов (преимущественно, дрожжей), которые служат источником кормового белка.

Существует три вида кормовых дрожжей: классические кормовые дрожжи, белково–витаминный концентрат (БВК) и гидролизные дрожжи. Они различаются по виду потребляемого субстрата. Так, классические кормовые дрожжи культивируют на послеспиртовой барде, БВК – на органических спиртах, природном газе и отходах нефтеперерабатывающих производств, а гидролизные дрожжи – на растительных и древесных отходах (древесные опилки и щепа, зерновые отходы и т.д.) [6].

Стоит отметить, что готовые кормовые продукты из разного сырья отличаются друг от друга химическим составом, количеством и соотношением питательных веществ, концентрацией протеина. В зависимости от штамма дрожжей, питательной среды и режимов культивирования, содержание протеина может варьироваться от 35–55%. Белково–витаминный концентрат содержит наибольшее количество протеина (42–60,5%) по сравнению с классическими и гидролизными дрожжами при одинаковых условиях культивирования. В классических кормовых дрожжах низкая концентрацией пуриновых (2–6%) и пиримидиновых оснований (0–3%), что делает их наиболее безопасными. Также они в небольшом количестве содержат золу, богатую на макро- и микроэлементы. Гидролизные дрожжи, в свою очередь, богаты пищевыми волокнами (2,9 г/кг) и насыщенными жирными кислотами (590 мг/кг) [10].

Преимущественно культивируют дрожжи рода *Candida*, так как они не являются патогенными, обеспечивают полную переработку барды и высокое содержание белка в конечном продукте [1]. В результате ферментации из 1 м³ нативной барды можно получить до 14–21 кг сухих кормовых дрожжей, содержащих 47–56% сырого протеина [11]. Кормовые дрожжи богаты на белки, аминокислоты, витамины, жирные кислоты и микроэлементы. Данная пищевая добавка не только положительно влияет на прирост биомассы сельскохозяйственных животных, но и снижает затраты на корм. Несмотря на высокую прогрессивность этого метода, технология переработки барды с использованием культур микроорганизмов требует больших материальных вложений и затрат энергии на культивирование дрожжей [1].

В статье [12] представлен практический эксперимент, в котором в корм молодняка уток вводилась сухая послеспиртовая барда из зерна кукурузы. Было установлено, что применение барды в кормлении уток в количестве 3 и 6% от массы комбикорма вместо подсолнечного шрота способствует увеличению живой массы молодняка птиц на 2,6 и 4,1% соответственно. Увеличение содержания сухой барды в комбикормах утят с 3 до 6% не приводило к снижению сохранности цыплят и находилось на уровне 96,7%.

В ходе проведенного литературного обзора были изучены способы переработки спиртовой барды (её фильтрата). Утилизация данного отхода спиртового производства описанными методами наиболее рациональна и перспективна, выгодна в экономическом плане и безопасна в экологическом. Благодаря биоконверсии фильтрата барды в кормовой белок и использовании ее в качестве альтернативного органического удобрения, снижается экологическая нагрузка на очистные сооружения и проводится глубокая переработка зерна.

Список литературы

1. Евдокимов, Н.С. Барда спиртовая как субстрат для микробиологической переработки / Н. С. Евдокимов, Ю. В. Самарская, А. С. Абдрахманова, Ю. В. Агаева // Безопасность городской среды: Материалы VI Международной научно-практической конференции. – Омск: Омский государственный технический университет, 2019. – С. 207-210.
2. Дыганова, Р.Я. Разработка методики выбора технологий переработки отходов спиртовой промышленности как инструмента экологического менеджмента / Р.Я. Дыганова, Ю.С. Беляева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 4 (2). – С. 1728-1736.
3. Эркинов, А.А. Выход кормового белка из отходов спиртового производства / А. А. Эркинов, И. Р. Исламгулов, Ш. Ш. Холмухаммедов, Ш. С. Ражабов // Пищевые технологии и биотехнологии: Материалы XVII Всероссийской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, посвященная Году науки и технологий в Российской Федерации. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2021. – С. 529-532.
4. Кузнецов, А.Е. Прикладная экобиотехнология [Электронный ресурс] учебное пособие: в 2 т. Т. 1 / А. Е. Кузнецов [и др.]. — М.: БИНОМ, 2015. — 363с.
5. Ушаков, О. В. Экономика применения отходов спиртового производства в качестве жидких органических удобрений на кормовых угодьях / О. В. Ушаков, Е. Н. Закабунина, Е. Е. Можаяев // Вестник Екатеринбургского института. – 2021. – № 1(53). – С. 84-93.
6. Евдакова, М. В. Оценка воздействия альтернативных удобрений на биологическую активность почвы и продуктивность тимофеевки луговой / М. В. Евдакова, А. Г. Гурин // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 5(80). – С. 10-17.
7. Исследование питательной ценности и безопасности кормов, произведенных из отходов спиртовых производств / А. А. Саматова [и др.]// Ветеринарный врач. – 2021. – № 2. – С. 50-54.
8. Кузнецова, Д. П. Перспективное направление переработки отходов производства спирта / Д. П. Кузнецова, О. Н. Калинихин // Обращение с отходами: современное состояние и перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021. – С. 140-146.
9. Джанаева, Е. Э. Биоконверсия спиртовой барды в белковый кормовой продукт / Е. Э. Джанаева // Научные труды студентов Горского государственного аграрного университета. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2021. – Т.58– №1 – С. 264-265.
10. Сторчак, Е. Е. Использование дрожжей как источника белка / Е. Е. Сторчак // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам XII Всероссийской конференции молодых ученых. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 399-400.
11. Кузнецов, А.Е. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. Т. 1 / А.Е. Кузнецов [др.] – 3-е изд. (электронное) – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – С. 363
12. Погосян, Д. Г. Использование сухой барды при откорме утят / Д. Г. Погосян // Сурский вестник. – 2021. – № 4(16). – С. 16-21.

МИКРОБНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА

Н. И. Кириллова, И. И. Калашникова, Т. В. Вдовина, А. С. Сироткин

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

e-mail: Nadyakirillova13@gmail.com

Аннотация: Ключевым этапом процесса биологического удаления азота из сточных вод является окисление аммиака, который включает в себя различные метаболические процессы, сочетающие автотрофную и гетеротрофную биотрансформацию ионов аммония в аэробных или анаэробных условиях. Биотрансформация соединений азота представляет собой их микробные превращения в метаболиты под действием функциональных ферментов и генов. В статье рассмотрены новые пути окисления аммиака и микроорганизмы, осуществляющие данные процессы.

Ключевые слова: биологические процессы удаления азота, автотрофная нитрификация, гетеротрофная нитрификация, денитрификация, биотрансформация азота, очистка сточных вод.

MICROBIAL TRANSFORMATION OF NITROGEN COMPOUNDS

N. I. Kirillova, I. I. Kalashnikova, T. V. Vdovina, A. S. Sirotkin

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Oxidation of ammonia is the central step in the biological nitrogen removal process from wastewater, which includes various metabolic biological processes. It is combine autotrophic and heterotrophic ammonia oxidation under aerobic or anaerobic conditions. Biotransformation is microbial conversion of nitrogen compounds into metabolites under the effect of functional enzymes and genes. The article discusses new pathways of ammonia oxidation and microorganisms leading this process.

Keywords: biological nitrogen removal processes, autotrophic nitrification, heterotrophic nitrification, denitrification, nitrogen biotransformation, wastewater treatment.

Успешное протекание процесса биологического удаления аммонийного азота на очистных сооружениях способствует предотвращению эвтрофикации в естественных водоемах. В биологических подходах используются определенные группы микроорганизмов, участвующих в круговороте азота. В целом, процессы биотрансформации соединений азота на очистных сооружениях включают в себя окисление аммиака до нитрит-ионов, а затем до нитрат-ионов аэробными хемолитоавтотрофными нитрифицирующими микроорганизмами и денитрификацию, при которой продукты нитрификации восстанавливаются до газообразного азота (N₂) в анаэробных условиях [1].

В последнее время понимание круговорота азота резко изменилось в связи с открытием некоторых новых аммоний-окисляющих микроорганизмов. Помимо автотрофного окисления аммиака и Анаммох-процесса, превращение аммиака в нитрит-ионы может осуществляться гетеротрофными нитрификаторами при наличии внешнего источника энергии, а также аммоний окисляющими археями [2].

Согласно современным исследованиям, протекание микробного окисления аммонийного азота в технологиях очистки сточных вод возможно следующими путями:

1. Автотрофное аэробное окисление аммиака аммоний-окисляющими бактериями (АОБ), или археями (АОА), или полным бактериальным окислением аммиака (Comammox).
2. Автотрофное окисление аммиака анаэробными бактериями (АОБ) (Anammox).
3. Гетеротрофное аэробное окисление аммиака (или гетеротрофная нитрификация) гетеротрофными нитрифицирующими бактериями (ГНБ).

Биотрансформация соединений азота представляет собой их микробные превращения в метаболиты под действием функциональных ферментов и генов. Первоначально автотрофное окисление аммиака, вызываемое АОБ, считалось единственным и часто ограничивающим скорость всего процесса этапом нитрификации. На первом этапе аммиак (NH_3) окисляется до гидроксиламина (NH_2OH) с помощью фермента аммиакмонооксигеназа, на втором – гидроксиламин окисляется до NO_2^- посредством катализа гидроксиламиноксиоредуктазой, затем в присутствии фермента нитритоксиоредуктаза образовавшийся нитрит окисляется до нитрата. Осуществлять автотрофную нитрификацию способны аммонийокисляющие бактерии pp *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* и *Nitrospira* и нитритокисляющие бактерии pp. *Nitrobacter*, *Nitrospina*, *Nitrococcus*, *Nitrospira*.

Механизм окисления аммиака, используемый автотрофными аммоний-окисляющими археями, описан лишь частично, но, по-видимому, он отличается от пути, используемого бактериями. Большинство идентифицированных к настоящему времени аммоний-окисляющих архей (АОА) до конца не охарактеризованы в связи с тем, что получить чистые культуры этих организмов крайне сложно. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что АОА являются главным образом хемолитоавтотрофами [3]. АОА, осуществляющие нитрификацию, относятся к родам *Nitrosopumilus maritimus*, *Nitrosocaldus yellowstonii*, *Nitrosotalea devanattera*, *Nitrocosmicus oleophilus*.

Недавно обнаруженный процесс полного окисления аммиака (Comammox) изменил представление о двухстадийной нитрификации. Comammox представляет собой процесс прямого превращения аммиака в нитраты с помощью одного микроорганизма, принадлежащего к семейству *Nitrospira*. Этот вид обладает ферментами, осуществляющими как окисление аммиака, так и с окисление нитритов [3].

Анаммох бактерии способны окислять аммиак, используя нитрит в качестве окислителя, и образовывать газообразный азот в качестве конечного продукта. Предполагается, что Анаммох процесс протекает в три этапа: сначала

NO_2^- восстанавливается до NO при помощи фермента нитритредуктазы, затем гидразинсинтаза объединяет NH_3 и NO с образованием промежуточного соединения гидразина, который окисляется гидразиндегидрогеназой до N_2 . На сегодняшний день выделено и описано несколько видов бактерий, способных к Анаммох, например, *Candidatus Kuenenia*, *Candidatus Brocadia*, *Candidatus Anammoxoglobus* [4].

В большинстве случаев гетеротрофные нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак до газообразных оксидов азота или газообразного азота путем полной нитрификации. Некоторые штаммы могут непосредственно окислять аммиак до газообразного азота через гидраксилламин, а не нитрит/нитрат. Нитрификация аммиака с биотрансформацией аммиачного азота в его окисленные формы является основным механизмом снижения концентрации аммиачного азота во многих системах очистки. Общий путь превращения азота представлен на рисунке 1.

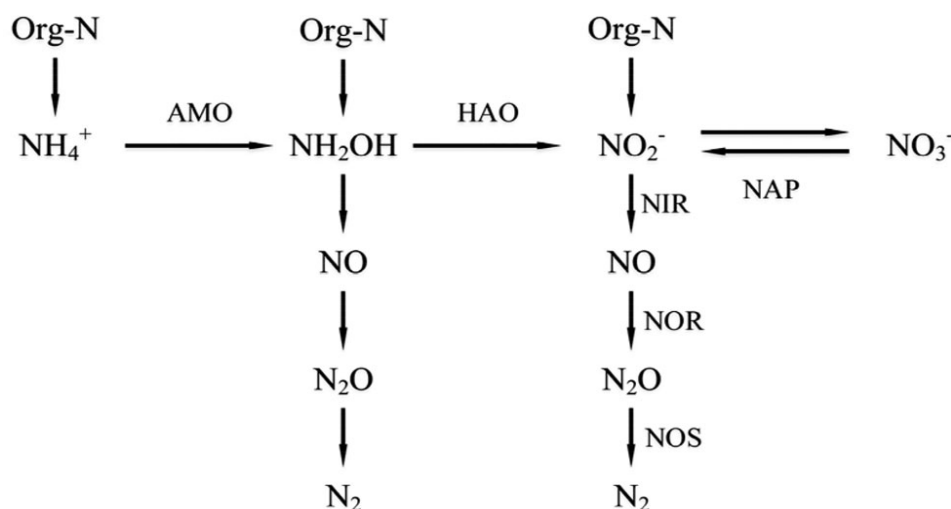


Рис. 1. Пути микробной трансформации азота (ферменты:

АМО = аммониймонооксигеназа, НАО = гидроксилламинооксидредуктаза, NIR = нитритредуктаза, NOR = редуктаза оксида азота, NOS = редуктаза закиси азота)

Исследовано и идентифицировано большое количество бактерий, способных к гетеротрофной нитрификации. Процессы дыхания, нитрификации и денитрификации могут протекать одновременно в присутствии кислорода и аммиака. В ходе ферментативной реакции с аммоний-монооксигеназой аммиак первоначально окисляется до гидроксилламина, который последовательно окисляется до нитрит-ионов с помощью фермента гидроксилламин-оксидоредуктазы (рис. 1) [5]. Осуществлять гетеротрофную нитрификацию способны бактерии родов *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Corynebacterium*, *Nocardia* и отдельные виды грибов родов *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*.

Одновременно с нитрификацией возможен процесс аэробной денитрификации, в котором нитрат-ион преобразуется в молекулярный азот через промежуточные соединения – нитрит-ион, оксид азота и закись азота. Денитрификация

осуществляется факультативными гетеротрофами: в качестве акцептора электронов может использоваться как кислород, так и нитраты. К денитрификации способны различные организмы, такие, как органотрофы (например, pp *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Agrobacterium*, *Flavobacterium*, *Propionibacterium*, *Vibrio*, хемолитотрофы (например, pp. *Thiobacillus*, *Thiomicrospira*, *Nitrosomonas*), фотолитотрофы (например, р *Rhodopseudomonas*), diaзотрофы (например, pp. *Rhizobium*, *Azospirillum*), археи (например, р. *Halobacterium*) и другие, такие как *Paracoccus* или *Neisseria*.

Между хемолитоавтотрофными аммоний-окисляющими и гетеротрофными аммоний-окисляющими прокариотами имеются существенные различия (таблица 1). Процесс биологического удаления азота с преобладанием гетеротрофных нитрифицирующих бактерий для очистки сточных вод обеспечит явные преимущества по сравнению с автотрофными процессами окисления аммиака, включая одновременное удаление органических веществ, высокие скорость роста и метаболическую активность [5].

Таблица 1

Сравнение процессов гетеротрофной и автотрофной нитрификации

Параметр	Гетеротрофная нитрификация	Автотрофная нитрификация	Источник
Источник энергии	органический углерод	окисление аммиака	Zhang, Zheng, 2020 [2]
Удельная скорость роста, ч ⁻¹	0,18-0,45	0,03-0,05	Lei et al., 2019 [6]
Оптимальный диапазон pH	5,0-10,0	7,5-8,0	Duan et al., 2021[5]
Оптимальный диапазон температур, °C	20-40	25-30	Duan et al., 2021[5]
Потребность в растворенном кислороде, мг/л	0,5-4,0	< 2,0	Zhang, Zheng, 2020 [2]

Согласно ряду исследований, оптимальными источниками углерода для большинства ГНБ являются сукцинат, цитрат, ацетат, глюкоза и пируват. При этом оптимальное соотношение C/N для большинства ГНБ составляет 10, что согласуется со значениями (8-10) для обычных гетеротрофных бактерий [7].

Типичная аэробная автотрофная нитрификация превращает большую часть аммиака в нитриты/нитраты, что приводит к низкой эффективности удаления общего азота. Напротив, при гетеротрофной нитрификации достигается 50-99% общей эффективности удаления азота за счет аэробной денитрификации, в ходе которой 19-80% исходного аммиака превращается в газообразный азот.

Заключение

Открытие и изучение новых групп нитрифицирующих бактерий реформирует традиционное представление о том, что окисление аммиака осуществляется только автотрофными микроорганизмами, окисляющими аммиак. В соответствии с этим, в целом, расширяются знания о взаимоотношениях в составе микробных сообществ в системах очистки сточных вод.

Поскольку применение ГНБ определяет очевидные технологические преимущества по сравнению с автотрофными микроорганизмами, окисляющими аммиак, существует необходимость в формировании специфического аммонийнокисляющего микробного сообщества и определении условий его культивирования, а также в оценке вклада ГНБ в процесс окисления и трансформации аммиака в системах биологической очистки сточных вод.

Список литературы

1. Holmes, D.E. Nitrogen cycling during wastewater treatment / D.E. Holmes, Y. Dang, J.A. Smith // *Advances in Applied Microbiology*. – 2019. – V. 106. – p. 113-192.
2. Zhang, X. Effect of dissolved oxygen concentration (microaerobic and aerobic) on community structure and activity of culturable heterotrophic nitrifying bacteria in activated sludge / X. Zhang, S. Zheng, R. Wang // *Chemistry and Ecology*. – 2020. – Vol. 36(10). – p. 953-966.
3. Lawson, C.E. Complete ammonia oxidation: an important control on nitrification in engineered ecosystems? / C.E. Lawson, S. Lucker // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2018. – V. 50. – p. 158-165. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2018.01.015>
4. Kartal, B. Anammox Biochemistry: a tale of heme c proteins / B. Kartal, J.T. Keltjens // *Trends Biochem Sci*. – 2016. – V. 41(12). –p. 998-1011. doi: 10.1016/j.tibs.2016.08.015.
5. Duan, S. Heterotrophic nitrifying bacteria in wastewater biological nitrogen removal systems: A review / S. Duan, Y. Zhang, S. Zheng // *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. – 2021. - p. 2302-2338.
6. Lei, X. Simultaneous nitrification and denitrification without nitrite accumulation by a novel isolated *Ochrobactrum anthropi* LJ81 / X. Lei, Y. Jia, Y. Chen, Y. Hu // *Bioresource Technology*. – 2019. – V. 272. – p. 442-450. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.10.060>
7. Rajta, A. Role of heterotrophic aerobic denitrifying bacteria in nitrate removal from wastewater / A. Rajta, R. Bhatia, H. Setia, P. Pathania // *Journal of applied microbiology*. – 2020. – V. 128(5). – p. 1261-1278. <https://doi.org/10.1111/jam.14476>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПИРТОВОЙ БАРДЫ КАК СУБСТРАТА ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ПРОБИОТИКОВ

В. В. Кириченко, А. Р. Касимова, С. Г. Мухачев, И. Р. Исламгулов

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
hexliHuexli@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены отходы спиртового производства и их утилизация, путем создания новых продуктов. Представлено возможное использование отработанного фильтрата спиртовой барды в качестве субстрата для культивирования микроаэрофилов. Предложено использование микроаэрофилов с пробиотическими свойствами в качестве кормовой добавки в пищу крупнорогатого скота.

Ключевые слова: спирт, спиртовые отходы, спиртовая барда, фильтрат спиртовой барды, кормовая добавка, микроаэрофилы, пробиотики, *Lactobacillus plantarum*.

USE OF ALCOHOL BARD AS A SUBSTRATE FOR PROBIOTIC CULTURE

V. V. Kirichenko, A. R. Kasymova, S. G. Muhachev, I. R. Islamgulov

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract. The article considers alcohol production wastes and their utilization by creating new products. A possible use of spent alcohol bard filtrate as a substrate for cultivation of microaerophiles is presented. The use of microaerophiles with probiotic properties as a feed additive in the food of cattle is proposed.

Keywords. Alcohol, alcoholic waste, alcoholic bard, alcohol bard filtrate, feed additive, microaerophiles, probiotics, *Lactobacillus plantarum*.

В настоящее время спиртовая промышленность имеет проблемы в области утилизации отходов. Раньше, до принятия Федерального закона "О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции и об ограничении потребления (распития) алкогольной продукции", почти все отходы сбрасывались на поля, так как их использовали в качестве удобрений. Однако выяснилось, что помимо полезных веществ, остающихся после производства спирта, также содержится большое количество соединений, пагубно влияющих на плодородность почвы. В итоге после принятия закона, каждое предприятие стало обязано полностью перерабатывать свои отходы. К отходам спиртовой промышленности, если говорить конкретнее, относятся: головная фракция, спиртовая барда и углекислый газ.

Головная фракция или же головная эфиральдегидная фракция состоит из смеси различных спиртов, альдегидов, кислот, эфиров и других соединений.

Хоть она и составляет около 8% от выхода целевого продукта, её также можно пустить на дальнейшую переработку. Поэтому головную фракцию используют в качестве стимуляторов роста [1] и как сырьё для медицинской, лакокрасочной и парфюмерной продукции.

Вторым отходом спиртовой промышленности является углекислый газ. Он составляет 95,6% от выхода этилового спирта. Наибольший интерес углекислый газ представляет для пищевой промышленности. В основном его используют для газирования безалкогольных и алкогольных напитков. В меньшей же степени он задействован в производстве жидкого углекислого газа и сухого льда. [2]

Самым интересным отходом спиртовой промышленности является барда. В условиях современного производства при получении 1 л спирта образуется 13 литров барды. Среднестатистический спиртовой завод производит около 3 тысяч дал в день. Таким образом мы получаем около 142 тыс м³ барды в год. Большое содержание полезных веществ, таких как белки, моносахариды, углеводы и протеины, делают спиртовую барду хорошим кормом для крупнорогатого скота и птицы. Однако в первозданном жидком виде её не используют. Основная причина состоит в том, что в таком состоянии спиртовая барда имеет малый срок хранения. Поэтому использование данного отхода в таком виде абсолютно не выгодно. Как кормовую добавку её используют только в высушенном виде. Для того, чтобы повысить ценность спиртовой барды её используют в качестве питательной среды для кормовых дрожжей. Биотехнологическая обработка позволяет увеличить содержание белка в конечном продукте [3]. Это достигается путем культивирования кормовых дрожжей. При получении кормовых дрожжей образовывается отход – отработанный фильтрат барды, который не находит рентабельного применения.

Отработанный фильтрат барды можно использовать в качестве питательной среды для выращивания микроорганизмов, не нуждающихся в высокой концентрации растворенного кислорода. Такое культивирование интересно по той причине, что появляется возможность рационально использовать данный отход, а также снижается стоимость конечного продукта. В результате предприятие может получить дополнительный доход с одновременным снижением негативных воздействий на экологию и не тратить дополнительные средства. Основной статьей затрат при биотехнологической переработки спиртовой барды является поддержание необходимых концентраций растворенного кислорода в культуральной жидкости, делая переработку отработанного фильтрата барды не рентабельным.

Решением вышеуказанной проблемы может являться культивирование микроорганизмов не требующих высокой концентрации растворенного кислорода в культуральной жидкости. Такими организмами являются микроаэрофилы, которые могут обладать различными полезными свойствами. В ходе литературного обзора наибольший интерес вызвали бактерии *Lactobacillus plantarum*, обладающие пробиотическими свойствами. Данные бактерии являются микроаэрофилами и имеют высокую антагонистическую способность к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам, а также высокую кислотоустойчивость, сохраняя свою жизнеспособность при pH = 2,8 ед, что является существенным

преимуществом при переработке отработанного фильтрата барды с pH = 3,8 ед. Проходя через кислую среду желудка *Lactobacillus plantarum* не погибает, попадая в большом количестве в кишечник. При использовании данного пробиотика при кормлении крупнорогатого скота повышается выживание молодняка и улучшаются основные характеристики. [4]

При производстве спирта образуется большое количество отходов, большую часть которых составляет спиртовая барда. Спиртовая барда используется в качестве питательной среды для культивирования кормовых дрожжей, которые являются ценным источником белка для крупнорогатого скота. Однако такая переработка не рационально утилизируется спиртовую барду. После культивирования кормовых дрожжей остаётся отработанный фильтрат барды, который в настоящее время не утилизируется. В ходе литературного анализа было выяснено, что остающаяся культуральная жидкость может использоваться как субстрат для микроаэрофилов-организмов, которым для жизнедеятельности необходима небольшая концентрация растворенного кислорода в среде. Определенные представители этой группы микроорганизмов имеют пробиотические свойства, которые положительно влияют на общее состояние сельскохозяйственных животных.

Список литературы

1. Микробная конверсия вторичных сырьевых ресурсов спиртового и ферментного производств/Л.В. Римарева, Т.И. Лозанская, Н.М. Худякова// Пища Экология Качество труды XIV Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 151-154.
2. Вторичные ресурсы спиртовой промышленности/Аймуратов А.А// Новые информационные технологии как основа эффективного инновационного развития. Сборник статей международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 11-13.
3. Барда спиртовая как субстрат для микробиологической переработки/ Н. С. Евдокимов, Ю. В. Самарская, А. С. Абдрахманова, Ю. В. Агаева// VI Международная научно-практическая конференция «Безопасность городской среды». – 2019. – С. 207-210
4. Пробиотики в кормлении животных / Борзенкова И.С. // ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина». – 2020. – С. 203-208

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОДЕСТРУКЦИИ КОМПОНЕНТОВ ВОДНОЙ ФАЗЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ОЖИЖЕНИЯ БИОМАССЫ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА

С. В. Клементьев¹, Ю. В. Куликова², А. С. Сироткин¹

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

²ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта», г. Калининград, Россия
slava_klemenetev3715@mail.ru

Аннотация: Из активного ила очистных сооружений ПАО «Нижнекамск-нефтехим» было выделено 11 изолятов деструкторов компонентов водной фазы, полученной в результате гидротермального ожижения биомассы избыточного активного ила. Оценены их культурально-морфологические признаки и определены условия культивирования полученных изолятов с использованием водной фазы. Экспериментально оценена эффективность биодеструкции компонентов водной фазы, определены наиболее активные изоляты, обеспечившие эффективность снижения химического потребления кислорода (ХПК) водной фазы от 63 до 66 % в течение 48 часов.

Ключевые слова: гидротермальное ожижение, избыточный активный ил, водная фаза, микроорганизмы деструкторы.

EFFICIENCY OF BIODESTRUCTION OF COMPONENTS AQUEOUS PHASE OF HYDROTHERMAL LIQUISITION BIOMASS EXCESS ACTIVE SLUDGE

S. V. Klementev¹, Y. V. Kulikova², A. S. Sirotkin¹

¹Kazan national research technological university

²Immanuel Kant Baltic federal university

Abstract: 11 isolates of destructors of the components of the aqueous phase obtained as a result of hydrothermal liquefaction of excess activated sludge biomass were isolated from the activated sludge of the treatment facilities of PJSC Nizhnekamskneftekhim. Their cultural and morphological characteristics were assessed and the conditions for cultivating the obtained isolates using the aqueous phase were determined. The effectiveness of biodegradation of the components of the aqueous phase was experimentally evaluated, the most active isolates were determined, which ensured the effectiveness of reducing the chemical oxygen demand (COD) of the aqueous phase from 63 to 66% within 48 hours.

Key words: hydrothermal liquefaction, excess activated sludge, liquid phase, microorganisms destructors.

Актуальность исследования. В настоящее время одним из актуальных направлений снижения углеродного следа является получение биотоплива из

влажных органических отходов (избыточный активный ил, осадки первичных отстойников, пищевые отходы) путем гидротермального ожигения. Суть метода заключается в деструкции органических макромолекул в условиях субкритического состояния воды ($T=260\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P=4,5\text{ МПа}$); в результате процесса из органических отходов образуется сырая нефть [1].

Широкое внедрение метода гидротермального ожигения отходов ограничивает образование значительного количества высококонцентрированных сточных вод, требующих очистки [2]. В связи с этим актуальность исследования состоит в поиске микроорганизмов, способных к обезвреживанию водной фазы, полученной в результате гидротермального ожигения.

Цель работы заключалась в получении микроорганизмов - деструкторов и оценки эффективности их использования для обезвреживания водной фазы, образованной после гидротермального ожигения биомассы избыточного активного ила.

Объектами исследования являлись активный ил ПАО «Нижнекамскнефтехим» (источник микроорганизмов-деструкторов), водная фаза, полученная после гидротермального ожигения биомассы избыточного активного ила коммунально-бытовых очистных сооружений г. Калининград (условия процесса ожигения: $T=260\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P=4,5\text{ МПа}$, $t=20\text{ минут}$).

Материалы и методы. Изоляты из активного ила ПАО «Нижнекамскнефтехим» выделяли методом предельных разведений, накопительные культуры получали методом истощающего штриха [3]. Окраску по Граму и другие морфологические признаки оценивали с помощью стандартных методик [3]. Культивирование изолятов осуществляли на шейкере-инкубаторе Incubator ES-20/60 при температуре $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ со скоростью перемешивания 120 об/мин в течение 48 часов. Каждые 12 часов стерильно отбирали пробу и измеряли значения ХПК ускоренным методом [4]. Прирост биомассы определяли спектрофотометрически при длине волны $\lambda=540\text{ нм}$ [5].

Результаты и обсуждения

Из активного ила ПАО «Нижнекамскнефтехим» было получено 11 изолятов, способных к деструкции компонентов водной фазы. Для дальнейшего удобства культуры были пронумерованы от S1-S11. Было выявлено, что культуры относятся к разным таксономическим группам. В таблице 1 показаны результаты окраски по Граму изучаемых изолятов.

Таблица 1

Морфологические признаки полученных культур

Название изолята	Морфологические признаки
S1	Грамотрицательные палочки, размер от 3,5 до 4 мкм, одиночное расположение
S2	Крупные грамотрицательные извитые бактерии с закругленными концами, длина от 5,3 до 6 мкм
S3	Грамположительные кокки, расположенные гроздьями, размер клеток от 1,86 до 2 мкм

S4	Грамположительные кокки диаметр клеток ≈ 2 мкм одиночно расположенные
S5	Грамположительные кокки, расположенные гроздьями, размер клеток от 1,86 до 2 мкм
S6	Грамположительные кокки диаметр клеток ≈ 2 мкм одиночно расположенные
S7	Грамположительные кокки, расположенные гроздьями, размер клеток от 1,86 до 2 мкм
S8	Грамположительные палочки средней длины от 3,5 до 4,1 мкм расположенные попарно
S9	Крупные грамположительные палочки длина составляет 8 мкм, с ровными концами.
S10	Грамотрицательные палочки, размер от 3,5 до 4 мкм, одиночное расположение
S11	Грамотрицательные палочки, размер от 3,5 до 4 мкм, одиночное расположение

Культивирование изолятов с использованием водной фазы процесса гидротермального ожежения биомассы активного ила

Начальные физико-химические показатели водной фазы были следующими: ХПК – 11590 мг/дм³, БПК – 6600 мг/дм³, pH 8,20. Предварительно было показано, что развитие выделенных микроорганизмов возможно при разведении исходной водной фазы в 10 раз; меньшее разведение ингибировало рост изучаемых культур. Для культивирования исходные образцы водной фазы разбавляли дистиллированной водой в 10 раз и доводили 0,1 N серной кислотой до нейтральной реакции среды.

Результаты изменения ХПК в процессе периодического культивирования исследуемых изолятов показаны на рисунке 1.

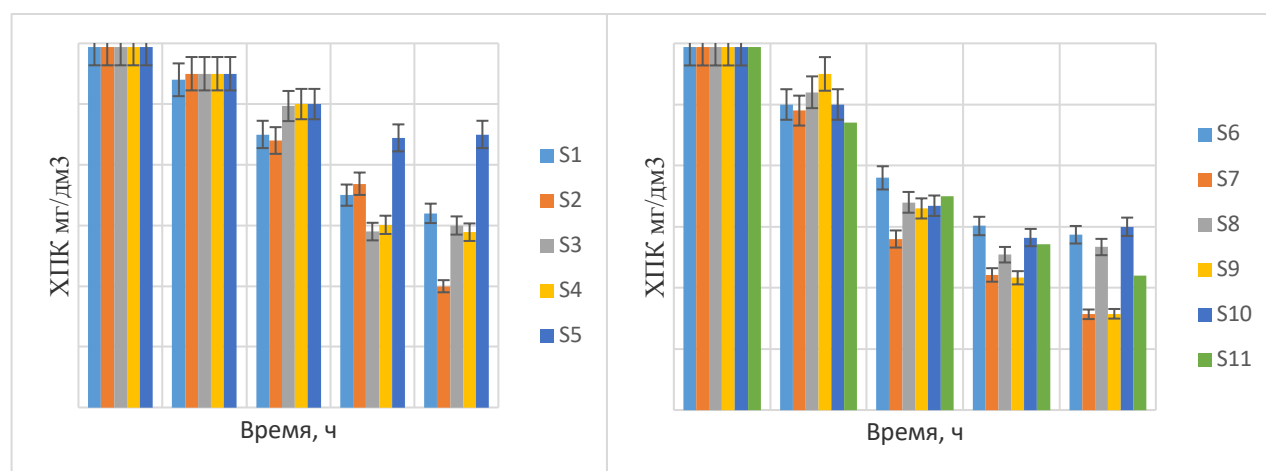


Рис. 1. Кинетика изменения значений ХПК в процессе периодического культивирования исследуемых изолятов

По графикам видно, что наиболее эффективными изолятами, способными активно потреблять компоненты водной фазы при pH 7,0 являлись изоляты S2, S7 и S9: эффективность биодеструкции составила 66 %, 63 и 64 % от начального значения ХПК, соответственно. Несколько меньшей оказалась эффективность процесса биодеструкции компонентов водной фазы при нейтральном pH в случае использования изолятов S4, S6, S8 и S11: она варьировала от 49 до 62 % по истечении 48 часов культивирования. Наименьшую активность продемонстрировали культуры S1, S3, S5 и S10 их эффективность была на уровне от 24 (для S5) до 42 % (для S3) от начального значения ХПК.

В первые 12 часов, для всех исследуемых изолятов отмечена лаг-фаза: клетки, адаптировались к исходному субстрату, и снижение значений ХПК в этой была крайне низкой. Максимальное потребление субстрата изолятами S6, S7, S8, S9, S10, S11 относится к 12 - 24 часам культивирования. Экспериментально также отмечено, что культура S2 начала активно минерализовать питательные вещества в период с 24 по 48 час культивирования. При переходе культуры к стационарной фазе роста активность бактерий снижалась, что сопровождалось незначительным снижением ХПК в период с 36 по 48 час культивирования. Отмечено, что изменение значений ХПК коррелирует с изменением оптической плотности изучаемых культур (рис. 2).

В ходе 48-часового периодического культивирования для большинства культур лаг-фаза была отмечена в интервале с 0 по 12 час культивирования; с 12 по 24 наблюдалась экспоненциальная фаза роста с активным потреблением субстрата; на стационарную фазу культуры вышли в интервале с 24 по 48 час периодического культивирования.

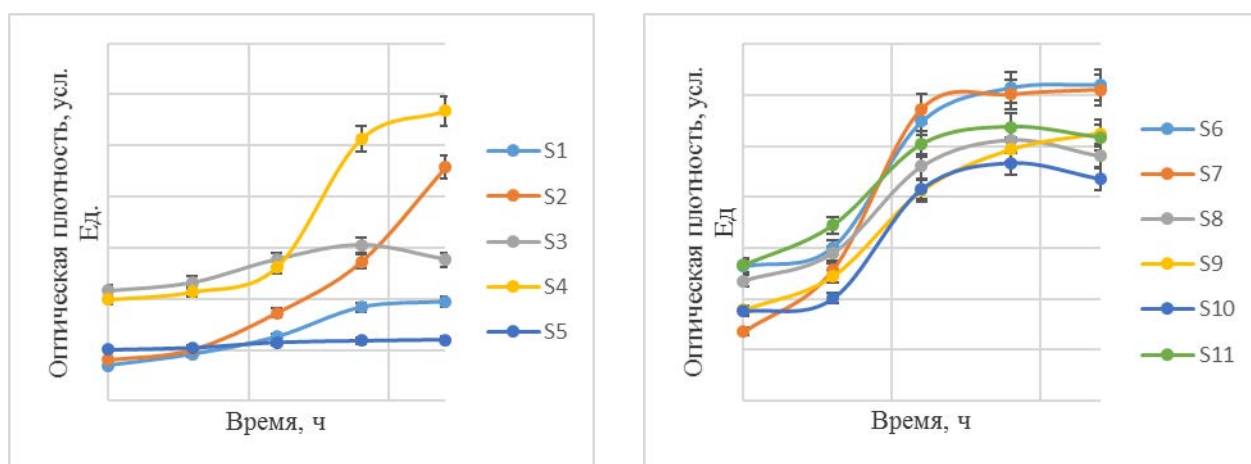


Рис. 2. Изменение оптической плотности исследуемых культур в процессе периодического культивирования

Исключение составили изоляты S1, S2, S3, S5. Культуры S1, S3, S5 показали низкую эффективность потребления субстрата и роста биомассы.

Для изолята S2 была отмечена продолжительная экспоненциальная фаза роста с 12 по 48 час.

Заключение: Из активного ила ПАО «Нижнекамскнефтехим» было выделено 11 изолятов, способных осуществлять деструкцию компонентов водной

фазы, полученной после гидротермального ожижения избыточного активного ила. Показано, что в процессе 2-х суточного периодического культивирования наиболее активными были определены изоляты S2, S7, S9 по эффективности потребления органических веществ (снижению ХПК), которая составила 66 %, 73 и 74 %, соответственно.

Дальнейшие исследования будут посвящены молекулярно-генетической идентификации выделенных изолятов и выявлению их адаптационных способностей к увеличению концентрации органических веществ в водной фазе.

Список литературы

1. Valorization of hydrothermal liquefaction aqueous phase: pathways towards commercial viability / J. Watson, T. Wang, B. Si [et al.] // Progress in Energy and Combustion Science. – 2020. – Vol. 77. – № 100819.
2. Valorization of the aqueous phase produced from wet and dry thermochemical processing biomass: A review / L. Leng, L. Yang, Y. Hu [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 291. – № 126238.
3. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
4. ПНД Ф 14.1:2.100-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений химического потребления кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом/ ГУАК Минприроды РФ. – М., 2004. – 10с.
5. Microbial utilization of aqueous co-products from hydrothermal liquefaction of microalgae *Nannochloropsis oculata* / M. Nelson, L. Zhu, A. Thiel [et al.] // Bioresource Technology. – 2013. – Vol. 136. – P. 522-528.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ АКТИВНОГО ИЛА И БИОПЛЕНКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕКТИНСОДЕРЖАЩИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД

А. В. Кобелев, А. С. Сироткин

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
alexei-ksu@mail.ru

Аннотация: Приведены результаты изучения влияния лектинсодержащих биологических сред (ЛСБС) (нативного раствора, биологически очищенной сточной воды) на характеристики активного ила. Показано, что при внесении к суспензии активного ила (АИ) определенного объема ЛСБС наблюдается увеличение скорости седиментации АИ. Получены результаты о повышении дегидрогеназной активности микроорганизмов АИ, при внесении нативного раствора.

Ключевые слова: активный ил, лектины, биологическая очистка сточных вод, седиментация, дегидрогеназная активность.

THE CULTIVATION OF MICROORGANISMS OF ACTIVATED SLUDGE AND BIOFILMS UNDER THE INFLUENCE OF LECTIN - CONTAINING BIOLOGICAL MEDIA

A. V. Kobelev, A.S. Sirotkin

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: The results of the study of the influence of lectin - containing biological environments (LSBS) (native solution, biologically treated waste water) on the characteristics of activated sludge are given. It has been shown that when a certain volume of LSBS is added to the suspension of activated sludge (AI), an increase in the rate of sedimentation of AI is observed. Results were obtained on the increase in dehydrogenase activity of AI microorganisms when a native solution was introduced.

Keywords: activated sludge, lectins, biological wastewater, sedimentation, dehydrogenase activity.

В настоящий момент большой интерес имеют научно-прикладные исследования, связанные с изучением факторов взаимодействия микроорганизмов активного ила или биопленки между собой. Известно, что важную роль в формировании флоккул активного ила и созревании биопленок играют такие белки, как лектины. Они являются сложными белками, способные избирательно связываться с углеводами, не меняя их химической структуры. Анализ формирования флоккул активного ила и биопленки, с точки зрения применения лектинов, является актуальным для эффективной очистки сточных вод.

Целью данной работы было исследование формирования микробных агрегатов (флокул АИ или биопленки) под влиянием лектинсодержащих биологических сред.

Объектами исследования являлись: накопительные культуры из музея кафедры промышленной биотехнологии ФГБОУ ВО «КНИТУ»; активный ил биологических очистных сооружений г. Зеленодольска и выделенные из него изоляты (А1-А4, BS1); биологические среды, как источники внеклеточных лектинов (нативный раствор изолята BS1 и биологически очищенная сточная вода); модельный раствор сточной воды.

В работе применялись следующие методы исследования: определение лектиновой активности [1]; выделение микробных культур по методу Коха [1] и методу Дригальского [2]; определение белка по методу Бредфорд [1]; оценка эффективности биопленкообразования по окрашиванию генцианом фиолетовым [1]; молекулярно-генетическая идентификация микроорганизмов [2]; анализ процесса седиментации активного ила [2]; расчет значения илового индекса [2]; определение дегидрогеназной активности микроорганизмов [3].

Результаты

Было показано, что все нативные растворы (культуральная жидкость после отделения клеток) исследуемых накопительных культур проявляли лектиновую активность (таблица 1).

Таблица 1

Лективная активность нативных растворов

Нативный раствор	Объекты агглютинации (клетки)					
	<i>E. coli</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>P. fluorescens</i>	<i>p. Acinetobacter</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>p. Chlorella</i>
<i>Escherichia coli</i>	-	RA 0 ед*.	RA 2 ед.	RA 2 ед.	RA 0 ед.	RA 0 ед.
<i>Bacillus subtilis</i>	RA 4 ед.	-	RA 2 ед.	RA 4 ед.	RA 0 ед.	RA 2 ед.
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	RA 0 ед.	RA 0 ед.	-	RA 4 ед.	RA 0 ед.	RA 0 ед.
<i>p. Acinetobacter</i>	RA 0 ед.	RA 0 ед.	RA 2 ед.	-	RA 0 ед.	RA 4 ед.
RA 0 ед* - реакция агглютинации не наблюдается; - * - реакция агглютинации не проводилась.						

Наибольшей способностью агглютинировать клетки всех исследуемых культур обладал нативный раствор *Bacillus subtilis*, а способностью к агглютинации – клетки культуры, отнесенной по культурально-морфологическим качествам к *p. Acinetobacter*.

При периодическом культивировании *Bacillus subtilis* было отмечено, что максимальная лектиновая активность наблюдается на 18-й час роста, и составила 4 ед. титра агглютинации. Внесение 18-ти часовых нативного раствора или сус-

пензии *Bacillus subtilis* к клетками культуры *p. Acinetobacter* приводило к увеличению формирования биопленки, в среднем, на 15% и 66%, соответственно. Полученные результаты показывают существенное влияние нативного раствора как на формирование биопленки, так и на агрегацию микроорганизмов в целом.

Далее, из активного ила биологических очистных сооружений (БОС) г. Зеленодольска были выделены изоляты, отнесенные по культурально-морфологическим признакам к бактериям *p. Acinetobacter* (A1-A4) и *p. Bacillus* (BS1). После оценки их лектин-углеводного взаимодействия (таблица 2), для дальнейшей работы были выбраны изоляты BS1 и A2.

Таблица 2

Оценка лектин-углеводного взаимодействия

Объекты агглютинации (изолят)	Нативный раствор BS1
A1	RA 1 ед.
A2	RA 2 ед.
A3	RA 0 ед.
A4	RA 1 ед.

Результаты молекулярно-генетической идентификации выбранных изолятов (BS1 и A2) показала, что изолят BS1 с вероятностью 96,19% относится к *p. Bacillus*, тогда как изолят A2 на 92,93% - к *p. Shigella*. Перспективным для дальнейшей работы был определен изолят BS1.

Для оценки влияния нативного раствора (НР) изолята BS1 на характеристики активного ила, суспензию АИ смешивали с модельным раствором сточной воды (1:1), куда добавляли НР в объеме 0,25%, 0,5%, 1%, 2% и 5% от объема АИ; затем аэрировали 4,5 часа и анализировали полученные результаты. Лабораторная установка представляла собой 5 колб (№1-5) с внесенным НР. Контролем служили колбы, с дистиллированной водой в заданных % от объема АИ.

В колбе №1, куда вносили НР в объеме 0,25% от объема АИ, наблюдалось ускорение процесса седиментации АИ на 50-118% в начальный период времени (до 10 минуты); значение илового индекса снижалось на 10% (до 90 см³/г), а ДГА микроорганизмов возрастала, в среднем, на 7%.

В колбе №2 (0,5%) не было отмечено существенного изменения характеристик активного ила по сравнению с контролем.

В колбах (№ 3-5) (1%, 2%, 5%) наблюдалось существенное снижение скорости седиментации АИ, повышение значения илового индекса (до 50%) и снижение ДГА микроорганизмов активного ила (до 70%). Также отмечалось вспухание и всплытие активного ила (рисунок 1).

В связи с тем, что нативный раствор изолята BS1 оказывает значительное влияние на характеристики АИ, была высказана гипотеза о проявлении агглютинирующих свойств у биологически очищенной сточной воды (БОСВ) как аналогии нативного раствора микробного сообщества активного ила.

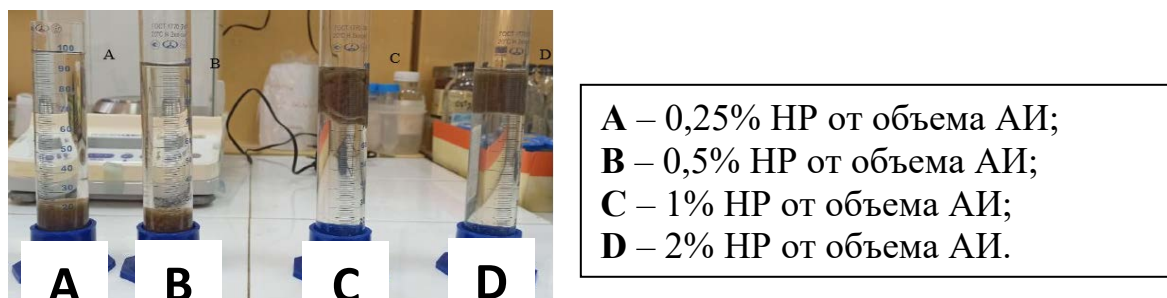


Рис. 1. Седиментация ила с различной концентрацией нативного раствора

Для оценки влияния БОСВ (титр гемагглютинации = 1 ед.) на скорость седиментации АИ были выбраны следующие объёмы БОСВ (1%, 2%, 5 %, 10%) вносимые в АИ в зависимости от его объема. Эксперимент проводился без адаптации АИ к БОСВ. Контролем служила дистиллированная вода в заданных % от объема АИ.

Было показано, что внесение БОСВ в объеме 5% и 10% к суспензии АИ приводило к увеличению скорости седиментации, в среднем, на 10-20%, в начальной период времени. Внесение БОСВ в объеме ниже 5% не оказывало существенного влияния на скорость седиментации АИ.

Таким образом, можно заключить, что лектинсодержащие биологические среды могут оказывать как позитивное, так и негативное влияние на характеристики активного ила в зависимости от объема ЛСБС, вносимой в суспензию активного ила.

Список литературы

1. Кобелев А.В., Клементьев С.В., Вдовина Т.В., Сироткин А.С. Оценка активности внеклеточных лектинов бактерий в формировании агрегированных микробных форм // Бутлеровские сообщения. 2021. – Т. 65. – № 1.– С.105 – 113. <https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-01/21-65-1-105>
2. Кобелев А.В., Клементьев С.В., Сироткин А.С., Процессы агглютинации культур активного ила под действием внеклеточных лектинов. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021.– Т.11.– № 4.– С.617 – 626. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-4-617-626>
3. Экспериментальная оценка влияния внеклеточных бактериальных лектинов на характеристики активного ила в технологиях очистки сточных вод / С.В. Клементьев, А.В. Кобелев, А.С. Сироткин // Актуальные проблемы недропользования: матер. XVIII Междунар. фор. – конк. студ. и мол. ученых., Санкт-Петербург, 15-21 мая 2022 г. / ред. кол. В.С. Литвиенко (отв. ред.) [и др.]. – Санкт – Петербург: Изд. центр СПбГУ. 2022. – Т.3. – С. 258 – 260.

РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАГЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА В ПРОЦЕССЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Й. В. Кобелева, О. В. Духанина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

moortmain@gmail.com

Аннотация. Данная работа является продолжением ранее проводимых исследований эффективности применения готовых инновационных реagentных и композиций препаратов на основе наноструктурированного железа и полимера для очистки сточных вод. Изучены процессы биотрансформации загрязняющих веществ биоценозом активного ила. Оценено влияние инновационных reagentных препаратов на активность микробиоценоза при непосредственном взаимодействии с активным илом.

Ключевые слова: активный ил, биологическая очистка, reagentные, наночастицы, дефосфотация/

DEVELOPMENT AND ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF REAGENT PREPARATIONS BASED ON NANOSTRUCTURED METALS IN THE PROCESS OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT

Y. V. Kobeleva, O. V. Dukhanina

"Kazan National Research Technological University", Kazan, Russia

moortmain@gmail.com

Annotation. This is research a continuation of previous studies on the effectiveness of the use of ready-made innovative reagents and compositions of preparations based on nanostructured iron and polymer for wastewater treatment. The processes of biotransformation of pollutants by activated sludge biocenosis have been studied. The influence of innovative reagent preparations on the activity of microbiocenosis in direct interaction with activated sludge was assessed.

Keywords: activated sludge, biological treatment, reagents, nanoparticles, dephosphatization.

Экологическая безопасность водных источников оценивается степенью достижения нормативных показателей их качества [1]. Эвтрофикация природных бассейнов является актуальной экологической проблемой, вызванной, в частности, сбросом в водоемы стоков с повышенным содержанием фосфатов. Для предотвращения процессов эвтрофикации, в первую очередь, необходимо удалять соединения фосфора [2].

Соединения фосфора являются постоянными загрязняющими компонентами коммунально-бытовых стоков. Около 20% общего фосфора находится в не-

растворенном виде и без добавления реагентов осаждается в отстойниках. В процессах биологической очистки сточных вод удаляется в среднем 10-30% фосфатов, что является недостаточно эффективным [2]. Традиционные методы очистки сточных вод от фосфора подразумевают его перевод из растворенной формы в нерастворенную, осаждение и удаление из системы.

В последние годы разрабатываются и внедряются все более эффективные методы очистки и доочистки сточных вод с применением электрохимических, мембранных, адсорбционных и физико-химических процессов. В то же время высокие требования к эффективности очистки жидких отходов влекут за собой применение сложных, не всегда экономически оправданных технологических решений, внедрение которых требует значительных капитальных затрат. В связи с этим требуются принципиально новые технологические подходы, одним из которых является разработка и внедрение способов интенсификации процессов водоочистки [3].

Одним из менее затратных и достаточно результативных методов повышения эффективности биологической очистки сточных вод является применение сочетания биологической и физико-химической очистки, в частности внесение в контакт с микробным сообществом активного ила реагентных препаратов.

Реагентные препараты, вносимые непосредственно в аэротенк являются инновационными, при этом по своему компонентному составу являются комбинированными коагулянтами-флокулянтами. Данный способ внесения позволяет добиться лучшей эффективности очистки сточных вод, однако затрагивает немаловажные аспекты, связанные с влиянием компонентов реагентных препаратов на микробное сообщество сточных вод.

Выбор реагентов для очистки коммунально-бытовых сточных вод достаточно разнообразен ввиду наличия на рынке большого количества традиционных и перспективных инновационных реагентных препаратов.

Наиболее эффективными и часто применяемыми коагулянтами являются соли поливалентных металлов, главным образом алюминия и железа. При введении в сточную воду этих соединений в результате реакции гидролиза образуются малорастворимые в воде гидроксиды железа и алюминия, на развитой хлопьевидной поверхности которых сорбируются взвешенные, мелкодисперсные и коллоидные вещества. Параллельно с коагуляцией наблюдается образование нерастворимых комплексов фосфатов железа и алюминия, которые также сорбируются на поверхности гидроксидов и осаждаются [3,4].

Аналогично наравне с широко применяемыми коагулянтами в практике водоочистки используют комбинированные реагентные препараты (инновационные) коагулянты-флокулянты. В их основу входят ранее упомянутые соли железа и алюминия, а также полимерные соединения, выступающие в роли флокулянтов. Эффективность подобных реагентных препаратов значительно выше в сравнении с традиционными коагулянтами, при этом важным фактором является точка внесения реагентов непосредственно в аэротенк (в начало линии), что подразумевает контакт реагентного препарата с микробным сообществом активного ила [4,5].

Производители реагентов выпускают все более инновационные препараты, которые, согласно паспорту продукта, способны повышать эффективность очистки смешанного (смесь хозяйственно-бытовых и производственных) и производственного стока по комплексу показателей. Однако, такого рода, комплексные реагентные препараты являются импортными и как следствие дорогостоящими, что в отрицательную сторону сказывается на доступности данных продуктов для эксплуатационных служб.

Таким образом, актуальным продолжает оставаться изыскание и разработка новых методов и реагентных препаратов для повышения эффективности очистки сточных вод [4-6].

Ранее [4,5] нами были исследованы полученные в лабораторных условиях некоторые композиции комплексного реагентного препарата на основе наноразмерных частиц железа и биополимера хитозана. В данной работе предложены результаты продолжающихся исследований над созданием эффективной композиции комплексного реагентного препарата на основе наноразмерных частиц железа с применением других полимеров.

Объектами экспериментальных исследований являлись биоценоз активного ила очистных сооружений г. Зеленодольск, модельный раствор коммунально-бытовых сточных вод. В качестве перспективного препарата для сравнительных исследований по эффективности выступал реагент VTA Biokat P500 [7] и две композиции лабораторных образцов реагентного препарата на основе наноразмерных частиц железа.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях в системах модельного раствора сточной воды с активным илом.

Периодическое культивирование проводилось в течение 4 часов в стеклянных емкостях объемом 2 дм³ в условиях непрерывной аэрации системы (рис.1).

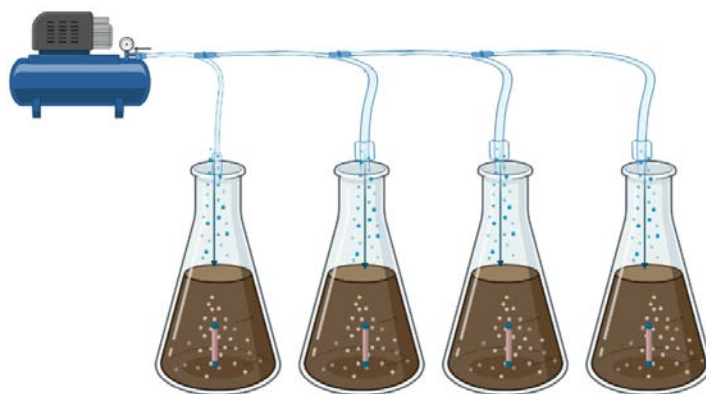


Рис. 1. Схема лабораторной установки

Концентрация растворенного кислорода в системах составляла в среднем 5 мг/дм³. Суспензию активного ила вносили в модельный раствор в количестве 2 г/дм³ биомассы по сухому веществу. В системы вносили выбранные реагентные препараты в дозировках выбранных согласно предварительному анализу, для VTA Biokat P500 дозировка составила 50 мкл/дм³ согласно ранее проводимым исследованиям [8].

Эффективность процесса биологической и реагентной очистки сточных вод оценивалась по изменению содержания соединений фосфора, азота, органических веществ (по ХПК), а также проводилась оценка ферментативной активности ила его седиментационные свойства, а также зольность осадка после процесса очистки.

Список литературы:

1. Л.Ф. Галанцева. О некоторых недостатках в анализе сточных вод на фосфаты/Л.Ф. Галанцева, С. В. Фридланд // Вестник Казан. технол. ун-та.-2011. – Т.14, №8. – С. 204-206.
2. Л.Ф. Долина, Очистка сточных вод от биогенных элементов: Монография, Континент, Днепрпетровск, 2011, 198 с.
3. Серпокрылов Н. С. Экология очистки сточных вод физико-химическими методами / Е.В. Вильсон, С.В. Гетманцев, А.А. Марочкин.- М: Экология, 2009. - 264 с
4. Кобелева Й.В. Оценка кислородного баланса в процессах совместной биологической и реагентной очистки сточных вод / Й.В. Кобелева, Т.В. Кириллина, Л.М. Сибиева, А.С. Сироткин // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 12. – С. 191- 193.
5. Кобелева Й.В. Биологическая очистка коммунально-бытовых сточных вод с применением реагентных препаратов: автореф. дис... кан-та тех. наук / Й.В. Кобелева. - Казань, 2017. - 16 с.
6. Ввозная, Н.Ф. Химия воды и микробиология: учеб. пособие для вузов. –2-е изд., перераб. и доп./ Н.Ф. Ввозная. –М.: Высш. школа, 1979. – 340 с.
7. Паспорт безопасности материала Biokat P500 / VTA Austria. - GmbH, 2013. – 8 с.
8. Кобелева Й.В. Наноструктурированные реагенты на основе железа в процессах биологической очистки сточных вод / Кобелева Й.В., Сироткин А.С., Вдовина Т.В., Шургалина Н.Н., Сидорова Е.И. // Теоретическая и прикладная экология. 2020. - № 4. - С. 117-120.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ СПИРТА В РАЗЛИЧНЫЕ КОМБИНАЦИИ БИОДИЗЕЛЯ-ДИЗЕЛЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ВЫБРОС ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ СОВРЕМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В. С. Кузнецова, С. В. Кузнецов, Д. В. Тунцев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
ataktic@mail.ru

Аннотация: *Растущий спрос на энергию и невозобновляемый характер обычного дизельного топлива сместили акцент исследователей на поиск альтернативных видов топлива. Были проведены интенсивные исследовательские работы, эксперименты и испытания альтернативных видов топлива с учетом их экологически чистой, экологически чистой, устойчивой и возобновляемой природы в основе. Следовательно, биодизель и спирты стали перспективными кислородосодержащими топливными добавками. В данной работе представлен анализ производительности и характеристик выбросов топлив, включающих биодизельное топливо, спирты и чистое дизельное топливо в различных соотношениях компонентов смеси. Анализ основан на вкладе тройных смесей в повышение производительности и снижение выбросов дизельного двигателя. Был тщательно изучен соответствующий состав смеси биодизеля и спирта в чистом дизельном топливе. Включение биодизеля в диапазоне от 10% до 80% и спирта в диапазоне от 5% до 45% в дизельное топливо оказалось оптимальным. Таким образом, тройное смешанное топливо оказывается многообещающим альтернативным топливом для удовлетворения спроса на топливо и одновременного решения текущих и будущих экологических проблем.*

Ключевые слова: *Биодизель, спирт, биотопливо, дизельное топливо тройные смеси.*

EFFECT OF ADDING ALCOHOL IN VARIOUS COMBINATIONS OF BIODIESEL-DIESEL ON THE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS OF MODERN ENGINES

V. S. Kuznetsova, S. V. Kuznetsov, D. V. Tuntsev

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: *The growing demand for energy and the non-renewable nature of conventional diesel fuel have shifted the focus of researchers to the search for alternative fuels. Intensive research, experimentation and testing of alternative fuels have been carried out, taking into account their environmentally friendly, environmentally friendly, sustainable and renewable nature at the core. Consequently, biodiesel and alcohols have become promising oxygen-containing fuel additives. This paper presents an analysis of the performance and emission characteristics of fuels, including biodiesel, alcohols and pure diesel fuel in different ratios of the components of the mixture. The analysis is*

based on the contribution of triple mixtures to improving performance and reducing diesel engine emissions. The appropriate composition of the mixture of biodiesel and alcohol in pure diesel fuel was carefully studied. The inclusion of biodiesel in the range of 10% to 80% and alcohol in the range of 5% to 45% in diesel fuel was optimal. Thus, triple mixed fuels prove to be a promising alternative fuel to meet fuel demand and simultaneously address current and future environmental challenges.

Keywords: Biodiesel, alcohol, biofuel, diesel, triple blends.

Существующие запасы нефти ограничены и в ближайшем будущем будут полностью исчерпаны. Более высокие темпы роста населения привели к резкому скачку спроса на потребление энергии. Ископаемое топливо, полученное из существующих запасов нефти, до сих пор вносит значительный вклад в производство энергии. Следовательно, недалек тот день, когда у мирового сообщества едва ли останутся какие-либо запасы нефтепродуктов, таких как бензин, дизельное топливо и побочные продукты [1]. Кроме того, ископаемое топливо, такое как бензин, дизельное топливо и авиационное топливо в двигателях внутреннего сгорания, приводит к сильному загрязнению воздуха, что очень пагубно для жизнеобеспечения всех форм жизни на земле [2, 3]. Хотя двигатели с воспламенением от сжатия (дизельные двигатели) являются одними из наиболее эффективных устройств преобразования энергии, выбросы их выхлопных газов представляют опасность для окружающей среды. Дизельные двигатели, особенно сверхмощные, составляют основу современного транспортного сектора во всем мире. Обычное дизельное топливо широко используется в дизельных двигателях. Топливные свойства дизельного топлива делают его наиболее подходящим для воспламенения от сжатия в дизельных двигателях [4]. Однако, определенные недостатки обычного дизеля вызывают большую озабоченность. Дизельное топливо имеет плохие смазывающие свойства. Сгорание дизельного топлива приводит к сильным выбросам выхлопных газов. Двумя ключевыми группами загрязнителей являются окиси серы (SO_x) и окиси азота (NO_x), вредные как для здоровья человека, так и для окружающей среды. Низкая температура вспышки дизельного топлива делает его транспортировку и хранение очень опасными. Таким образом, настала необходимость переключиться на какой-либо альтернативный источник (источники) топлива или энергии, которые могут повысить производительность и контролировать выбросы выхлопных газов современных дизельных двигателей [5].

Среди различных альтернативных видов топлива биодизель оказывается очень перспективным для улучшения характеристик дизельного двигателя и снижения вредных выбросов выхлопных газов [6]. Водород получают из различных биомасс посредством биологических процессов, поэтому он является возобновляемым и чистым источником энергии [7].

Биотопливо получают из возобновляемых источников, таких как сельскохозяйственное сырье, органические отходы, водоросли и дрожжи. Этот экологически безопасный процесс может способствовать уменьшению выбросов парниковых газов [8]. Кроме того, минимальные выбросы парниковых газов обусловлены использованием биодизельного топлива, полученного из водорослей [7]. Структурное качество экосистемы улучшилось за счет выращивания яatroфы на

пустырях. Скрытый потенциал ятрофы для социально-экономических и экологических улучшений еще предстоит раскрыть. Таким образом, несъедобные масличные культуры могут удовлетворить потребности в энергии и решить экологические проблемы. Различные добавки к биодизельному топливу включают наночастицы оксидов металлов, усилители цетанового числа, ацетали глицерина. В качестве депрессорной присадки в дизельных двигателях были испытаны моющие средства для топливных форсунок, ингибиторы коррозии и антиоксиданты, антигелевые присадки, низшие и высшие спирты [9]. Биодизель распространен в сельскохозяйственном, транспортном и энергетическом секторах. Доказано, что спирты являются перспективной добавкой к биодизельному топливу, поскольку в нем еще больше увеличивается содержание кислорода. Биодизель в значительной степени удовлетворил растущий спрос на альтернативные виды топлива, его недостатки заключаются в пробелах в решении проблемы повышения производительности дизельного двигателя и контроля выбросов. В предыдущих исследованиях сообщалось о проблемах, связанных с биодизелем. Более низкая теплотворная способность и плотность энергии биодизеля приводят к высокому удельному расходу топлива при торможении и низкой тепловой эффективности торможения. Концентрация выбросов NO_x не имеет тенденции к снижению, за исключением некоторых смешанных проб. Высокая вязкость биодизеля приводит к плохому распылению, образованию брызг, а сгорание вызывает повышенные выбросы.

Кроме того, требуется предварительный нагрев биодизеля для снижения его вязкости. Кроме того, такие проблемы в биодизеле влекут за собой трудности при транспортировке и хранении из-за низкой хладотекучести. Спирты обладают плохими смазывающими свойствами, что увеличивает износ двигателя. Имеют низкое цетановое число, что ухудшает сгорание и вызывает детонацию. Энергетическая плотность спирта также ниже, чем дизельного топлива. Более того, спирты немного хуже смешиваются с биодизелем – дизельным топливом. Вопреки этим проблемам важно смешивать биодизельное топливо и спирт с дизельным топливом. Биодизель и спирт имеют более высокое содержание кислорода, чем дизельное топливо, что обеспечивает полное сгорание и более низкие выбросы. Поскольку спирт обладает меньшей вязкостью, чем биодизель, его добавление улучшает вязкость биодизеля. Биодизель и спирт являются биоразлагаемыми и сгорают как чистое топливо. Доступность, доступность и доступность биодизеля и спиртов делают их подходящими добавками к дизельному топливу.

Включение спиртов в качестве топливных добавок в биодизель-дизельные смеси в основном ограничивалось только 40%. Содержание кислорода как в биодизеле, так и в дизельном топливе ниже, чем в спиртах. Четвертичные смеси нуждаются в дополнительном анализе, включая чистое растительное масло с тройными смесями. Более того, простота производства и хранения позволяет спиртам улучшать работу двигателя и снижать выбросы выхлопных газов. Таким образом, спирты уменьшают нагрузку на биодизельное топливо и запасы чистого дизельного топлива, чтобы удовлетворить потребность в топливе.

Вывод

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

- Результаты различных исследований, проведенных в прошлом, показали, что биодизель и спирт оказались ключевыми альтернативными видами топлива.
- Содержание кислорода в биодизеле и спиртах больше, чем в дизеле, что обеспечивает полное сгорание.
- Биодизель и спирт приводят к снижению выбросов CO на 5,7-41,76%, содержания углеводородов на 1,8-50%. Снижение количества выбросов происходит за счет более высокого содержания кислорода, чем в дизельном топливе.
- В целом выбросы CO₂ увеличились при использовании биодизеля и спирта за счет полного сгорания.
- Концентрация NO_x для смесей биодизель-спирт-дизель снижена с 0,56% до 34,7% из-за низкого цетанового числа и высокой скрытой теплоты парообразования, что снижает температуру окружающей среды в цилиндре сгорания.
- Биодизельные смеси приводили к более высокому уровню NO_x, но добавление спирта уменьшало его. Напротив, биодизель с высокой степенью ненасыщенности приводил к сравнительно более низким значениям NO_x.
- Возобновляемый характер биодизеля и спирта в сочетании с дополнительным преимуществом их доступности, доступности и производства делает их экологически чистыми, что позволяет сократить угрозы глобального потепления, изменения климата, выбросы парниковых газов и кислотные дожди.
- Смеси высших спиртов, таких как бутанол, пентанол, гексанол обладают лучшими топливными свойствами и обеспечивают улучшенные характеристики и выбросы, чем смеси с более низким содержанием спирта.
- Образец смешанного топлива B20 оказался наиболее многообещающим, поскольку он обеспечивает наилучшие характеристики и результаты по выбросам среди всех других топливных смесей.
- Тройная смесь (биодизель-спирт-дизель) в современных дизельных двигателях может оказаться перспективным и экологически чистым альтернативным топливом для транспорта, энергетики и сельского хозяйства в настоящем и ближайшем будущем.

Список литературы

1. Modassir Khan, MD. An assessment of alcohol inclusion in various combinations of biodiesel-diesel on the performance and exhaust emission of modern-day compression ignition engines – A review / Md. Modassir Khan, R. P. Sharma, Arun Kumar Kadian, S. M. Mozammil Hasnain // Materials Science for Energy Technologies. – 2022. – V.5. – P.81-98.
2. Appavu, P. Quaternary blends of diesel/biodiesel/vegetable oil/pentanol as a potential alternative feedstock for existing unmodified diesel engine: Performance, combustion and emission characteristics / P. Appavu, H. Venu // Energy. – 2019. – V.186. – P.81-98.
3. Ramadhas, A.S. Theoretical modeling and experimental studies on biodiesel-fueled engine / A.S. Ramadhas, S. Jayaraj, C. Muraleedharan // Renewable energy, - 2006, V. 31. - P. 1813-1826.
4. Wang, Z. Enhancing lithium-sulphur battery performance by strongly binding the discharge products on amino-functionalized reduced graphene oxide / Z. Wang, Y. Dong, H. Li // Nature communications, - 2014, V. 5. - P. 1-8.

5. Perumal, V. Experimental analysis of engine performance, combustion and emission using pongamia biodiesel as fuel in CI engine / V. Perumal, M. Ilangkumaran //Energy, - 2017, V. 129. – P. 228-236.
6. Srivastava, R.K. Biofuels, biodiesel and biohydrogen production using bioprocesses / R.K. Srivastava, N.P. Shetti, K.R. Reddy // Environmental Chemistry Letters, -2020, V. 18 – P. 1049-1072.
7. Ashok, B. Comparative assessment of hexanol and decanol as oxygenated additives with calophylluminophyllum biodiesel / B. Ashok, K. Nanthagopal, S. Darla // Energy, -2019, V. 173. - P. 494-510.
8. Bashiri, S. Chemical modification of sunflower waste cooking oil for biolubricant production through epoxidation reaction / S. Bashiri, B. Ghobadian, M.D. Soufi // Materials Science for Energy Technologies, - 2021, V. 4. – P. 119-127.
9. Prediction of the density and viscosity of biodiesel and the influence of biodiesel properties on a diesel engine fuel supply system / A.T. Hoang // Journal of Marine Engineering & Technology, - 2018, -P. 1-13.

ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Дж. Кунда, В. Х. Валиева, Ф. Ю. Ахмадулина, Ю. В. Щербакова,
Р. К. Закиров

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет», г. Казань, Россия
gksiwiti97@gmail.com

Аннотация: Изучена антиоксидантная активность ряда проб активного ила очистных сооружений нефтехимического комплекса. Показана необходимость для корректного сопоставления экспериментальных данных использовать приведенные характеристики антиоксидантной активности. Установлено, что антиоксидантная активность изученных проб ила лежит в пределах 1–3 мг/г ила.

Ключевые слова: активный ил, ультразвуковая обработка, интегральная антиоксидантная активность, возраст ила.

STUDY OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF SLUDGE FROM A PETROCHEMICAL COMPLEX PLANT

G. Kunda, V. H. Valiyeva, F. Y. Akhmadulina, Y. V. Shcherbakova, R. K. Zakirov

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: The antioxidant activity of a number of samples of active sludge from a petrochemical complex treatment plant was studied; the need for a correct comparison of experimental data using the characteristics of antioxidant activity has been shown. It has been found that the antioxidant activity of the studied sludge samples lies in the range of 1–3 mg/g sludge.

Keywords: activated sludge, ultrasonic treatment, integral antioxidant activity, solid retention time.

На сегодняшний день резко изменился состав сточных вод в результате антропогенной деятельности, что требует обеспечения эффективной работы очистных сооружений для достижения нормативного качества очищенной воды. А это зависит от состояния активной биомассы, осуществляющей биологическую очистку стоков процесс. В настоящее время используются следующие системы его оценки: балльная [1], по индексам биоразнообразия [2,3], требующие проведения гидробиологического анализа иловой суспензии. Для данных методик характерна низкая экспрессность. Поэтому исследования в области изыскания новых перспективных показателей состояния активного ила являются востребованными и перспективными.

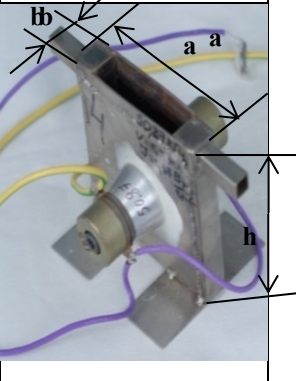
В настоящей работе была осуществлена попытка оценить возможность использования в качестве показателя состояния микробиобиоценоза антиоксидантную активность иловой суспензии.

Учитывая, что антиоксиданты–внутриклеточные компоненты и, как следствие, требуется их выведение в надилловую жидкость для проведения последующих аналитических измерений, первоначально на основании изучения периодической литературы и патентных источников был выбран ультразвуковой метод дезинтеграции клеточной биомассы [4]

Ультразвуковую обработку (УЗО) ила осуществляли на мембрано–кавитационной установке [5], характеристики которой приведены в таблице 1. Для получения корректных результатов продолжительность УЗО составляла 3-5 мин.

Таблица 1

Технические характеристики мембранного кавитационного реактора

МКР размер, мм	Число излучателей, шт/мощность каждого, Вт	Частота, кГц	Потребляемая мощность, Вт	Объем ячейки, см ³	Амплитуда напряжения на осциллографе, мВ	Интенсивность, Вт/см ²	Вид установки
a=90 b=15 h=90	2/25	50,87	43-62	65	710	0,37	

Эксперимент проводили следующим образом: исследуемые пробы ила как исходные, так и после ультразвуковой обработки центрифугировали при 8000 об/мин в течение 10 мин, после чего определяли интегральную антиоксидантную активность методом кулонометрического титрования электрогенерированным бромом [6]. Выбор последнего был обусловлен рядом его преимуществ.

Учитывая возможность разброса доз в исследуемых пробах активного ила, для проведения сравнительного анализа экспериментальных данных были рассчитаны приведенные характеристики антиоксидантной активности надилловой жидкости исследуемых проб ила. Экспериментальные результаты и рассчитанные данные обобщались в виде таблиц (табл. 2, в качестве примера).

Согласно табличным данным, 5 минутная УЗО приводит к снижению приведенной величины интегральной антиоксидантной активности ила, что свидетельствует о возможной деструкции некоторых антиоксидантов в результате воздействия низкочастотного ультразвука.

Наряду с определением интегральной антиоксидантной активности надилловой жидкости исследуемой пробы ила, в работе в отдельном эксперименте определяли его возраст в условиях, максимально приближенных к производственным [7] (табл. 3 в качестве примера).

Таблица 2

**Экспериментальные и расчетные данные по интегральной
антиоксидантной активности надиловой жидкости**

Проба	а, г/л	ИАА, мкг/100 мкл. ст	ИАА _{ср} , мкг/100 мкл. ст	V _{пробы} , мл	ИАА, мг/100 мл.нж	ИАА, мг/г ила
Исходный	8,58	27,7778 48,5714 35,7143 35,7143 33,4921	34,9735	4	0,874	1,019
УЗО: 3 мин		49,3651 60,6349 79,5338 78,7302 80,9524	79,7388	3	2,658	3,098
4 мин		96,8254 78,7302 80,1587 79,5238	79,7388	3	3,098	3,098
5 мин		85,0794 35,7143 35,7143 35,7143	35,7143	2	1,785	2,081

Таблица 3

Возраст ила

а, г/л		ПР, г/л	τ, ч	$ВИ = \frac{a \cdot t}{Pr \cdot 24}$, сут
нач.	конеч.			
8,58	8,94	0,04	16	15,8

Обобщая полученные эмпирические данные, можно прийти к заключению:

1. Для определения интегральной антиоксидантной активности ила возраста 15,8 сут необходима продолжительность ультразвукового воздействия 4 минуты.
2. Интегральная антиоксидантная активность ила очистных сооружений нефтехимического комплекса возраста 15,8 сут составляет 3,098 мг/г ила.

Список литературы

1. Деминой М. В. Рекомендации по проведению гидробиологического контроля на сооружениях биологической очистки с аэротанками / ОГУ "Аналитический центр»; под ред. Пермь: Пермский ГТУ, 2004. 53 с
2. Абакумов В.А. Продукционные аспекты биомониторинга пресноводных экосистем // Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем. Л.: Наука, 1987. С. 51-61
3. Fisher R.A. Corbet A.S., Williams C.B. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population // J. Animal Ecol. 1943. V. 12, № 1. P. 42-58.
4. Y. Kim, D. Vijayan, R. Praveenkumar, J.-I. Han, K. Lee, J.-Y. Park, W.-S. Chang, J.-S. Lee, Y.-K. Oh Cell-wall disruption and lipid/astaxanthin extraction from microalgae: Chlorella and Haematococcus Bioresour. Technol., 199 (2016), pp. 300-310.

5. Луговской А.Ф., Чухраев Н.В. Ультразвуковая кавитация в современных технологиях. - К. Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2007-244с.
6. Абдуллин И.Ф. Кулонометрическая оценка антиоксидантной способности лекарственного растительного сырья / И.Ф. Абдуллин, Н.Н. Чернышева, Е.Н. Турова, Е.Н. Офицеров, Г.К. Будников, Р.Ш. Хазиев // Материалы Всероссийского семинара: "Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья" (28-29 марта 2002 г.) Барнаул, 2002. - С. 120-123.
7. Харькина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод. Волгоград: Панорама, 2015. 433 с.

ТОКСИЧНОСТЬ СЕРНИСТО-ЩЕЛОЧНЫХ СТОКОВ

Х. З. Лай, Ф. Ю. Ахмадулина, Р. М. Ахмадуллин, Р. К. Закиров, Х. И. Хоанг

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия

laihongdung1997@gmail.com

Аннотация: Исследована и оценена токсичность серосодержащих сточных вод до и после глубокого окислительного обезвреживания при использовании нового гетерогенного катализатора.

Ключевые слова: сернисто-щелочные стоки, биотестирование, токсичность.

TOXICITY OF SULFUR-ALKALINE WASTE

H. D. Lai, F. U. Akhmadulina, R. M. Akhmadullin, R. K. Zakirov, H. Y. Hoang

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Research and evaluation of the toxicity of sulphur containing wastewater before and after a thorough neutralisation by oxidation in the presence of a new heterogeneous catalyst.

Keywords: sulfur-alkaline waste, biotesting, toxicity.

Наиболее широко используемый в практике водоочистки биохимический способ чувствителен к токсичным загрязненным веществам. Их наличие в сточных водах негативно влияет на биоценоз смешанной микробной популяции, снижая эффективность процесса биологической очистки стоков и, как следствие, ухудшая качество биоочищенных вод.

К таким сточным водам относятся сернисто-щелочные стоки (СЩС), содержащие в основном высокотоксичные сульфид-производные примеси, включая меркаптаны, меркаптиды, тиосульфаты, сульфаты, политионаты, элементарную серу и другие. Наибольшую опасность представляет сероводород, обладающий нервнопаралитическим действием, способностью резко снижать содержание кислорода в водной среде, вызывая гибель гидробионтов (ПДК_{пх}-0,005 мг/дм³, ПДК_{кб}-0,05 мг/дм³) [1,2]. Поэтому для обеспечения эффективной биологической очистки данных сточных вод необходимо знать уровень их токсичности, чтобы предупредить их неблагоприятное и даже бактерицидное действие на микроорганизмы активного ила, осуществляющие процесс биологической очистки.

Цель работы – изучение токсичности СЩС методом биотестирования.

В качестве тест-объекта использовали равноресничную инфузорию *Paramecium caudatum* [3, 4].

Объект исследования - пробы исходной СЩС, а также после окислительного обезвреживания в отсутствии и присутствии нового гетерогенного катализатора на основе оксида марганца(IV) и полифениленсульфида (ПФС) в качестве матрицы.

Кроме того, учитывая высокие значения pH исследуемых СЩС, что также способствует повышению их токсичности, в работе изучали токсичность объектов исследования до и после их нейтрализации (до pH 7-8).

Культуру клеток *Paramecium caudatum* выращивали в условиях естественного освещения при температуре 21-24 °С при использовании отстоянной (дехлорированной) воды. В эксперименте использовали 3-х суточные инфузории.

Оценку токсичности осуществляли на основании смертности (обездвиженности) особей тест-объекта под воздействием экотоксикантов, содержащихся в исследуемых промстоках:

$$T = \frac{a-b}{a} \times 100,$$

где а, b – количество подвижных инфузорий до и после окончания опыта.

Оценку уровня токсичности исследуемых сточных вод осуществляли экспериментальным путем по кратности разведения, при которой не выявлено воздействия на гидробионты. При оценке токсичности стоков кратность разведения изменялась от 1:10 до 1:1100. Результаты по оценке токсичности исследуемых проб СЩС приведены на рис 1.

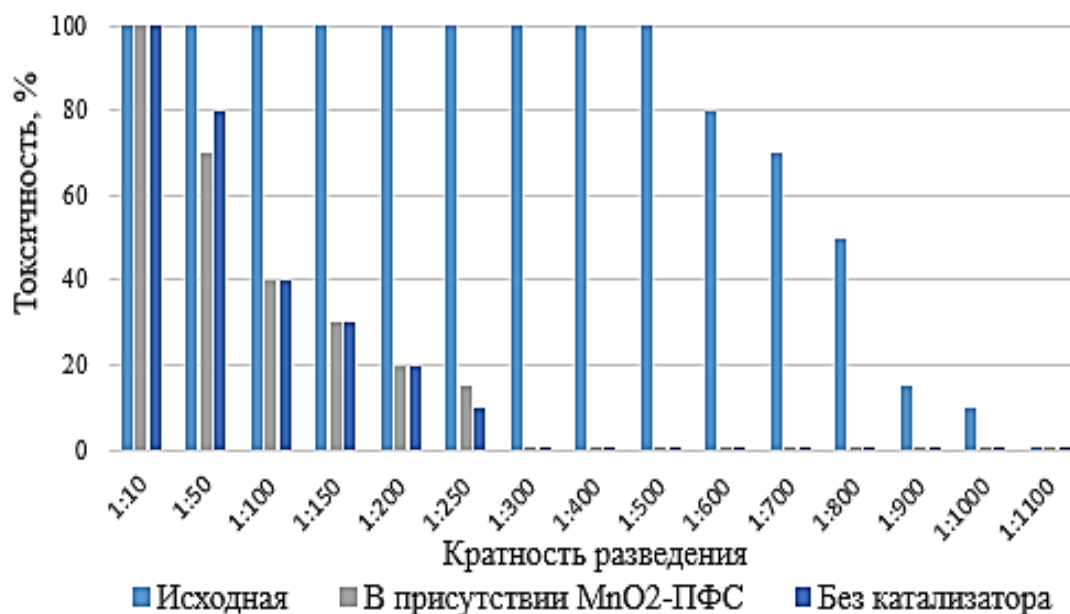


Рис. 1. Токсичность исследованных проб СЩС

Согласно графическому материалу, приведенному на рис 1, исходный сери-сто-щелочной сток характеризуется высокой токсичностью. Только при очень высокой степени разведения 1:1100 не наблюдается их негативного воздействия на тест-объект. После окислительного обезвреживания токсичность стоков значительно снижается, не наблюдается эффект острой токсичности при разведении пробы 1:300, так как в этом случае гибель тест-объекта не превышает 10% за 1-часовую экспозицию [3].

Для оценки влияния на токсичность стоков pH среды пробы СЩС после окислительного обезвреживания были нейтрализованы до pH 7-8 (рис 2).

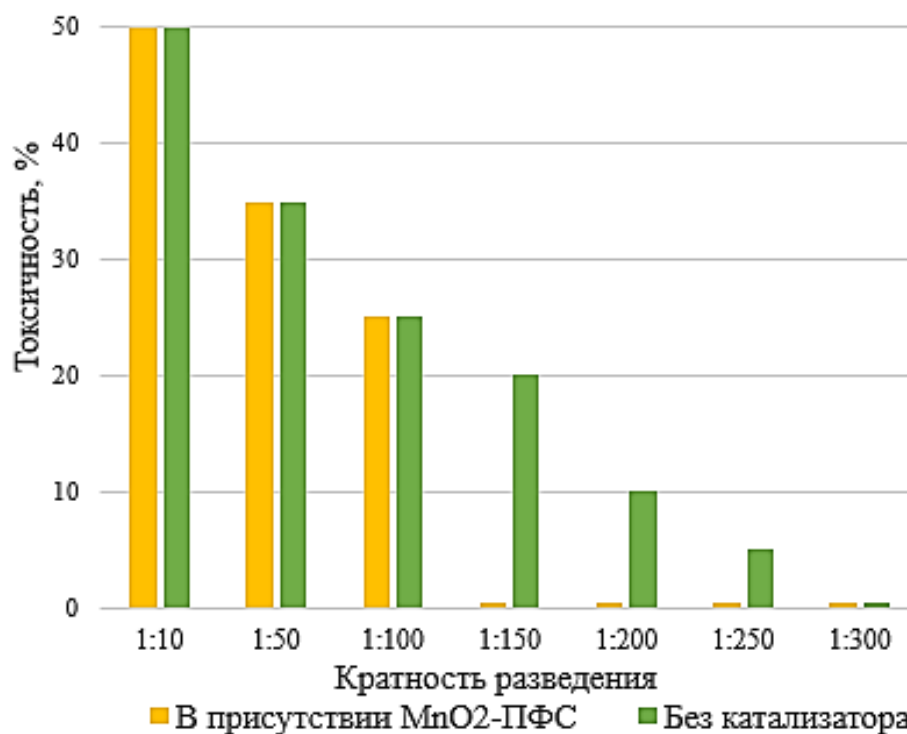


Рис. 2. Токсичность обезвреженных СЩС после их нейтрализации

Как видно из представленного графического материала, нейтрализация проб СЩС приводит к снижению их токсичности. При этом, для стоков, обезвреженных без катализатора, отсутствие токсичного эффекта наблюдается при разведении 1:200, в то время как для обезвреженной пробы в присутствии катализатора этот эффект наблюдается при разведении 1:150.

Согласно нормативной документации [5], таблица 1 обезвреженные стоки следует отнести к 3 классу опасности, в то время как исходный сток относится к 2 классу.

Таблица 1

Значение кратности разведения при определении класса опасности

Класс опасности отхода	Кратность (K_p) разведения водной вытяжки из отхода $<1>$
I	$K_p > 10000$
II	$1000 < K_p \leq 10000$
III	$100 < K_p \leq 1000$
IV	$1 < K_p \leq 100$
V	$K_p = 1$

Таким образом, проведенные исследования методом биотестирования подтвердили высокую токсичность СЩС, относящихся ко 2 классу опасности. Окислительное обезвреживание и нейтрализация значительно снижают токсичность исследуемых сульфид-содержащих сточных вод.

Список литературы

1. Сернисто – Щелочные сточные воды и способы их переработки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru>, свободный.-Проверено 21.01.2013
2. Ахмадуллина, А.Г. Обезвреживание и использование сернисто- щелочных отходов нефтепереработки и нефтехимии / А.Г. Ахмадуллина, Ю.Р. Абдрахимов, И.Н. Смирнов. Тематический обзор ЦНИИТ Энефтехим- М. 1990. - 50 с
3. ПНД Ф Т 14.1:2:3.13-06. Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum Ehrenberg*. М. 2006.
4. Филенко О.В. Методы биотестирования качества водной среды. М.: Изд-во Московского университета, 1989. 276 с.
5. Приказ Минприроды РФ от 04.12.2014 № 536 «Об утверждении критериев отнесения отходов к I-V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 29.12.2015 № 40330)

ВНЕДРЕНИЕ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС: КЕЙС-МЕТОД В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ БИОТЕХНОЛОГОВ

Д. Н. Леонов, А. С. Сироткин, Е. С. Балымова, Е. В. Перушкина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г.Казань, Россия

lester@bk.ru

Аннотация: В работе поведено теоретико-методическое обоснование и проектирование учебного занятия по профильной дисциплине для магистров по направлению 19.04.01 «Биотехнология» с использованием кейс-метода для персонализации обучения. Объектом исследования являлась технология кейс-метода в образовательном процессе высшей школы. В работе описаны особенности обучения взрослых с учетом среднего возраста магистров по направлению 19.04.01 «Биотехнология» КНИТУ, составляющего 28,9 лет. Доказана возможность и эффективность использования кейс-метода при подготовке магистров для построения индивидуальной образовательной траектории. Спроектировано занятие по теме «Биотехнологические аспекты производства биопрепаратов» с использованием кейс-метода для персонализации образовательного процесса.

Ключевые слова: персонализация, образовательный процесс, кейс, индивидуальная образовательная траектория, биотехнология.

INTRODUCING PERSONALIZATION IN THE EDUCATIONAL PROCESS: A CASE-METHOD IN PROFESSIONAL TRAINING OF BIOTECHNOLOGISTS

D. N. Leonov, A. S. Sirotkin, Ye. S. Balymova, Ye. V. Perushkina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

lester@bk.ru

Annotation: The paper presents a theoretical and methodological substantiation and design of a training session in a profile discipline for masters in the direction 19.04.01 "Biotechnology" using a case method for personalizing learning. The object of the study was the case method technology in the educational process of higher education. The paper describes the features of adult education, taking into account the average age of masters in the direction of 19.04.01 «Biotechnology» KNRTU, which is 28,9 years. The possibility and effectiveness of using the case method in the preparation of masters for building an individual educational trajectory has been proven. A lesson on the topic "Biotechnological aspects of the production of biological products" was designed using a case method to personalize the educational process.

Keywords: personalization, educational process, case, individual educational trajectory, biotechnology.

Повышение качества образования в университетах является одной из приоритетных задач образовательной деятельности в Российской Федерации [1]. В целом уровень подготовки бакалавров и магистров в университете зависит от уровня профессионализма педагогического состава, степени интеграции науки и образовательного процесса, взаимосвязи технологических процессов промышленных предприятий и содержания образовательного материала. Кроме того, промышленные предприятия и научно-исследовательские учреждения как основные потребители кадров по направлению 19.04.01 «Биотехнология» в последние годы с учетом различных внешних обстоятельств готовы к всё более тесной интеграции с образовательными учреждениями. Основной формой такого взаимодействия является проектная деятельность с использованием новых педагогических технологий. Постоянная перестройка системы образования диктует необходимость новых требований к личности педагога, методам и технологии преподавания [2].

Целью исследования является теоретико-методическое обоснование и проектирование учебного занятия по профильной дисциплине для магистров по направлению 19.04.01 «Биотехнология» с использованием кейс-метода для персонализации обучения.

Объект исследования – технология кейс-метода в образовательном процессе высшей школы.

Предмет исследования – методические особенности реализации кейс-технологии при подготовке магистров по направлению 19.04.01 «Биотехнология».

Методы исследования: теоретический анализ психолого-педагогических и методических литературных источников; наблюдение из педагогической практики; анализ результатов практической деятельности обучающихся.

Задачи исследования:

1. Выявить особенности обучения взрослых;
2. Оценить преимущества индивидуальной образовательной траектории при подготовке магистров по направлению 19.04.01 «Биотехнология»;
3. Оценить возможность использования кейс-метода при подготовке магистров по направлению 19.04.01 «Биотехнология»;
4. Разработать кейсы для магистров по теме «Биотехнологические аспекты производства биопрепаратов».

Важным аргументом в пользу использования инновационных методов и технологий является особенность обучения взрослых, так как средний возраст магистрантов по направлению 19.04.01 Биотехнология в Казанском национальном исследовательском технологическом университете (КНИТУ) составляет 28,9 лет, при этом разница между самым возрастным студентом (51 год) и самым младшим студентом (22 года) составляет 29 лет (рисунок 1).

Такие разновозрастные студенты могут обучаться в одной группе и иметь различную мотивацию и начальную подготовку. В целом, взрослые обучающиеся более заинтересованы в конкретном решении практических проблем, с которыми они сталкиваются в процессе своей производственной деятельности, чем в получении общетеоретической информации. Еще одной особенностью взрослых

обучающихся является более высокая мотивация в случае осознания соответствия целей и содержания профильной дисциплины их потребностям. В этом случае у магистрантов наблюдается полное принятие ответственности за обучение на себя. Кроме того, повышение мотивации у взрослых обучающихся связано с зависимостью между уровнем подготовки и оплатой их будущего труда. В противном случае, когда у магистранта не формируется осознание взаимосвязи между содержанием и практическим использованием знаний наблюдается низкая мотивация и отсутствие заинтересованности в обучении, магистранты «просиживают» отведенное на обучение время.

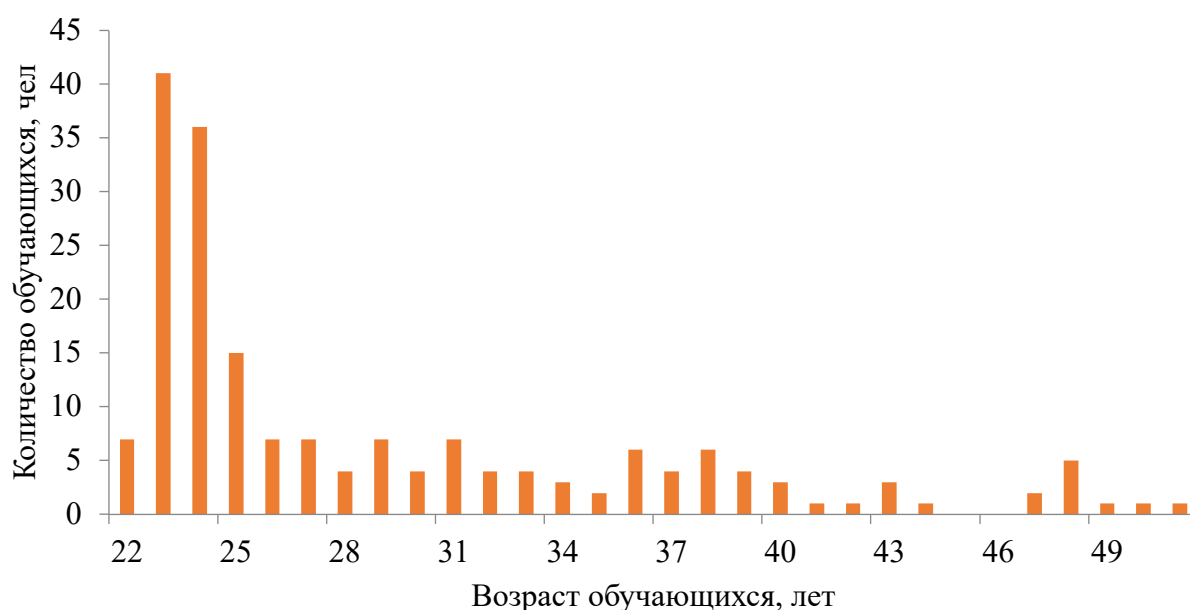


Рис. 1. Распределение возраста обучающихся по направлению 19.04.01 «Биотехнология» (по состоянию на 01.10.2022)

Таким образом, формируется совершенно иная ситуация взаимодействия преподавателя и аудитории во всех видах учебно-познавательной деятельности. Обучение взрослых, обучающихся как вызов для преподавателя в связи также с быстрым устареванием ранее приобретенных компетенций и необходимостью их актуализации и развития [3]. Для того чтобы правильно организовать и эффективно реализовать образовательную программу для взрослых обучающихся, нужно правильно понимать особенности взрослого человека, его индивидуальность, а также применять эффективные современные методы обучения.

Наряду с традиционными методами, гарантирующими требуемое качество образовательного процесса по Федеральному государственному образовательному стандарту (ФГОС), в КНИТУ используются инновационные методы обучения. К последним относят также использование кейс-метода для персонализации обучения при освоении профильных дисциплин магистрами. Кроме того, учитывая значительный разброс в среднем возрасте обучающихся, важнейшим аспек-

том обучения является индивидуальный подход к личности обучаемого, понимание индивидуальных возрастных, психологических, мыслительных и поведенческих особенностей обучающихся, организация необходимого образовательного пространства и предоставление свободы для принятия самостоятельных решений, творчества, выбора содержания обучения (например, дисциплины по выбору в учебном плане) [4]. Реализация ФГОС предполагает также создание развивающей образовательной среды в образовательной организации, в связи с чем особое внимание уделяется разработке и реализации индивидуальной образовательной траектории обучения каждого студента.

Под индивидуальной образовательной траекторией обучающегося понимают вариативную структуру образовательной деятельности обучающегося, учитывающую его личные особенности, позволяющую реализовать личностный потенциал при сохранении активной личной позиции обучающегося, и обеспечивающей достижение планируемых образовательных результатов [5]. Для проектирования и реализации индивидуальной образовательной траектории в КНИТУ созданы управленческие и организационно-педагогические условия, основанные на обязательном соблюдении интересов обучающихся и поддержании их активности, в том числе за счет интеграции кейс-метода, предполагающего активное взаимодействие в процессе обучения преподавателя, команды обучающегося и «держателя» проблемы – промышленного предприятия.

Кейс-метод может использоваться в образовательном процессе на всех уровнях подготовки. Особый интерес представляет его использование при подготовке магистров ввиду наличия у них первого уровня образования – бакалавриата или специалитета и, чаще всего, опыта работы в различных сферах деятельности. Данный метод получил достаточную популярность среди преподавателей и обучающихся и демонстрирует высокую эффективность.

Главная особенность кейс-метода – отсутствие однозначного правильного решения в отличие от традиционных методик обучения. Каждый студент магистратуры или команда может предложить своё оригинальное и оптимальное решение кейса, так как в этом методе акцент ставится не на результат, а на поиск выхода из предлагаемой ситуации и его обсуждении [6].

По своей структуре кейс представляет собой это описание реальных ситуаций и жизненных проблем (например, производства). Эта история чаще всего описывается в виде реальной «истории», причем финал остается «открытым». Учебная задача для обучающихся состоит в анализе предложенной ситуации, выборе и обосновании своего решения. Иногда кейс-метод предлагает студенту принять на себя роль в истории для выбора решения и путей выхода из сложившейся ситуации. Например, в индивидуальном кейсе обучающийся может принять на себя роль руководителя или главного специалиста организации для выработки стратегии выхода из конфликтной или аварийной ситуации, требующей оперативного решения [7]. Групповые кейсы позволяют выявить лидеров в группах, а также за короткий промежуток времени оценить от 6 до 12 студентов, при этом для организации такой работы во время обучения достаточно преподавателя и одного сотрудника учебно-вспомогательного персонала [8].

Таким образом, использование кейс-метода при подготовке магистров по направлению 19.04.01 «Биотехнология» с одной стороны позволит студентам этого направления посмотреть на свой предмет со стороны, получить знания в более запоминающейся игровой форме обучения, а с другой стороны компенсирует разный уровень подготовки, различное базовое образование и личный опыт обучающихся [9]. Кроме того, учитывая разную тематику кейсов, данный метод позволяет магистру строить индивидуальную образовательную траекторию. Благодаря междисциплинарности биотехнологической области и широкой сфере ее практического применения, тесной взаимосвязи КНИТУ с производственными предприятиями преподаватели по направлению 19.04.01 «Биотехнология» имеют значительные возможности для создания кейсов на различные темы и использования кейс-метода в обучении магистров.

В рамках данной работы был разработан и апробирован кейс для магистрантов по теме «Биотехнологические аспекты производства биопрепаратов».

Название кейса: Промышленные выбросы из ферментера.

Введение в тему кейса: На заводе по производству антибиотиков АО «XXX» прошла проверка Росприроднадзора по жалобе от населения. В ходе проверки было установлено превышение содержания загрязняющих веществ в промышленных выбросах, выбрасываемых от ферментера в атмосферный воздух.

Описание проблемы кейса: При обследовании силами предприятия было выявлено, что выбрасываемый воздух содержит 1-3 мг/м³ сухих веществ при влажности 90-100% и содержании капельной влаги в количестве 40-60 г/м³. Технологом данного участка установлено наличие в промышленных выбросах небольшого количества культуральной жидкости в виде мелких брызг (содержание клеток продуцента в которой составляет от $1 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^6$ клеток в 1 м³). Проблема отягчается неприятным запахом промышленных выбросов ввиду содержания органических соединений: амины, альдегиды, жирные кислоты, кетоны.

Описание опыта производства по решению проблемы кейса: Данная проблема была доложена генеральному директору предприятия Кузнецовой Наталье Константиновне. Согласно протоколу совещания главным экологом предприятия предложены к рассмотрению три варианта очистки промышленных выбросов: использование металлокерамического фильтра, метод с применением системы циклона и сетчатых фильтров, а также использование российских гидрофобных фильтрующих элементов из фторопласта.

Задание кейса: По выявленному нарушению Росприроднадзор выдал предписание с 30-дневным сроком для его устранения. Проведите анализ методов очистки промышленных выбросов, предложенных главным экологом, и помогите Наталье Константиновне выбрать оптимальный метод очистки из предложенных или предложите свой метод очистки. Решение нужно обосновать, учитывая технологическую, экологическую и экономическую характеристику метода.

Кроме того, при разработке кейсов необходимо уделить внимание описанию требований к представлению решений кейса, технической документации и мультимедийной презентации.

Занятие с использованием кейс-метода может быть организовано по следующей схеме: организационный момент (объявление темы, целей занятия, мотивация) → выбор кейса → формирование команды → знакомство с содержанием кейса → самостоятельная работа обучающихся с кейсом → дифференцированная помощь преподавателя (необязательный элемент) → подготовка к защите проектов → защита проектов или «труба экспертов» (подключение «держателя» проблемы, в случае его отсутствия экспертом могут выступать преподаватели или одноклассники) → рефлексия.

Во время работы над кейсом студенты самостоятельно анализируют проблемную ситуацию, оценивают альтернативные методы ее решения, выбирают оптимальный выход из ситуации и составляют план осуществления решений, благодаря чему формируется устойчивый навык критической оценки и структурирования информации, выработки управленческих решений различного типа (стратегических, тактических), эффективной коммуникации в процессе формирования и работы в команде над кейсом, разрушения стереотипов (что особенно важно для взрослых обучающихся, имеющих устоявшиеся привычки и личный опыт), развития системного знания и стимулирования инноваций (за счет разного уровня подготовки и базового образования членов команды) и мотивации для собственного развития (по результатам рефлексии).

Таким образом, с учетом достоинств кейс-метода при подготовке биотехнологов считаем возможным рекомендовать данный метод при обучении магистрантов по направлению 19.04.01 «Биотехнология» для персонализации обучения и построения индивидуальной образовательной траектории студентов.

Проект реализуется победителем грантового конкурса для преподавателей магистратуры 2021/2022 Стипендиальной программы Владимира Потанина.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 26.12.2017 N 1642 (ред. от 25.01.2023) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования»
2. Засыпкин В.П., Зборовский Г.Е. Модернизация образования как фактор изменения требований к профессии педагога // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. 2010. №4(11). С. 98-106.
3. Куликов В.М. Проблемы обучения взрослых. 2011. [Электронный ресурс]. URL: https://nsportal.ru/sites/default/files/2021/05/14/statya_problemy_obucheniya_vzroslyh_kulikov_v_m.docx (дата обращения: 14.03.2023).
4. Барина Н.В. Использование кейс-метода при обучении студентов вуза как фактор повышения качества образования // Проблемы современной науки и образования. 2016. С. 70-72.
5. Проектирование модульной образовательной программы «Биополимеры и биопластики на их основе» / Е.В. Перушкина, Е.С. Балымова, А.С. Сироткин, С.А. Сухих, О.В. Кригер [и др.] // Актуальная биотехнология. - 2022. - № 1. - С. 304.
6. О методе кейсов: сайт Международного инженерного чемпионата Case-in. [Электронный ресурс]. URL: <http://case-in.ru/article/9/> (дата обращения: 14.03.2023).
7. Образовательные технологии в партнерских практикоориентированных программах магистратуры / Е.В. Перушкина, Е.С. Балымова, Ф.Т. Шагеева, А.С. Сироткин // Казанский педагогический журнал. – 2022. - В.6. - С.77-83.

8. Case-study как способ (стратегия) понимания // Практик. руководство для тьютора системы Открытого образования на основе дистанц. технологий / под ред. А. Долгорукова. М.: Центр интенсивных технологий образования. 2002. С. 22-44.

9. Особенности разработки магистерской программы «Биополимеры и биопластики на их основе» с целью устранения квалификационных дефицитов / Е.С. Балымова, Е.В. Перушкина, А.С. Сироткин, О.В. Кригер, С.А. Сухих // Интеграция науки и высшего образования в области био- и органической химии и биотехнологии: материалы XVI Всероссийской научной интернет-конференции / ред.кол.: Р.У. Рабаев и др. – Уфа: УНПЦ «Изд-во УГНТУ», 2022. - С.135-136.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ УГОЛЬНОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

**Д. А. Лизункова, И. С. Хромцова, К. К. Назмутдинова, Д. Е. Смирнов,
А. В. Волкова, Т. В. Вдовина**

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет», г. Казань, Россия
lizunkova10361@gmail.com

Аннотация: Проведены исследования процесса доочистки модельного раствора сточных вод в фильтрационной установке с активированным углем в качестве загрузочного материала. Проанализирована эффективность адсорбции ионов аммония и фосфат-ионов активированным углем. В лабораторной фильтрационной установке выявлена скорость адсорбции ионов аммония до 2,47 мг/мин, фосфат-ионов - 0,60 мг/мин.

Ключевые слова: угольный фильтр, адсорбция, доочистка, сточные воды, активированный уголь, ионы аммония, фосфат-ионы, фильтрация.

ANALYSIS OF THE CARBON FILTER EFFICIENCY FOR WASTEWATER POST-TREATMENT

**D. A. Lizunkova, I. S. Khromtsova, K. K. Nazmutdinova, D. E. Smirnov, A. V. Volkova,
T. V. Vdovina**

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia lizunkova10361@gmail.com

Abstract: Studies of the model wastewater solution post-treatment process in a filter with activated carbon as a feed material were carried out. The efficiency of ammonium ions and phosphate ions adsorption by activated carbon is analyzed. In a laboratory filtration unit, the rate of adsorption of ammonium ions was up to 2.47 mg/min, phosphate ions - 0.60 mg/min.

Keywords: carbon filter, adsorption, post-treatment, wastewater, activated carbon, ammonium ions, phosphate ions, filtration.

Спуск сточных вод после биологических очистных сооружений в водоемы рыбохозяйственного назначения повышает требования к качеству очищенной воды. В связи с этим возникает необходимость в глубокой очистке, в том числе с использованием процессов доочистки сточных вод. Среди методов доочистки сточных вод выделяют фильтрование, адсорбцию, коагуляцию, флотацию, ультра- и гиперфильтрацию, электродиализ, ионный обмен, окисление и биологические методы [1].

К преимуществам процессов фильтрации в качестве систем доочистки относятся:

- длительный срок эксплуатации;

- высокое качество очистки при сильном загрязнении;
- низкая стоимость сырья;
- возможность рециркуляции;
- возможность использования в качестве предочистки [2] .

В качестве загрузочных материалов фильтров доочистки применяют адсорбционные материалы, структура которых является наиболее подходящей для очистки от тех или иных примесей. Адсорбционная очистка эффективна во всем диапазоне концентраций примесей в воде, однако более всего её преимущества сказываются на фоне других методов очистки при низких концентрациях загрязнений. Основные области применения адсорбционных процессов в очистке воды – подготовка питьевой воды и доочистка сточных вод [3].

При адсорбции из растворов происходит поглощение адсорбентом, как молекул загрязнения, так и воды. Кроме того, при очистке водных растворов происходит конкуренция двух видов межмолекулярных взаимодействий: гидратация молекул загрязнителя, т.е. взаимодействие их с молекулами воды в растворе, и взаимодействие молекул загрязнителя с адсорбентом. Конкуренция процессов гидратации и адсорбции молекул загрязнителя и адсорбции молекул воды лежит в основе разграничения сорбентов для удаления из воды органических и неорганических веществ.

Для адсорбции как органических, так и неорганических веществ применяют углеродные пористые материалы – активированный уголь, кокс, топливные шлаки, сорбенты на основе целлюлозы и другие дробленые материалы различного органического происхождения [4].

Активированный уголь в качестве фильтрующего материала фильтров доочистки перспективен, поскольку с его помощью возможно практически полное удаление из растворов почти всех органических и соединений, а при определенных условиях и эффективная очистка воды от некоторых токсичных ионов неорганических веществ, в том числе ионов тяжелых металлов [5].

Цель работы заключалась в оценке эффективности доочистки сточных вод в угольном фильтре.

В качестве объекта исследований рассматривался модельный раствор сточных вод после биологической очистки, следующего состава NH_4Cl – 0,12 г/дм³, K_2HPO_4 – 0,06 г/дм³.

Фильтр доочистки представлял собой выполненный из полипропилена цилиндрический резервуар высотой – 21,0 см и диаметром 10,7 см, заполненный активированным углем (рисунок 1). Внутри цилиндра размещалась полая трубка, через которую очищаемая вода подавалась в нижнюю часть фильтра, проходила через слой адсорбента снизу вверх и выводилась через отверстие в верхней части зоны, заполненной загрузкой. Фильтр работал в режиме рециркуляции. Средняя скорость рециркуляции, обеспечиваемая центробежным насосом, составляла 34,5 мл/с.

В качестве фильтрующего материала для загрузки фильтра использовался активированный уголь, представляющий собой твердый пористый материал (рисунок 1). Средний диаметр частиц угля составлял 3 мм, насыпная плотность – 0,242 г/см³.

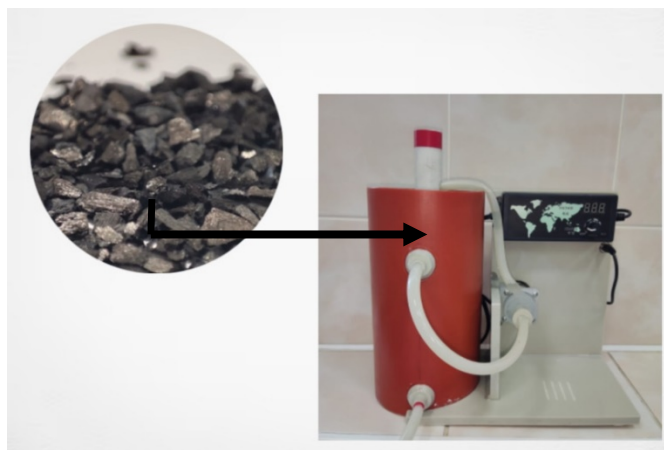


Рис. 1. Лабораторная установка фильтра доочистки, заполненного активированным углем

После запуска фильтра доочистки в режиме рециркуляции в начальный момент и через определенные промежутки времени (5, 20, 35, 65 минут) из верхней, свободной от загрузки, части фильтра осуществлялся отбор проб для анализа эффективности очистки.

Эффективность очистки оценивали по изменению концентрации ионов аммония и фосфат-ионов в очищенной воде, измеряемых согласно стандартным методикам ПНД Ф 14.1:2:3.1-95 и ПНД Ф 14.1:2:4.248-07, соответственно [6,7].

Результаты удаления ионов аммония в процессе фильтрации представлены на рис. 2.

Согласно полученным данным, эффективность удаления ионов аммония в течение 65 минут рециркуляции очищаемой воды в фильтре доочистке составила 63,3 %. При этом в течение первых пяти минут рециркуляции модельного раствора, скорость адсорбции ионов аммония активированным углем составляла в среднем 2,47 мг/мин, в последующие 60 минут - 0,17 мг/мин.

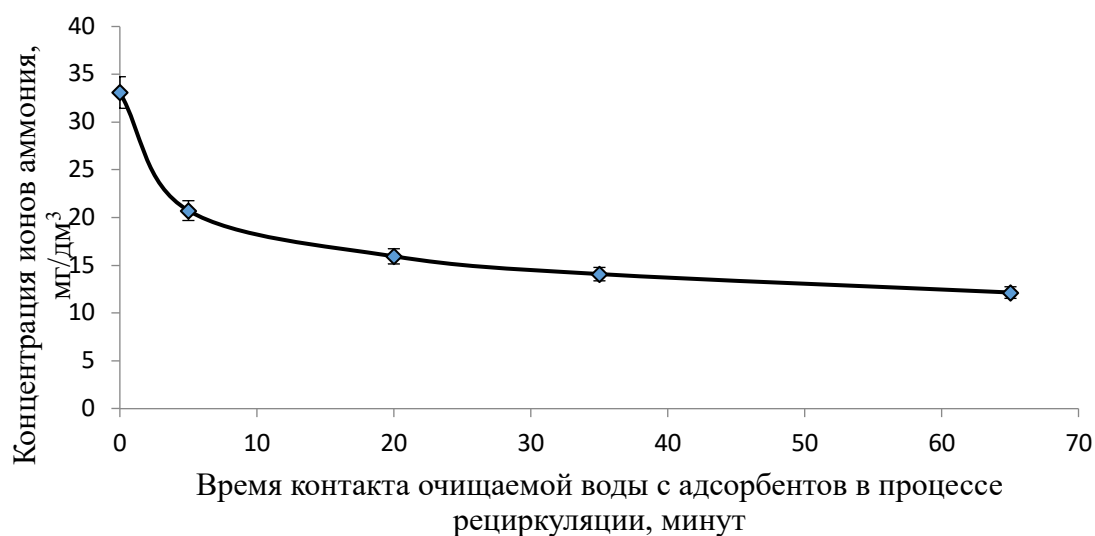


Рис. 2. Изменение концентрации ионов аммония в процессе доочистки

Результаты удаления фосфат-ионов в процессе фильтрации представлены на рисунке 3.

Согласно полученным данным, эффективность удаления фосфат-ионов течение 65 минут рециркуляции очищаемой воды в фильтре доочистке составила 32,6 %. При этом, в течение первых пяти минут рециркуляции модельного раствора в системе доочистки, скорость адсорбции фосфат-ионов активированным углем составляла в среднем 0,60 мг/мин, в последующие 60 минут средняя скорость адсорбции составила 0,04 мг/мин.

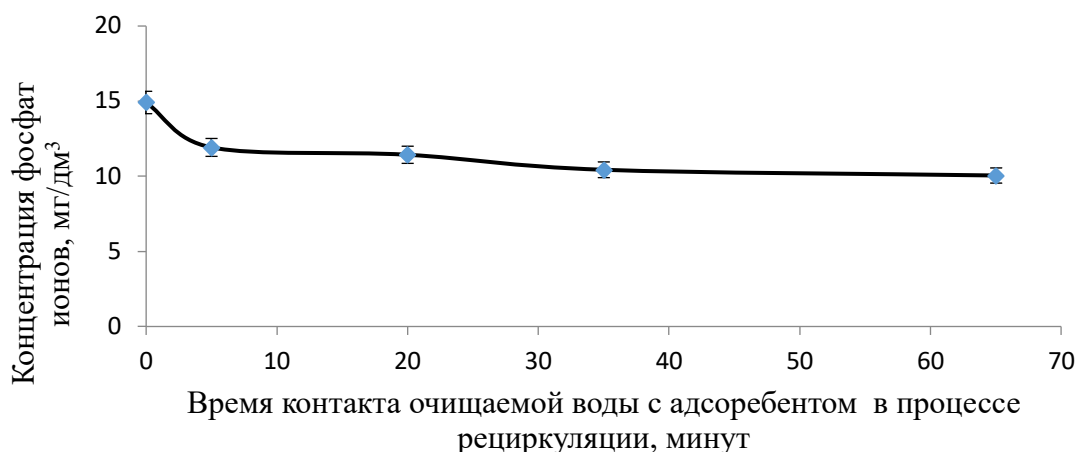


Рис. 3. Изменение концентрации фосфат-ионов в процессе доочистки

Таким образом, экспериментально подтверждена перспективность применения активированного угля в качестве загрузочного материала в фильтрах доочистки сточных вод и обозначены дальнейшие направления экспериментальных исследований в этой области.

Список литературы

1. Александрова В. Е. Методы и устройства для глубокой доочистки сточных вод: научная статья / В. Е. Александрова, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». — Вода и экология, 2020;
2. Заушицин В. Д. Методы очистки воды: статья в сборнике трудов конференции / В. Д. Заушицин, О. Б. Ушакова // ИЖГТУ имени М.Т. Калашникова, РФ, г. Ижевск — 2019;
3. Исаева А. В. Доочистка сточных вод: угольный фильтр: статья в журнале - научная статья/ А. В. Исаева // Nijhuis Water Technology BV, 2014. – 83 с;
4. Федотов Р. В. Современные технологии доочистки природных вод от антропогенных загрязнений: статья в журнале - научная статья/ Р. В. Федотов, С. А. Щукин, А. О. Степаносьянц, Н. И. Чепкасова // ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» — 2016;
5. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с;
6. ПНД Ф 14.1:2:3.1-95 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера/Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. – М., 2017. – 10с;
7. ПНД Ф 14.1:2:4.248-07 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций ортофосфатов, полифосфатов и фосфора общего в пробах питьевых, природных и сточных вод, фотометрическим методом/ Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. – М., 2016. – 10с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ СПОРООБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ НА СРЕДАХ С ГИДРОЛИЗАТОМ МЯСОКОСТНОЙ МУКИ И СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА

Д. Г. Мавлетшина, Р. Т. Валеева, М. Ю. Шурбина, Д. В. Тунцев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
valrt2008@rambler.ru

Аннотация: В последние годы активно используются пробиотики, особенно спорообразующие роды, такие как *Bacillus spp.* становится все более популярным. В данной работе проводили исследование процессов культивирования спорообразующих бактерий на средах с гидролизатом мясокостной муки и свекловичного жома с пробиотической бактериальной культурой *Bacillus subtilis*. Прирост биомасс сравнивали с показателем, значения которого изменялись в достаточно больших пределах - pH культуральной жидкости. Из анализа средних значений pH всех проведенных процессов, следует вывод о линейной зависимости прироста биомасс бактерий от средней величины pH в диапазоне изменения кислотности от 5,6 до 7,3 ед. pH.

Ключевые слова: пробиотики, *Bacillus spp.*, культивирование, мясокостная мука, свекловичный жом, активная кислотность.

STUDY OF THE PROCESSES OF CULTIVATION OF SPORE-FORMING BACTERIA ON MEDIA WITH HYDROLYZATE OF MEAT AND BONE MEAL AND BEET PULP

D. G. Mavletshina, R. T. Valeeva, M.Yu. Shurbina, D.V. Tuncce

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: In recent years, probiotics have been actively used, especially spore-forming genera such as *Bacillus spp.* is becoming more and more popular. In this work, we studied the processes of cultivation of spore-forming bacteria on media with a hydrolyzate of meat and bone meal and beet pulp with a probiotic bacterial culture of *Bacillus subtilis*. The increase in biomass was compared with the indicator, the values of which varied within fairly large limits - the pH of the culture fluid. From the analysis of the average pH values of all the processes carried out, it follows that the increase in bacterial biomass is linearly dependent on the average pH value in the range of acidity changes from 5.6 to 7.3 units. pH.

Key words: probiotics, *Bacillus spp.*, cultivation, meat and bone meal, beet pulp, active acidity.

В последние годы активно используются пробиотики, особенно спорообразующие роды, такие как *Bacillus spp.* становится все более популярным [1].

Пробиотики - это живые штаммы отобранных микроорганизмов, которые имеют преимущества для здоровья, если их вводить в достаточном количестве [1, 2].

Пробиотики должны соответствовать строго определенным критериям, к наиболее важным критериям входят [3, 4]:

- соответствующее количество жизнеспособных клеток,
- благоприятное воздействие на здоровье хозяина, которое также может включать стимуляцию роста,
- благоприятное влияние на функцию пищеварительного тракта.

Эффективность пробиотических препаратов зависит от множества факторов. По этой причине очень важен правильный подбор штаммов бактерий и применение правильной дозы. Благодаря своему благотворному воздействию на здоровье и стимуляции роста пробиотики широко используются в кормах для животных [3].

Пробиотические культуры, используемые в качестве кормовых добавок, должны соответствовать некоторым конкретным критериям отбора и требованиям к пробиотическим штаммам. Оценка безопасности пробиотических штаммов необходима для оптимизации их применения. Однако это непростая задача [5]. Механизм действия пробиотиков в качестве микробиологических добавок к корму до конца не изучен. Прикрепляясь к пищеварительному тракту, пробиотические организмы могут выживать в сложных условиях и оказывать благотворное влияние на стабильность и защиту кишечной экосистемы. Они также влияют на протекание пищеварительных и метаболических процессов, а также на иммунологический ответ. Следовательно, свойства пробиотиков приводят к улучшению здоровья животных, повышению продуктивности [6] и повышению иммунитета хозяина [2, 3].

Отбор новых пробиотических организмов включает штаммы и даже гены микроорганизмов, демонстрирующих наиболее полезные или наиболее специфичные эффекты. Оценка сосредоточена главным образом на безопасности и соотношении пользы и риска, связанных с использованием данного пробиотического штамма [3].

Пробиотические культуры, добавляемые в корм, должны быть устойчивы к температурам и давлению, используемым в процессе гранулирования, а также к влажности и воздействию вредных веществ при обработке и хранении корма, таких как тяжелые металлы или микотоксины. Период высокой активности пробиотиков в кормах и премиксах не должен быть короче 4 месяцев [7].

Пробиотические продукты могут содержать один или несколько выбранных штаммов микроорганизмов. Микроорганизмы, используемые в качестве кормовых добавок, в основном являются бактериями. Чаще всего это грамположительные бактерии, принадлежащие к следующим родам: *Bacillus*. Готовые пробиотические смеси для животных обычно содержат один, два или более штаммов микроорганизмов [2, 8].

На эффективность такого типа смесей влияют многочисленные факторы, в том числе: правильный подбор штаммов и однократная доза, содержащая соответствующее количество жизнеспособных клеток. Чтобы сохранить свойства пробиотических смесей, их необходимо хранить и использовать в соответствии с рекомендациями их производителей. Благодаря содержанию жизнеспособных микроорганизмов пробиотические смеси чувствительны к неблагоприятным

условиям, таким как температура и свет. Важно, чтобы при введении пробиотиков не использовались никакие другие вещества, и чтобы вода, используемая для разбавления, не содержала хлора или других дезинфицирующих средств [7].

Способность бактерий образовывать споры приводит к более высокой устойчивости в процессе производства и хранения [1, 2, 4].

Bacillus subtilis стимулирует иммунную систему, обладает противораковыми свойствами и продуцирует витамин K₂, а коагулянты В. помогают усваивать и потреблять белки [1, 2].

Культивирование является ключевым этапом в производстве пробиотических препаратов. Процесс культивирования должен контролироваться соответствующим образом, чтобы обеспечить высокий выход биомассы и полное использование субстрата.

В данной работе проводили исследование процессов культивирования спорообразующих бактерий на средах с гидролизатом мясокостной муки и свекловичного жома с пробиотической бактериальной культурой *Bacillus subtilis*.

Стерилизацию питательных сред проводили в течение 20-30 минут при 121°C. После охлаждения до 30-35°C в среду вносили 2 суточные культуры исследуемого штамма. Периодическую ферментацию проводили при температуре 37°C, 100 об / мин. Продолжительность ферментации составляла около 30 часов, при этом каждые 2-4 часа отбирались пробы для определения количества жизнеспособных клеток (КОЕ/см³) и титруемой кислотности, содержания редуцирующих веществ. При определении количества жизнеспособных бацилл и биомассы культур проводили десятикратные разведения образцов, которые готовили методом серийных разведений.

Как следует из полученных экспериментальных данных, изменение начальных концентраций редуцирующих веществ, количеств, добавляемых компонентов минерального питания и гидролизатов, незначительно и не может определять наблюдаемый разброс прироста биомасс бактерий в исследуемых процессах. Поэтому прирост биомасс сравнивали с показателем, значения которого изменялись в достаточно больших пределах. Таким показателем является рН культуральной жидкости. Из анализа средних значений рН всех проведенных процессов, следует вывод о линейной зависимости прироста биомасс бактерий от средней величины рН в диапазоне изменения кислотности от 5,6 до 7,3 ед. рН. При этом, чем выше значение рН, тем больше прирост концентрации биомассы микроорганизмов (оптической плотности культуральной жидкости). Такая зависимость очевидно связана с условиями существования пробиотических культур в кишечнике, где среда слабощелочная.

Таким образом, оптимальное значение рН для культивирования пробиотических бактериальных культур лежит в щелочной области. В то же время, зависимости потребления редуцирующих веществ в ходе процесса от рН культуральной жидкости не наблюдается.

Список литературы

1. Mazkour S. Effects of two probiotic spores of *Bacillus* species on hematological, biochemical, and inflammatory parameters in *Salmonella* Typhimurium infected

rats / S. Mazkour, S.S. Shekarforoush, S. Basiri, S. Nazifi, A. Yektaseresht, M. Honarmand // *Medicine, Biology, Scientific Reports*. –2020. – P. 1-12.

2. Мухамедшин А.Ф. Спорообразующие бактерий *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* / А.Ф. Мухамедшин, А.А. Ильина, Р.Т. Валеева // *Интеграция науки и высшего образования в области био- и органической химии и биотехнологии: материалы XVI Всероссийской научной интернет-конференции* / Уфа: УНПЦ «Изд-во УГНТУ». – 2022. – С.96-97.

3. Markowiak P. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition / P. Markowiak, K. Śliżewska // *Gut Pathog.* – No 10 (21). –2018. – P.2-20.

4. Валеева Р.Т. Пробиотические препараты на основе микроорганизмов рода *Bacillus* / Р.Т. Валеева, О.В. Федорова, А.И. Назмиева, Э.И. Нурутдинова // *Вестник технологического университета*. – 2016. – Т. 19. – № 15. – С. 170-174.

5. Anadón A, Castellano V, Martínez-Larrañaga MR. Regulation and guidelines of probiotics and prebiotics / A. Anadón, V. Castellano, M.R. Martínez-Larrañaga //CRC Press, LLC Taylor & Francis Group. – 2014. – No 21. – P. 91-113.

6. Isolauri E. Probiotics / E. Isolauri, S. Salminen, A.C. Ouwehand // *Best Pract Res Clin Gastroenterol*. 2004. – No 18. – P.299-313.

7. Mizak L. Probiotyki w żywieniu z wierząt. / L. Mizak, R. Gryko, M. Kwiatek, et al. // *Życie Weterynaryjne*. – 2012. – No 87(9). – P.736–741.

8. Rachwał A. Naturalne promotory wzrost / A. Rachwał // *Hodowca drobiu*. – 2003. – 8. – P.31–32.

СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭНЕРГИИ В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ НА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А. А. Макушев, С. Г. Мухачев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
makushev.95.00@mail.ru

Аннотация: Энергия является незаменимым инструментом прогресса человечества. Сегодняшний высокий уровень жизни стал возможен только благодаря разумному использованию различных энергетических ресурсов. Понимая тот факт, что энергия является основой экономического роста, управление энергопотреблением и энергосбережение имеют первостепенное значение. Повышение энергоэффективности, является единственным рентабельным и жизненноспособным средством обеспечения надлежащего использования ограниченных природных ресурсов, минимизации операционных расходов и повышения прибыльности предприятий. Значительный рост предприятий, использующих технологическое тепло (целлюлозно-бумажные, сахарные, нефтеперерабатывающие заводы, предприятия нефтехимии и т. д.) в мировом масштабе привели к колоссальному увеличению мощности и количества котельных установок технологического тепла и установок тепловых электростанций. Рост энергопотребления в сочетании с растущими затратами на топливо обусловили необходимость обеспечения того, чтобы котлы работали как можно ближе к оптимальным условиям. Существует потребность в проведении энергетического аудита для анализа различных потерь тепла с целью выявления основных потерь тепла и причин низкой эффективности котла. Затем можно предпринять усилия для минимизации потерь тепла за счет правильной эксплуатации и модификации котла.

Ключевые слова: энергоэффективность; оптимизация котельных установок; рост энергопотребления; природные ресурсы; потеря тепла.

REDUCING EMISSIONS FROM ENERGY PRODUCTION IN BOILER PLANTS AT BIOTECHNOLOGICAL ENTERPRISES

A. A. Makushev, S. G. Mukhachev

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Energy is an indispensable tool for the progress of mankind. Today's high standard of living has become possible only through the wise use of various energy resources. Understanding the fact that energy is the basis of economic growth, energy management and energy conservation are of paramount importance. Along with improving energy efficiency, it is the only cost-effective and

viable means of ensuring the proper use of limited natural resources, minimizing operating costs and increasing the profitability of enterprises. Significant growth in process heat plants (pulp and paper, sugar mills, refineries, petrochemicals, etc.) and electricity all over the world has led to a tremendous increase in the capacity and number of process heat boiler plants and thermal power plants. These expansions, combined with rising fuel costs, have made it necessary to ensure that boilers operate as close to optimal conditions as possible. There is a need for an energy audit and efficiency check to analyze the various heat losses in order to identify the main heat losses and the reasons for the low efficiency of the boiler. Efforts can then be made to minimize heat loss through proper operation and modification of the boiler.

Keywords: energy efficiency; optimization of boiler plants; growth in energy consumption; natural resources; heat loss.

Различные потери тепла в котлах, а именно потери тепла из-за несгоревшего углерода в мусоре, потери тепла из-за сухих дымовых газов, потери тепла из-за влаги в топливе, потери тепла из-за влаги от сжигания водорода, а также потери тепла из-за образования монооксида углерода, потери тепла с зольным остатком, потери тепла из-за излучения и конвекции, потери тепла из-за продувки [1]. Институт энергетических исследований [2] предоставил информацию о стратегиях минимизации тепловых потерь. Самые большие потери энергии в обычном котле, работающем на ископаемом топливе, идут «в дымоход», то есть тепло уносится через дымовую трубу [3]. Избыток воздуха увеличивает потери тепла, так как воздух входит при температуре окружающей среды и выходит из котла при высокой температуре, унося с собой значительное количество полезного тепла [4]. Имеется ряд простых мер, которые могли бы повысить энергоэффективность котла. Многослойная сортировка угля позволяет сортировать и укладывать частицы угля слоями по размеру, при этом большая часть более крупных частиц находится на дне угольного пласта, частицы среднего размера – в середине, а более мелкие – наверху. Полученная многослойная структура приводит к уменьшению содержания несгоревшего углерода в шлаке даже при сниженном избытке кислорода. В результате эффективность котла может быть повышена на 5-6% [5]. Работа котлов при оптимальной эффективности сгорания требует контроля подачи избыточного воздуха. В идеале избыток воздуха и температура дымовой трубы всегда должны поддерживаться на оптимальных уровнях, установленных в ходе процедур настройки. Эта исследовательская работа направлена на повышение эффективности котла в результате снижения различных тепловых потерь [6].

В котельной ведущего целлюлозно-бумажного комбината были проведены испытания эффективности и исследования по энергосбережению. После расчета сумма различных тепловых потерь и КПД котла составляли 19,015 % и 80,98% соответственно. На основе проведенных испытаний эффективности и дальнейшего анализа различных тепловых потерь были предложены следующие рекомендации по повышению энергоэффективности и энергосбережению.

1. Подготовка и обращение с углем. Был проведен ситовой анализ угля, и среднее значение ситового анализа [7] составило 13,5%, что соответствует большему размеру частиц и характеризует крупногабаритный уголь. Из-за крупногабаритного угля несгоревшие потери в зольном остатке довольно высоки.

Чтобы контролировать эти потери, необходимо проводить ситовой анализ угля, выходящего из дробилки в фиксированные промежутки времени (один раз в смену). Один ситовой анализатор лучше установить в котельной, чтобы можно было там проводить ситовой анализ и направлять данные работникам угледробилки.

2. Избыточный воздух. Котел работал при 75% избытке воздуха и 8,8% кислорода в дымовых газах. Это достаточно высокая остаточная концентрация кислорода. Целесообразно котел эксплуатировать при меньшем избытке воздуха (около 40-50%). Для надлежащего контроля избытка воздуха и содержания кислорода в дымовых газах необходимо проводить оперативный анализ кислорода [8]. При отсутствии онлайн-анализатора кислорода рекомендуется проводить анализ дымовых газов через каждые 2 часа и регулировать избыток воздуха для горения по мере изменения условий. Воздух под решеткой должен правильно распределяться для максимальной эффективности горения. Важно обеспечить периодическое наблюдение и техническое обслуживание изношенных или сломанных секций решетки. Инфильтрация воздуха в печь должна быть сведена к минимуму. Она происходит через швы стен печи или через кочегарку. Герметизация печи в местах потенциальных утечек снижает инфильтрацию воздуха.

3. Работа сажеобдувателя. Рекомендуется выполнять операцию сажеобдува один раз в смену. Продувка сажи также должна производиться в экономайзере и воздухоподогревателе.

4. Продувка. Отмечено, что продувка котла осуществляется непрерывно. Обычно продувка чрезмерна, просто для уверенности в полном сгорании топлива. Может быть установлена автоматическая система продувки, состоящая из непрерывного контроля и автоматической регулировки продувки на заданном уровне. Эта автоматическая система может экономить энергию, расходуемую впустую при непрерывной избыточной продувке.

5. Изоляция. Одним из практических правил энергосбережения является то, что любая поверхность с температурой выше 45°C должна быть теплоизолирована, включая поверхности котлов, трубопроводы пара или конденсата, клапаны и фитинги. Вся поврежденная или изношенная изоляция должна быть заменена в первую очередь. Корпус котла необходимо проверить на наличие горячих точек. Горячие точки являются признаком чрезмерных потерь тепла из корпуса котла. Температура поверхности внешней обшивки не должна быть выше 50°C.

6. Программа периодической продувки. Предлагается, чтобы все сотрудники были осведомлены об аспектах энергоэффективности; особенно операторы котельных нуждаются в обучении в области энергосбережения [9].

7. Текущий график отбора проб и мониторинг. Для надлежащего контроля содержания несгоревшего остатка и летучей золы рекомендуется за 8-часовую смену отбирать не менее четырех образцов зольного остатка и летучей золы, которые могут быть отправлены для тестирования в лабораторию на содержание несгоревшего углерода. Это поможет уменьшить потери топлива.

Закключение. Значительные положительные результаты могут быть достигнуты путем использования вышеуказанного подхода при эксплуатации котельных, в данном случае котельной крупной бумажной фабрики. Общий КПД котла

с учетом всех рекомендаций по усовершенствованию увеличился на 2% с 80,98% до 82,98%, что является заметным увеличением, учитывая тот факт, что это не потребовало замены или реконструкции оборудования. Это увеличение эффективности красноречиво говорит об эффективности автоматического управления энергопотреблением. Полученную таким образом экономию денежных средств можно с пользой использовать для других целей, например, для котлов (особенно работающих на угле). Есть надежда, что если будут предприняты немедленные шаги по повышению осведомленности об энергоэффективности в промышленности и будет реализована национальная программа политики по энергосбережению, то это будет способствовать устойчивому росту экономики в целом.

Список литературы

1. Зейтц Р. А. Справочник по энергоэффективности. Совет владельцев промышленных котлов / Р. А. Зейтц, В.А. Берк // Справочник по энергоэффективности. – 2003. - С. 25-65.
2. Вирендра Р. Потенциал энергосбережения в установках по переработке угля тепловых электростанций / Р. Вирендра // Международный журнал управления энергетическим сектором. - 1997. - С. 11-22.
3. Beer J. M. Предлагаемое повышение эффективности промышленных котлов в Шаньси, Потенциальное снижение выбросов углекислого газа — польза для здоровья и связанные с этим затраты / J. M. Beer // Шанси - 2002. - С. 275-285.
4. Оздемир Э. Возможности энергосбережения с помощью регулятора переменной скорости в котельной / Э. Оздемир // <https://www.semanticscholar.org/author/Engin-%C3%96zdemir/2406976> - 2004. - С. 981-993.
5. Боундер П. Энергетический аудит в обрабатывающей промышленности, энергосбережение и управление / П. Боундер // Индия, Хайдарабад - 1996. – С. 24-27.
6. Каллаган П. В. Управление энергопотреблением / П. В. Каллаган // McGraw Hill Book Company Limited. - Беркшир, Англия - 1996. - С. 17-24.
7. Докрилл П. Котлы и нагреватели — повышение энергоэффективности / П. Докрилл // Федеральная программа по промышленным котлам – Канада - 2001. – С. 96-98.
8. Хейн Г. Эффективность котлов и качество пара — задача создания качественного пара с использованием существующих коэффициентов полезного действия котлов / Г. Хейн // Национальный совет инспекторов по котлам и сосудам – США. - 2004. – С. 53-55.
9. Джабер Д. и Маккой Г. А. Управление паровыми системами – передовой опыт / Д. Джабер и Г. А. Маккой // Альянс по энергосбережению. – Вашингтон, США, 2001. С. 73-75.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДРОЖЖЕЙ

Я. М. Матвеев, С. А. Понкратова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
kiberponk@gmail.com

Аннотация: Рассмотрена важность культивирования дрожжей. Выявлены факторы оказывающие основное влияние на рост и развитие дрожжевой культуры. Дана оценка систематизации, накопления и обмена научной информации о процессах культивирования. Предложена информационная система, которая будет накапливать и систематизировать знания о процессах. Описаны способы хранения данных. Определены преимущества от использования веб-интерфейсов в совокупности с системой управления базой данных.

Ключевые слова: биотехнология, дрожжи, культивирование дрожжей, база данных, веб-интерфейс.

THE MAIN APPROACHES TO THE FORMATION OF AN INFORMATION DATABASE IN THE FIELD OF YEAST CULTIVATION

Y. M. Matveev, S. A. Ponkratova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: The article discusses the importance of cultivating yeast. Factors that have a major impact on the growth and development of yeast culture have been identified. An assessment of the systematization, accumulation, and exchange of scientific information on cultivation processes is given. An information system is proposed that will accumulate and systematize knowledge about processes. Methods of data storage are described. The advantages of using web interfaces in conjunction with the database management system are determined.

Keywords: biotechnology, yeast, yeast cultivation, database, web interface.

Дрожжи занимают доминирующее положение в биотехнологических производствах. По разным подсчетам в себестоимости дрожжей и их продуцентов порядка 70% составляют затраты на сырье [1]. Учеными постоянно проводятся исследования с целью поиска дешевого сырья или оптимальных способов культивирования, которые обеспечат высокий выход биопродукта. Принимая этот факт во внимание, с уверенностью можно сказать, что исследования в данной области привели к накоплению большого объема научной информации, которая в свою очередь фрагментирована и не систематизирована [2].

Информация занимает ключевую роль в производстве, именно благодаря ей наше общество стремительно развивается. При этом проблема её поиска до сих пор остается актуальной. На отбор и изучение литературных источников, в

различных библиотечных системах, уходит достаточно большое количество времени, не стоит забывать про время, затраченное на сравнительный анализ между ними, с целью выбора наилучшего метода или получения нового продукта на основе уже имеющегося оборудования.

В век информационных технологий особую важность приобретает быстрый и удобный поиск информации. На сегодняшний день существует множество программных инструментальных средств и информационных систем, которые могут повысить эффективность предприятия. Быстрый обмен, обработка и умножение данных необходимы в целях действенной и успешной работы всех организационных единиц предприятия. Именно внедрение информационных технологий позволит решить проблему с накоплением научной информации в биотехнологической отрасли [3].

Доминирующее использование дрожжей в промышленности связано с тем, что они наиболее экономичны и экологичны. Кроме того, дрожжи, в отличие от других биологических объектов, достаточно легко культивировать в промышленных условиях, они обладают высокой скоростью роста, устойчивы к посторонней микрофлоре, способны усваивать многие источники питания, продукт легко отделяется от культуральной жидкости, а содержание белка достигает 66%, что является самым высоким показателем среди остальных биологических объектов [4]. Из недостатков можно отметить толстую клеточную стенку и большое количество нуклеиновых кислот. Дрожжи имеют большое практическое значение. Они сами и их продукты используются в пищевой и химической промышленности, медицине, сельском хозяйстве, животноводстве и природоохранных мероприятиях. С их помощью мы получаем продукты питания, различные белковые добавки, лекарственные препараты, используем их в качестве биопестицидов, ферментов, а также в системах аэробной переработки сточных вод [5].

Во многих литературных источниках в основном выделяют следующие факторы, которые оказывают преимущественное влияние на качественные показатели дрожжей – это состав и качество сырьевого материала, процесс культивирования, температура, кислотность, влажность, интенсивность аэрации, концентрация углеводов и минералов, наличие витаминов и микроэлементов, а также наличие посторонней культуры. Кроме того, важным элементом процесса культивирования дрожжей является и биореактор. От него в большинстве случаев зависит техническое и экономическое исполнение процессов реакций [6, 7].

С целью систематизации и структурирования информации в обозреваемой предметной области предлагается создать такую информационную систему, в которой будет содержаться информация о различных видах дрожжей с учетом различных способов и факторов культивирования.

Главным средством хранения и обработки данных на данный момент являются базы данных. Такая технология хранилищ предоставляет пользователю информацию в удобном виде, с помощью которой пользователь способен сам быстро принять решение. База данных – это интегрированная компьютерная система, содержащая совокупность именованных данных и метаданных, отражающая состояние объектов и их отношений в заданной предметной области. Функ-

циональной особенностью баз данных, в отличии от других типов хранилищ, является возможность сортировки данных и осуществление выборки исходя из необходимой информации.

Выделяют следующие основные виды моделей данных [8]:

1. Иерархическая модель;
2. Сетевая модель;
3. Реляционная модель;
4. Модель инвертированных списков.

Реляционная база данных – это система, использующая табличное хранение и представление данных, где связи между таблицами могут быть заранее предопределены [9]. Данная модель чаще всего используется в коммерческой разработке. В первую очередь это связано с простотой информационной конструкции – табличное представление данных не только упрощает процесс разработки, но и предоставляет данные пользователям в удобном формате; нормализация отношений позволяет получить базу данных с заданными характеристиками; независимость данных позволяет избежать масштабных изменений в прикладных программах. Реляционные модели не идеальны и имеют недостатки – низкая скорость при выполнении запросов и большой расход памяти для представления данных. Одно удобство от использования вполне покрывает перечисленные недостатки.

Базы данных создаются, наполняются и работают под управлением специальных программных средств, называемых системами управления базами данных (СУБД). Система управления является посредником между пользователем и базой. База данных представляет собой набор файлов, а система управления позволяет упростить взаимодействие с ней. Полученные запросы от пользователя система переводит в сложные операции необходимые для выполнения запроса. Кроме того, система обладает повышенной надежностью и очень просто интегрируется в другое приложение, что делает процесс разработки информационной системы более удобным [10].

Система управления реализует ряд важных функций [11]:

- обеспечивает хранение, извлечение и обновление данных, содержащихся в базе;
- поддерживает доступность для пользователей необходимых каталогов, в котором хранятся описание элементов данных;
- обеспечивает поддержку выполнения транзакций с возможностью вернуться в начальное состояние;
- осуществление параллельного доступа к совместно обрабатываемым данным;
- предоставлять средства для восстановления при повреждении или разрушении базы;
- гарантировать контроль для доступа к данным, чтобы изменения могли вносить только пользователи, обладающие специальными правами;
- поддерживать обмен данными с разными диспетчерами обмена данными;
- предоставлять набор вспомогательных функций, для оказания помощи в администрировании базы данных.

СУБД решает проблему сбора, хранения и систематизации информации, но ни одна из них не имеет графического интерфейса пользователя, а это значит, что информация становится менее доступной для обычного человека-непрограммиста. Да и в целом функционал большинства из них достаточно ограничен. Система управления обязательно должна быть использована в комбинации с приложением, которое полностью обеспечивает пользовательский интерфейс, это значит, что она должна иметь различные формы для записи данных, кнопки, например, для их фильтрации, и меню – все это упрощает взаимодействие пользователя с БД и позволяет выполнять, генерировать различные запросы и получать на них ответы не погружаясь в различные языки программирования. В настоящее время большую популярность для работы с базами данных получило использование веб-интерфейсов.

Веб-интерфейс – это совокупность веб-страниц, предоставляющая пользователю специальные средства для взаимодействия с сервисом или устройством через веб-браузер [12]. Говоря о веб-интерфейсе, часто подразумевают технологию «клиент-сервер», которая состоит из клиентской части, где пользующийся информационной системой человек формирует запросы к вычислительной машине и получает от него ответы, и серверной части, где выполняются различные операции по запросу, а затем формируется и отправляется ответ при помощи сети интернет с использованием специального шифрующего протокола [13]. Использование веб-интерфейса связано с рядом преимуществ [14]:

- высокая степень безопасности;
- нет необходимости в скачивании, установки и обновлении программного обеспечения;
- удобство в администрировании и обслуживании;
- пользователю не требуется следить за обновлениями и актуализацией данных, все происходит на сервере;
- независимость от характеристик системы пользователя – кроссплатформенность.

Качество и быстрота передачи информации напрямую влияет на применение инновационных методов как в производственных процессах, так и в бизнесе. Переизбыток информации, а также отсутствие структуризации данных ведет к потере времени и интеллектуальных ресурсов человека, затраченных на поиск необходимых данных или на процесс их сортировки. В настоящее время в биотехнологической отрасли существует потребность развития информационных систем и усовершенствования существующих, которые способны удовлетворить информационные потребности научного сообщества. Создание информационной системы позволит накапливать знания об уже изученных методах и процессах, а также упростит их поиск.

Список литературы

1. Туршатов М.В. Технологические основы получения белковых кормопродуктов при переработке крахмалсодержащего сырья в биотехнологическую и химическую продукцию / М.В. Туршатов, В.В. Кононенко, В.П. Леденев, В.А. Кривченко,

- А.О. Соловьев, Н.Д. Моисеева, Т.И. Лозанская, Н.М. Худякова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – №2. – С. 5-8.
2. Батыргазиева Д.Р. Разработка сетевой базы данных в области культивирования микроорганизмов с использованием веб-интерфейса / Д.Р. Батыргазиева, О.О. Архипова, В.С. Нохаева // Успехи в химии и химической технологии. Том XXXIII. – 2019. – №11. – С. 15-17.
 3. Кошкина Л.Ю. Инжиниринг биотехнологических процессов и систем: учебное пособие / Л.Ю. Кошкина, А.С. Понкратов, С.А. Понкратова. – Казань: Издательство КНИТУ, 2019. – 104 с.
 4. Банницына Т.Е. Дрожжи в современной биотехнологии / Т.Е. Банницына, А.В. Канарский, А.В. Щербаков, В.К. Чеботарь, Е.И. Кипрушкина // Вестник международной академии холода. – 2016. – №1. – С. 24-29.
 5. Загоскина Н.В. Биотехнология: учебник и практикум для вузов / Н.В. Загоскина, Л.В. Назаренко. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 381 с.
 6. Воробьева Е.С. База данных по биореакторам / Е.С. Воробьева, Р.Р. Сафаров, С.И. Иванов, Н.В. Меньшутина // Программные продукты и системы. – 2015. – №3. – С. 210-213.
 7. Винаров А.Ю. Процессы и аппараты биотехнологии: ферментационные аппараты: учебное пособие для вузов / А.Ю. Винаров, Л.С. Гордеев, А.А. Кухаренко, В.И. Панфилов, В.А. Быков. – 2-е изд., перераб и доп. – Москва: Юрайт, 2022. – 274 с.
 8. Волхонский А.Н. Модели данных при проектировании баз данных автоматизированных систем / А.Н. Волхонский // Международный студенческий научный вестник. – 2021. – №6. – С. 38-43.
 9. Васильева К.Н. Реляционные базы данных // К.Н. Васильева, Г.Я. Хусаинова // Colloquium-journal. – 2020. – №2. – С. 22-23.
 10. Мамедли Р.Э. Системы управления базами данных: учебное пособие / Р.Э. Мамедли – Нижневартонск: Издательство НГУ, 2021. – 214 с.
 11. Илюшечкин В.М. Основы использования и проектирования баз данных: учебник для вузов / В.М. Илюшечкин. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 213 с.
 12. Митенев Ю.Е. Современные веб-интерфейсы и способы их реализации / Ю.Е. Митенев, И.В. Ананченко // ADVANCED SCIENCE. – 2018. – №1. – С. 142-144.
 13. Даниленко А.Н. Разработка многопользовательского web-интерфейса системы как инструмента использования математических пакетов для решения инженерных задач / А.Н. Даниленко, И.А. Жданов // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2018. – №2. – С. 183-190.
 14. Прибылов А.Ю. Структура баз данных с использованием веб-интерфейса / А.Ю. Прибылов // Информатика и прикладная математика. – 2015. – №21. – С. 84-87.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОМИКРОБНЫХ РЕАГЕНТОВ НА МИКРОФЛОРУ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

И. И. Мингазетдинова, Е. Н. Нуруллина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

ilsiyar1980@mail.ru

Аннотация: Проведены исследования по выявлению противомикробных свойств реагентов на основе персульфата калия и определению оптимальных концентраций для внесения в систему оборотной воды предприятий нефтехимического профиля.

Ключевые слова: микроорганизмы, противомикробные реагенты, водоснабжение.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF ANTIMICROBIAL REAGENTS ON THE MICROFLORA OF WORKING WATER OF PETROCHEMICAL ENTERPRISES

I. I. Mingazetdinova, E. N. Nurullina

FSBEI HE "Kazan National Research Technological University", Kazan, Russia

Abstract: Studies have been carried out to identify the antimicrobial properties of reagents based on potassium persulfate, and to determine the recommended concentrations for introducing petrochemical enterprises into the circulating water system.

Key words: microorganisms, antimicrobial reagents, water supply.

Микробная биопленка представляет собой серьезную проблему в области водоподготовки, в том числе и для систем оборотного охлаждения предприятий нефтехимического профиля [1].

Повышенный уровень микрофлоры приводит к проблемам эксплуатации, среди которых основными являются биокоррозия, приводящая к разрушению оборотных систем и конструкций, а также забивка труб биомассой микроорганизмов и продуктами их метаболизма, что приводит к уменьшению эффективности технологического процесса [1-3].

Одним из основных методов борьбы с биопленкой в оборотных системах являются многочисленные технологии обработки с применением противомикробных реагентов.

Данные реагенты делятся на две основные группы:

– окисляющие (хлор, бром, озон, диоксид хлора, перуксусная кислота);

– неокисляющие (хлорометил/метилизотиазолон, глутаровый альдегид, бронопол, соли четвертичных аммониевых оснований, дитиокарбонаты [4].

Исследуемые в работе противомикробные реагенты SE-1 и ICW-1 - китайского производства, созданы на основе моноперсульфата калия, представленного тройной солью, выполняющего функцию основного действующего вещества. Они обладают широким спектром антимикробного действия, то есть подавляют рост всех групп микроорганизмов: бактерий, грибов, водорослей и простейших.

В основе действия этой группы реагентов лежит одновременное образование активного кислорода, свободного радикала гидроксила, перекиси водорода и небольшого количества хлорноватистой кислоты. Эти окислители действуют одновременно и быстро уничтожают всех представителей микрофлоры [5].

Целью работы было проверить степень антимикробного влияния SE-1 и ICW-1 и определить рекомендованные концентрации этих препаратов для внесения в систему оборотной воды предприятий нефтехимического профиля.

Для проверки противомикробных свойств реагентов на основе персульфата калия ICW-1 и SE-1, с целью идентифицировать как можно больше физиологических групп микроорганизмов, применялись стандартные селективные питательные среды:

- при выращивании бактерий - питательный агар и мясопептонный агар;
- грибов – агаризованная среда Сабуро;
- водорослей – жидкая среда Тамия [6].

В среды добавляли реагенты до конечных концентраций 30, 50, 100, 150 мг/л (ICW-1) и 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20 мг/л (SE-1).

Результаты исследований.

В работе было изучено влияние исследуемых реагентов на бактерии, растущие на питательном агаре:

– ICW-1 уже при начальной концентрации 30 мг/л практически полностью подавлял рост микрофлоры (рисунок 1а) При увеличении концентрации реагента существенного эффекта не наблюдалось;

– SE-1 - при концентрациях 4-5 мг/л вызывал сильный эффект стимуляции роста. Повышение концентрации до 6-8 мг/л дало бактерицидный результат, при этом явно недостаточный: снижение численности бактерий в опытных пробах составило 50-60% по сравнению с контролем (рисунок 1б).

При дополнительном исследовании, концентрация реагентов была увеличена (ICW-1 до 150 мг/л, SE-1 до 10-20 мг/л), что привело к полному подавлению любого микробного роста на агаре (таблица 1).

При исследовании влияния исследуемых реагентов на группу гетеротрофных бактерий на мясопептонном агаре были получены аналогичные результаты:

– ICW-1, уже в концентрации 30 мг/л приводил к существенному снижению роста, а начиная с 50 мг/л бактериальная микрофлора практически полностью подавлялась;

– низких концентрациях (5-10 мг/л) SE-1, также, как и на агаре, приводила к стимуляции роста бактерий. Но уже при 20 мг/л наблюдался существенный бактерицидный эффект (рисунок 2 а, б).

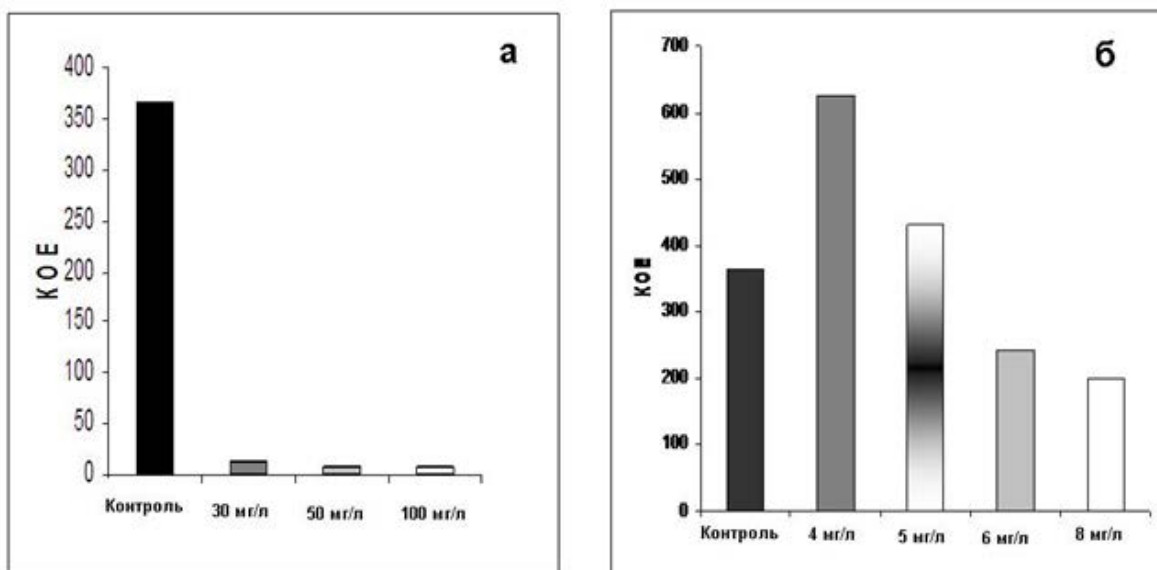


Рисунок 1 - Влияние реагентов ICW-1 (а) и SE-1 (б) на рост микроорганизмов (агар)

Таблица 1 – Влияние биоцидных ингибиторов на рост микроорганизмов при увеличении концентрации (среда – агар)

Реагент	Разведение	Конц. реагента, мг/л	КOE среднее	Количество выживших клеток, %
Контроль	Исходный	-	217	100
ICW-1	Исходный	150	-	0
SE-1	Исходный	10	-	0
SE-1	Исходный	15	-	0
SE-1	Исходный	20	-	0

В работе также были проведены эксперименты по проверке фунгицидных свойства исследуемых реагентов ICW-1 и SE-1.

Было выявлено, что:

– ICW-1 практически полностью подавляет рост микромицетов при концентрации 30 мг/л (рисунок 3а);

– применение SE-1 в концентрации 15 мг/л приводит к существенному ингибированию, а концентрация 20 мг/л - к полному подавлению роста микромицетов (рисунок 3б).

Проведенные в работе эксперименты по выявлению влияния реагентов на альгофлору показали следующее:

– ICW-1 уже на 3-и сутки полностью уничтожает водоросли во всех изученных концентрациях;

– SE-1 также на 3-и сутки сильно ингибирует рост водорослей при концентрациях 10 и 15 мг/л и полностью подавляет альгофлору при 20 мг/л. Но с течением времени свойства SE-1 незначительно снижались.

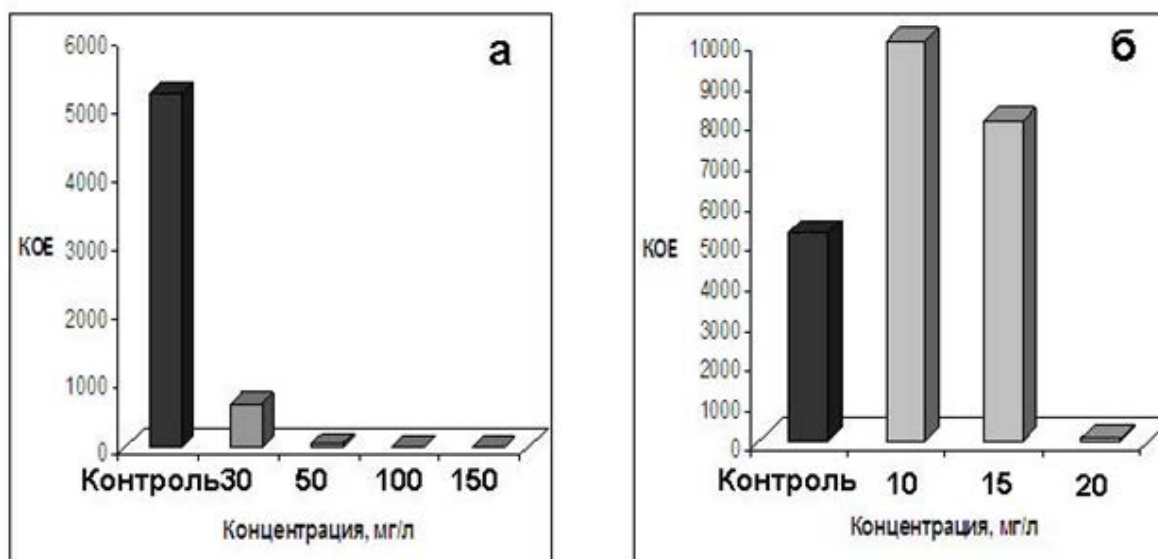


Рисунок 2 - Влияние реагентов ICW-1 (а) и SE-1 (б) на рост гетеротрофных микроорганизмов (МПА)

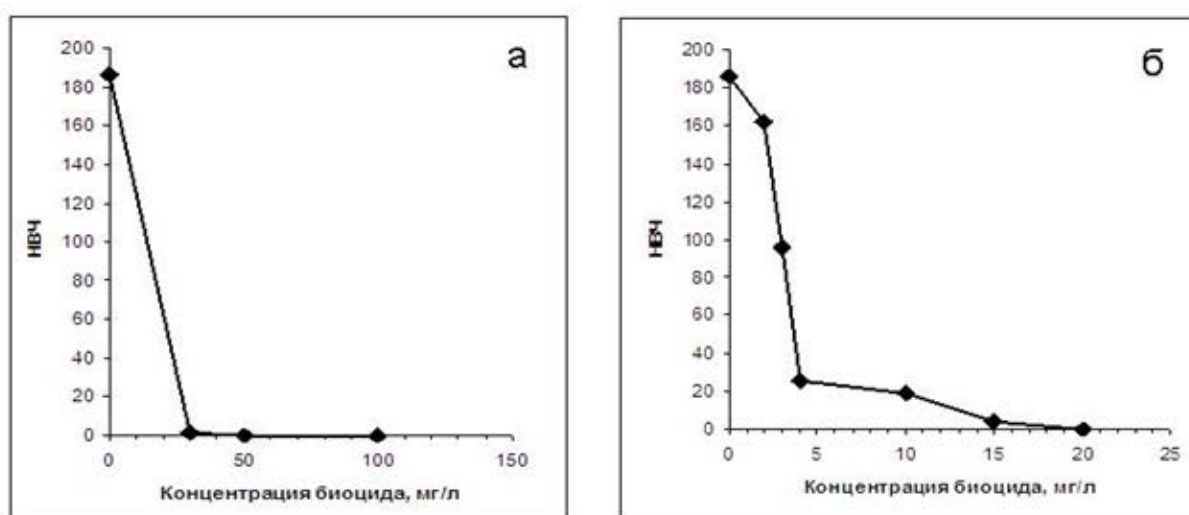


Рисунок 3 - Влияние разных концентраций реагентов на рост микромицетов (а – ICW-1; б – SE-1)

Исследуемые реагенты ICW-1 и SE-1 обладают широким спектром действия. ICW-1 подавляет рост бактерий и микромицетов при концентрации 50 мг/л, а SE-1 – при 20 мг/л. Но при низких концентрациях (4-10 мг/л) SE-1 значительно стимулирует рост микроорганизмов.

1. Оба реагента обладают ярко выраженным альгицидным действием – рост водорослей подавляется уже при 30 мг/л (ICW-1) и 15 мг/л (SE-1).
2. Рекомендованные концентрации ICW-1 и SE-1 для внесения в систему оборотной воды составляют 50 мг/л и 30 мг/л соответственно.

3. Обработка систем водооборота и в частности оборотной воды предприятий нефтехимического профиля рекомендуется в «шоковом» режиме – с периодичностью 1раз/48 часов.

Список литературы

1. Шабалин А.Ф. Эксплуатация промышленных водопроводов. – «Металлургия», 1972. – 504 с.
2. Мишустин Е.М., Емцев В.Т. Микробиология. – М.: «Колос», 1970. – 320 с.
3. Шлегель Г. Общая микробиология: Пер. с нем. – М.: Мир, 1987. – 567 с.
4. Nalepa C.J. and Williams T.M. Biocides. Selection and Applications // The science and technology of industrial water treatment. – 2010. – 530 p.
5. Система очистки сточных вод. Система очистки питьевой воды. – брошюра ООО «Rosun».
6. ГОСТ ISO/TS 11133-1—2014 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Часть 1. Общие руководящие указания по обеспечению качества приготовления питательных сред в лаборатории. Международный стандарт. – М.: Стандартиформ, 2015. – 20 с.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ТОКСИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ: ВТОРОЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

**А. З. Миндубаев^a, Э. В. Бабынин^b, С. Т. Минзанова^c, А. В. Кобелев^a,
Е. К. Бадеева^c**

^a Казанский национальный исследовательский технологический университет
(КНИТУ КХТИ)., 420015, Казань, ул. Карла Маркса, 68.

E-mail: mindubaev-az@yandex.ru

^b Татарский НИИАХП ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Российская Федерация,
420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 20а

^c Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова Казанского
научного центра Российской академии наук. Ул. Арбузова, 8. г. Казань, 420088.
Республика Татарстан. Россия.

E-mail: mindubaev-az@yandex.ru ; a.mindubaev@knc.ru

Аннотация: Впервые в мире осуществлена биологическая детоксикация элементного – белого и красного – фосфора. Получены культуры плесневых грибов, превращающие вещество первого класса опасности белый фосфор в безвредный фосфат. Это первый пример включения белого фосфора в биосферный круговорот элемента фосфора. В перспективе результаты исследований могут стать основой эффективных методов предотвращения и ликвидации загрязнений токсичными соединениями фосфора. Поэтому, исследование представляет интерес и для практического применения, и с точки зрения фундаментальной науки.

Ключевые слова: Биodeградация, элементный фосфор, микробные культуры, черный аспергилл.

BIOLOGICAL TRANSFORMATION OF TOXIC COMPOUNDS: THE SECOND DECADE OF RESEARCH

A. Z. Mindubaev^a, E. V. Babynin^b, S. T. Minzanova^c, A. V. Kobelev^a, E. K. Badeeva^c

^a Kazan National Research Technological University. 68 Karl Marx street
Kazan 420015.

^b Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science – Subdivision of the Federal
Research Center “Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences”.

^c A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, FRC of Kazan Scientific Center
of Russian Academy of Sciences

Abstract. The world's first biological detoxification of elemental - white and red - phosphorus was carried out. We obtained mold fungi cultures, which transform a substance of the first hazard class white phosphorus into harmless phosphate. This is the first example of the inclusion of white phosphorus into the biospheric cycle of the phosphorus element. In the future, the results of the research may become the basis for effective methods of preventing and eliminating pollution by toxic

phosphorus compounds. Therefore, the research is of interest both for practical application and from the point of view of fundamental science.

Keywords: *Biodegradation, elemental phosphorus, microbial cultures, black aspergill.*

На протяжении четырнадцати лет нашим коллективом ведется работа по исследованию биodeградации – в первую очередь, фосфорсодержащих соединений. Впервые в мире осуществлена биологическая детоксикация элементного – белого и красного – фосфора. Получены культуры плесневых грибов, превращающие вещество первого класса опасности белый фосфор в безвредный фосфат. Это первый пример включения белого фосфора в биосферный круговорот элемента фосфора. В перспективе результаты исследований могут стать основой эффективных методов предотвращения и ликвидации загрязнений токсичными соединениями фосфора.

Более восьми лет назад, в октябре 2014 года нами выделена экстремотолерантная культура гриба черного аспергилла, превращающая токсичные соединения фосфора в фосфат, который может служить подкормкой для растений [1, 2]. Впервые в мире наблюдали биodeградацию аллотропных модификаций элементного фосфора, белого, и красного.



Рис. 1. Колонии чёрных аспергиллов в среде, содержащей 0.05% белого фосфора

Эта концентрация соответствует 250 ПДК! Место съемки: виварий микробиологической лаборатории ИОФХ. Снимок на цифровой фотоаппарат Samsung, 13 10 2014 г.

При воздействии белого фосфора наблюдается резкое изменение морфологии (табл.) и протеома исследуемых грибов, позволяющее им более эффективно защищаться от токсического воздействия, существовать в загрязненной среде и превращать токсичные загрязнители в компоненты фосфорных удобрений [3].

Таблица 1

Результаты проверки на нормальность по критерию Д'Агостино-Пирсона величин толщины клеточной стенки и размера митохондрий у *A. niger* в присутствии белого фосфора (опыт) и в контроле

<i>A. niger</i> AM1	Толщина клеточной стенки		Диаметр митохондрий	
	К2-значение	P-значение	К2-значение	P-значение
Опыт	1.21	0.1812	1.614	0.4461
Контроль	2.491	0.2877	4.464	0.1073

Происхождение штамма *Aspergillus niger*, выделенного из емкости с кусковым белым фосфором, воспроизведена с построением филогенетического дерева. Для сравнения использовались штаммы *A. niger*, выделенные в разных странах мира и представленные в базе National Center for Biotechnology Information (NCBI). Результат сравнения свидетельствует о следующем. В наибольшем родстве со штаммом AM1 состоят два штамма черного аспергилла из почвы с соевых полей в районе Нанкина (Китай), которые способны к растворению малорастворимых в воде почвенных фосфатных минералов при помощи органических кислот, которые они продуцируют. Указанные штаммы выделены из ризосферы растений сои (*Glycine max*) и, по всей видимости, повышают эффективность снабжения растений фосфором, вступая с ними в симбиотические отношения. Они имеют высокий процент сходства по гену ITS с объектом нашего исследования – *A. niger* AM1.

Роль контролей выполняют внешние группы - штаммы других видов: аспергилл атласный *A. bombycis* и аспергилл дымящийся *A. fumigatus*. Штаммы из одного кластера, состоящие в близком родстве друг с другом, должны быть сходны по характеристикам. Филогенетический анализ позволяет приблизительно оценивать потенциальную токсичность, патогенность и аллергенность штаммов, а также ряд параметров, интересных для биотехнологов.

Таким образом, AM1 относится к кластеру штаммов, распространенному в Южной Азии и адаптированному к существованию в условиях нехватки биодоступного фосфора. Китай производит свыше 70% белого фосфора в мире, поэтому вещество (а с ним и споры микроорганизмов) могли быть импортированы в Россию из этой страны.

Для того, чтобы подтвердить родство с известными солюбилизаторами фосфатов, мы исследовали способность *Aspergillus niger* AM1 метаболизировать ортофосфат кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ – наиболее распространенную форму фосфора в природе, но при этом малодоступную для живых организмов из-за практической нерастворимости в воде. Оказалось, что штамм потребляет нерастворимый фосфат так же легко, как растворимые фосфаты, входящие в состав культуральных сред. То есть, действительно является солюбилизатором фосфата, как следует из теоретических результатов анализа базы NCBI.

Интересно, что в декабре 2016 года мы получили дочерний штамм гриба *A. niger* AM2, еще более адаптированный к росту в среде с белым фосфором. Утолщенная клеточная стенка и увеличенные митохондрии у него наблюдаются и в контроле, в отсутствие этого токсичного вещества [3].

Мы впервые в мире обнаружили у белого фосфора генотоксическое, ДНК повреждающее свойство. Причем на нескольких объектах: прокариотическом организме - бактерии *Salmonella typhimurium* и эукариотическом – растении *Allium cepa*. Наши исследования показали, что белый фосфор является сильным мутагеном и даже в низкой концентрации 0.008% вызывает резкое увеличение частоты генных и геномных перестроек. То есть, является еще более опасным для окружающей среды и людей, чем считалось до сих пор [4].

Для фосфорных соединений велики перспективы биodeградации по причине того, что опасность фосфатов для окружающей среды существенно ниже,

чем восстановленных соединений фосфора. Элемент фосфор в виде простых веществ и восстановленных соединений является опаснейшим загрязнителем окружающей среды, поскольку эти вещества сильно ядовиты, а некоторые, к тому же, огнеопасны. Однако живые клетки всегда накапливают окисленную форму фосфора – фосфат, в составе самых разнообразных органических и неорганических молекул. Если доля фосфора в земной коре составляет 0.12%, то в биомассе живых организмов концентрация этого элемента составляет уже 3%, т.е. в 25 раз выше! Для фосфорорганических соединений биodeградация уже применяется [5]. Но для элементного (белого и красного) фосфора она стала известна только из наших работ.

Начаты исследования активности лектинов *A. niger* AM1 и AM2. Показано, что у обоих штаммов, несмотря на их близкое родство, активность лектинов заметно различается. Исследована гемагглютинирующая активность лектинов, их влияние на клетки одноклеточной водоросли хлореллы. Планируется исследование влияния лектинов на бактерии и грибы.

В настоящее время продолжается исследование биodeградации при помощи исследуемых штаммов грибов пестицидов, содержащих фосфор, а также другие элементы, например, бор. Также, показана биodeградация лигнинсульфоната –отхода целлюлозно-бумажной промышленности.

Нами создано ООО «Интехтокс», которое вошло в реестр участников проекта «Сколково» (рис. 2). В нем ведутся прикладные научные исследования по созданию биопрепаратов, способных очищать почвы и сточные воды от фосфорсодержащих загрязнителей. В январе 2023 года наше ООО отметило круглую дату – пятилетний юбилей. В настоящее время мы исследуем биodeградацию при помощи AM1 и AM2 веществ, не содержащих фосфор – нефтей и нефтепродуктов, древесины и продуктов ее переработки. Также, планируем изучать переработку полимерных материалов данными штаммами, извлечение редких элементов из минералов.



Рис. 2. Логотип ООО Интехтокс

Впоследствии предполагается внедрить технологию на шламонакопителях ПАО Новочебоксарский Химпром, ВОАО Волгоградский Химпром, Камтэкс Химпром г. Пермь (Россия), ООО Химпром Технологии (г. Дзержинск), Химическом арсенале (п. Марадыково, Кировская область).

Нашей разработкой заинтересовались партнеры из Самарского Политеха (СамГТУ), планирующие ликвидацию очагов загрязнения желтым фосфором на территории бывшего ОАО "Фосфор" в рамках Стратегии социально-экономического развития Самарской области до 2030 года.

Список литературы

1. Миндубаев А.З., Акосах Й.А., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К. Биодegradация неорганических фосфорных соединений // Материалы XVII Всероссийской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Пищевые технологии и биотехнологии». - г. Казань, 20-23 апреля 2021 г. – С.473-477.
2. Mindubaev A.Z., Babynin E.V., Bedeeva E.K., Minzanova S.T., Mironova L.G., Akosah Y.A. Biological Degradation of Yellow (White) Phosphorus, a Compound of First Class Hazard // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2021. Volume 66. № 8. P. 1239–1244. DOI: 10.1134/S0036023621080155
3. Mindubaev A.Z., Kuznetsova S.V., Evtyugin V.G., Daminova A.G., Grigoryeva T.V., Romanova Y.D., Romanova V.A., Babaev V.M., Buzyurova D.N., Babynin E.V., Badeeva E.K., Minzanova S.T., Mironova L.G. Effect of White Phosphorus on the Survival, Cellular Morphology, and Proteome of *Aspergillus niger* // Applied Biochemistry and Microbiology. 2020. Vol.56. No.2. P.194–201. DOI: 10.1134/S0003683820020118
4. Mindubaev A., Babynin E., Minzanova S., Badeeva E., Akosah Y. White phosphorus genotoxicity. Bio web of conference. 2021. Vol.31. No.00018. P.1-3. DOI: 10.1051/bioconf/20213100018
5. Singh B.K., Walker A. Microbial degradation of organophosphorus compounds /—// FEMS Microbiology Reviews. 2006. Volume 30. № 3. P. 428–471. DOI: 10.1111/j.1574-6976.2006.00018.x

БИОРЕАКТОРА ДЛЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**И. Т. Муллакаев, Э. Д. Латыпов**

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
mullakaev.ildar@yandex.ru

Аннотация: Биореактор обеспечивает контролируемую среду, обеспечивающую биологические, биохимические и биомеханические требования для производства инженерного продукта. Поскольку целью биореактора является создание желаемого биологического продукта, важно внимательно следить за параметрами реакции, такими как внутренний и внешний массоперенос, теплопередача, скорость жидкости, напряжение сдвига и т.д. В статье рассматривается влияние таких переменных реакции на биологические культуры и анализ других параметров, таких как кислород, углекислый газ, транспортировка питательных веществ и отходов метаболизма. Сложная и продуманная конструкция биореактора с уникальными эксплуатационными характеристиками необходима для производства полезных биотехнологических продуктов из натуральных и генетически модифицированных клеточных систем. В статье обсуждается конструкция биореактора и различные типы биореакторов, которые полезны для промышленных операций.

Ключевые слова: Биореактор, реакторы периодического и непрерывного действия, массообмен.

BIOREACTOR FOR BIOTECHNOLOGY PRODUCTION**I. T. Mullakaev, E. D. Latypov**

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Bioreactor provides a controllable environment enabling the biological, biochemical and biomechanical requirements to manufacture engineered product. As the bioreactor aims to create a desired biological product, it is important to closely monitor the reaction parameters like internal and external mass transfer, heat transfer, fluid velocity, shear stress. The effects of such reaction variables on biological cultures and analysing the other parameters such as oxygen, carbon dioxide, nutrient and metabolism waste material transports have. Sophisticated and sound bioreactor design with unique performance characteristics is essential in production of useful biotechnological products from natural and genetically modified cell systems. The paper discusses the bioreactor design and various types of bioreactors, which are useful for industrial operations.

Keywords: Bioreactor, batch and continuous reactors, mass transfer.

Биореакторы в широком смысле можно определить, как емкость, предназначенную для использования активности биологического катализатора для достижения желаемой химической трансформации. Биореактор обычно использует биомеханическую и биохимическую среду, которая контролирует перенос питательных веществ и кислорода к клеткам и продуктов метаболизма из клеток [1-3]. Это устройство, предназначено для оптимального роста и метаболической активности организма за счет действия биокатализатора, фермента или микроорганизмов и клеток животных или растений [4]. Сырьем может быть органическое или неорганическое химическое соединение или даже комплекс материалов. Продукт переработки может включать пекарские дрожжи, одноклеточный белок, закваски, корм для животных или первичные метаболиты такие как аминокислоты, органические кислоты, витамины, полисахариды, этанол и вторичные метаболиты такие как антибиотики.

Биореакторы могут быть использованы для продуктов биоконверсии или биотрансформации. Различные конструкции биореакторов разрабатывают для широкого спектра субстратных продуктов и биокатализаторов. Они отличаются от обычных химических реакторов тем, что поддерживают биологические объекты и контролируют их. Поскольку организмы более чувствительны и менее стабильны, чем химические вещества, системы биореакторов должны быть достаточно надежными, чтобы обеспечить более высокую степень контроля над нарушениями процесса и загрязнениями. Условия в биореакторе должны быть благоприятными для того, чтобы живые микроорганизмы проявляли свою активность в определенных условиях. Это требует ряда особых условий в разработке реакций биокаталитических процессов. Поддержание желаемой биологической активности и сведение к минимуму нежелательной активности представляют собой определенные проблемы, поскольку биологические организмы по своей природе могут мутировать и, следовательно, изменять биохимию реакции или физические свойства организма. Термин биореактор часто используется как синоним ферментера, который представляет собой тип биореактора, использующего живую клетку в качестве биокатализатора. Ферментация относится к росту микроорганизмов в пище либо в аэробных, либо в анаэробных условиях. Ферментеры изготавливаются из стекла, стеклянных сплавов, нержавеющей стали, облицованной стеклом стали, пластиковых емкостей, оснащенных датчиками. Они используются для выращивания специализированных чистых культур бактерий, грибов и дрожжей, производства ферментов и широкого спектра ферментированных продуктов. Размеры биореактора могут широко варьироваться от микробной ячейки (несколько мм³) до встряхивателя (100-1000 мл), ферментера лабораторного масштаба (1-50 л), опытного уровня (0,3–10 м³) и заводского масштаба (2-500 м³) для промышленного применения в больших объемах. Существует несколько аспектов биотехнологических процессов, которые требуют особого внимания при проектировании биореактора. Скорость реакции, рост клеток и стабильность процесса зависят от условий окружающей среды в биореакторе. Условия биореактора, такие как газ (т.е. воздух, кислород, азот, углекислый газ) скорость потока, температура, pH и уровень растворенного кислорода,

а также скорость перемешивания / циркуляции, образование пены и т.д. нуждаются в тщательном мониторинге и контроле [5].

Хорошая конструкция биореактора должна предусматривать повышение производительности, проверку желаемых параметров для получения стабильных продуктов более высокого качества экономически эффективным способом. Конструкция и режим работы биореактора зависят от сырья, оптимальных условий, необходимых для получения желаемого продукта, ценности продукта и масштаба его производства. Эффективный биореактор должен контролировать биологическую реакцию и положительно влиять на нее, а также должен предотвращать постороннее загрязнение. Капитальные вложения и эксплуатационные расходы также являются важными факторами, которые необходимо учитывать при проектировании биореактора. Во время ферментации на протяжении всего процесса должны поддерживаться моносептические условия, оптимальное перемешивание с низкой и равномерной скоростью сдвига. Культура должна аэрироваться одним или комбинацией из следующих методов: поверхностная аэрация, прямая продувка, непрямая и/или мембранная аэрация, перфузия среды, повышение парциального давления кислорода и повышение атмосферного давления.

В биореакторе необходимо поддерживать массообмен (кислород), теплопередачу, четко определенные условия потока и соответствующую подачу субстрата, избегая недостаточной или передозировки. Надлежащая подача суспензии твердых веществ, достаточного количества субстрата, питательных солей, витаминов и т.д. Должно быть обеспечено наличие воды и кислорода (для аэробных процессов). Необходимо позаботиться об удалении продуктов газообразования и побочных продуктов. Характеристики биореактора должны соответствовать проектным требованиям, таким как стерилизация, простота конструкции и измерений, устройства управления технологическим процессом, методы регулирования, масштабируемость, гибкость в эксплуатации, совместимость с первичными и вторичными процессами, меры по предотвращению образования пены и т.д. являются существенными факторами [6]. Основные характеристики биореактора включают объем свободного пространства, систему перемешивания, систему подачи кислорода, контроль пены, систему контроля температуры и pH, отверстия для отбора проб, систему очистки и стерилизации и линии для загрузки и опорожнения реактора.

Массоперенос, называемый перемещением молекул между фазами, контролирует или влияет на скорость превращения реакций. В биореакторе компоненты для массообмена обычно могут включать кислород, акцептор электронов, общий органический углерод химическую потребность в кислороде, биомассе, аммоний и нитрат и макроэлементы. Перенос растворенного кислорода в биореакторе происходит в трех областях:

- объемно-жидкая фаза биореактора (глобальный массоперенос),
- от объема к поверхности агрегированных ячеек (внутренний массоперенос),
- через агрегированные ячейки (внешний массообмен).

Коэффициент массопереноса оценивается с использованием метода сорбции кислорода. Площадь межфазного массопереноса определяется на основе измеренного распределения пузырьков по размерам. Коэффициент массопереноса на стороне жидкости может быть рассчитан на основе объемного коэффициента массопереноса и найденной площади межфазного массопереноса. Массоперенос со стороны жидкости изменяется в зависимости от начальной скорости газа, что диктуется различными параметрами подъема пузырьков [7]. Статическая высота жидкости улучшает скорость массообмена между газом и жидкостью за счет увеличения площади межфазного массообмена. Размер пузырьков, зависящий от типа используемого газораспределителя, также определяет скорость массообмена. Теория двухслойных пленок, предложенная Льюисом и Уитменом в 1924 году, пытается количественно оценить массоперенос целевых соединений из газовой фазы в жидкую в биологических системах. Согласно закону Генри, эта модель включает в себя две фазы с разными концентрациями, которые не находятся в равновесии. При равновесии, существующем только на границе раздела газ–жидкость, целевое соединение перемещается к межфазной границе или от нее. Скорость такого перемещения зависит от свойств и типа соединений двух фаз, т.е. газа и жидкости. Такие скорости выражаются коэффициентами скорости массопереноса.

В процессе культивирования участвуют, в основном, три типа реакций: периодическая, непрерывная и полунепрерывная или периодическая подача в зависимости от стратегии подачи культуры и среды в биореактор [8]. Традиционные резервуарные реакторы с периодическим перемешиванием и резервуарные реакторы с непрерывным перемешиванием существуют веками и до сих пор широко используются в химической промышленности и биопереработке для производства благодаря своей простоте [9].

Другими биореакторами, которые имеют особую конструкцию и эксплуатационные характеристики, являются фотобиореакторы, реакторы с вращающимся барабаном, мембранный биореактор, биореакторы с насадкой и псевдоожиженным слоем, биореакторы с пузырьковой колонной и аэролифтом [10].

Биореакторы на протяжении многих лет использовались для производства целого ряда терапевтических биомолекул и других ценных продуктов. Они обеспечивают возможность непрерывного мониторинга условий окружающей среды на протяжении всего процесса культивирования наряду с дополнительным преимуществом поддержания закрытой системы. Они являются важнейшей и неотъемлемой частью разработки многих новых процессов. Правильный выбор и конструкция биореактора, обеспечивающие высокую эффективность процесса, определяют экономическую целесообразность биопроцесса и соответствующие капитальные вложения. Были разработаны подходящие методы расчета технологического процесса, позволяющие получить количественное представление о массопереносе. Инновационные методологии для перекачки газа, поддержания pH, датчиков и исполнительных механизмов, определяющих температуру, оптимальную подачу и количественное определение ячеек и т.д. являются важными инструментами для разработки технологических процессов. Поскольку биореакторы сильно зависят от регулирования температуры, важно выбрать подходящее

устройство для регулирования температуры на основе конкретных требований каждого применения путем расчета тепловой нагрузки. Тип биореактора будет зависеть от морфологии клеток, устойчивости к сдвигу, особенностей роста и продуцирования культуры.

Разработка различных биопроцессов с подробными исследованиями кинетики реакций, массообмена и т.д. приобретает решающее значение, особенно для расширения масштабов процесса путем проектирования и изготовления подходящих биореакторов.

Список литературы

1. Гудин С. Хрупкость клеток: ключевая проблема массовое производство микроводорослей в закрытых фотобиореакторах / С. Гудин, Д. ЧаУмонт. – 2013. – С. 151.
2. Х. Дж. Хенцлер. Масштабирование массопереноса в высоковязких жидкостях на Пятой Европейской конференции по смешиванию / Х. Дж. Хенцлер, Дж. Каулинг. – 2015. – С. 303-312.
3. Гуден С. Ключевая проблема массового производства микроводорослей в закрытых фотобиореакторах / С. Гуден, Д. Шомон // Вестник Биоресурс. – 1991. – Т.38. – С. 145-151.
4. Гарсия-Очоа Ф. Масштабирование биореактора и скорость переноса кислорода в микробиологических процессах / Ф. Гарсия-Очоа, Э. Гомес. – 2009. – Т.27. – С. 153-176.
5. У. Кавасе. Очевидная вязкость для неньютоновской среды для ферментации в биореакторах / У. Кавасе, Т. Кумагаи. – 2015. – Изд. 7. – С.25–28.
6. Эль Хадж А.Дж. Управление биомеханикой клеток в ортопедической тканевой инженерии и восстановлении / А. Эль Хадж, Дж., Вуд М. А., Томас П., У. Янг // Вестник Патологическая биология. – 2015. – Т.53 №10. – С. 581-589.
7. Чен Х. К. Биореакторы для тканевой инженерии / Х. К. Чен, У. К. Ху – 2007. – Т.28 №18. – С. 1415-1423.
8. Карберри Р. Т. Технология химических и каталитических реакций / Р. Т. Карберри, Дж. Джеймс – 2014. – С. 527-536.
9. Буэно Э.М. Повышенная скорость агрегации хондроцитов в биореакторе с волнистыми стенками, биотехнология и биоинженерия. / Э. М. Буэно, Б. Бильген, Р. Л. Кэрриер, Г. А. Барабино – 2010. – Т.88 №6. – С. 767-777.
10. Латыпов Э. Д. Краткий обзор использования мембран и мембранных технологий / Э. Д. Латыпов, М. Ф. Шавалиев // Вестник КНИТУ. – 2016. – Т.19 № 8. – С. 138-141.

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УГОЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Н. А. Муравьева¹, Ю. В. Куликова¹, О. О. Бабич¹, О. Е. Кремлева²

¹ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,
г. Калининград, Россия, natahlie98@gmail.com
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно,
Белоруссия

Аннотация: Статья посвящена оценке возможности применения угольных сорбентов для очистки почв и сточных вод от загрязнений нефтепродуктами. Рассмотрен опыт получения угольных сорбентов из органических отходов различного происхождения. Представлены результаты оценки возможности применения угольных сорбентов из рогоза, полученных методом гидротермального ожижения для извлечения нефтепродуктов. Нефтеемкость анализируемого сорбента составила 22,4 мг/г.

Ключевые слова: Нефтяное загрязнение, очистка почвы, очистка сточных вод сорбенты.

ASSESSMENT OF APPLICATION OF CARBON SORBENTS FOR OIL POLLUTION REMOVAL

N. A. Muravieva¹, Y. V. Kulikova¹, O. O. Babich¹, O. E. Kremleva²

¹Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia, natahlie98@gmail.com

²Yanka Kupala Grodno State University, Grodno, Belarus

The article is devoted to estimation of possibility of application of carbon sorbents for soil and wastewater treatment from pollution by oil products. The experience in obtaining carbon sorbents from organic wastes of different origin is considered. The results of the evaluation of the possibility of application of carbon sorbents from cattail obtained by the hydrothermal liquefaction method for oil products extraction are presented. Oil capacity of the analyzed sorbent was 22.4 mg/g.

Keywords: Oil pollution, soil treatment, wastewater treatment sorbents.

Введение

Добыча нефти приводит к разливу нефти в почвы и воды, протекающие рядом с местом бурения. В результате, такие действия приводят к ухудшению здоровья близлежащих участков. Проблема рекультивации возникает из-за структурной сложности и гидрофобности загрязнителей нефтяных углеводородов, которые делают почву бесполезной и превращают плодородные пахотные земли в пустоши [1].

При этом отмечается устойчивое подавление жизнедеятельности растений, находящихся близ исследуемых объектов.

Способы сорбции нефти

Существуют разные подходы к очистке почвы от нефтезагрязнений, но наиболее простым является биоремедиация почвы, то есть метод, при котором почва восстанавливается самостоятельно, при помощи микроорганизмов, растений, грибов и некоторым живых организмов [3].

К сожалению, биоремедиация требует длительного промежутка времени. За это время, вероятно, почва будет подвергаться загрязнению, что не позволит ей полностью восстановиться.

Интересным методом очистки почв является использование сорбентов, полученных из различных органических отходов. В рамках совместного британско-тайского исследования, ученые разработали сорбент на основе угля из кокосовой шелухи с дополнительным внесением продукта анаэробного пищеварения свиней (дигестата) [4].

Ученые из Норвегии, Германии и США исследовали способность угольных сорбентов к выщелачиванию пер- и полифторалкильных веществ (ПФАС). Исследовались 8 образцов угольных сорбентов, полученных из древесины методом пиролиза и активированные методом паро-газовой активации [5]. Авторы указывают на то, что для очистки почвы при высоком содержании ПФАС общего органического углерода в почве, для ее очистки можно использовать неактивированный уголь, при низком содержании углерода в почве, возникает необходимости использовать активированный сорбент [5].

На базе ПНИПУ разработан способ получения угольных сорбентов методом пиролиза поликарбоната [6]. В работе поликарбонат подвергался низкотемпературному пиролизу (450-500 °С). Далее проводилась активация полученного угля углекислым газом (при 900 °С), и гидроксидом калия (при 800 °С). Угли, полученные таким методом, практически не отличались от промышленных образцов. Полученные сорбенты предлагают использовать для очистки сточных вод, в том числе от нефтепродуктов.

Таким образом, вопросы получения сорбентов из органических отходов достаточно актуальны, как с точки зрения решения вопросов утилизации отходов, так и с точки зрения ликвидации нефтяного загрязнения почв. В данном исследовании представлены результаты оценки возможности применения угольного сорбента из рогоза для удаления нефтепродуктов.

Результаты оценки нефтеемкости сорбента

Для оценки перспективности применения угольных сорбентов при очистки сточных вод и почвы от нефтепродуктов, исследовали нефтеемкость сорбента, полученного лабораторным путем.

В качестве сорбента использовался уголь, полученный из рогоза методом гидротермального ожижения. Температура процесса 260 °С, давление около 5 МПа, продолжительность 20 минут, соотношение массы сухого вещества и воды 1:10. Полученный уголь активировался кипячением в 30%-ном растворе пероксида водорода в соотношении 1:10.

В качестве анализируемой системы использовалась вода, с содержанием в ней нефти 0,07 г/л.

Для сорбции нефти в 100 мл анализируемого раствора нефти вносился 0,1 г угля, далее смесь перемешивали в течение 20 минут. После этого уголь отделяли фильтрованием и в растворе определяли содержание остаточной нефти.

Нефтеемкость сорбента определяли по формуле:

$$H = \frac{\Delta C \cdot V_p}{m},$$

где

H – нефтеемкость сорбента, мг/г,

ΔC – изменение концентрации нефти, г/л,

$$\Delta C = C_{\text{нач}} - C_{\text{кон}}$$

V_p – объем раствора нефти, мл,

m – масса сорбента, г.

Нефтеемкость анализируемого сорбента составила 22,4 мг/г.

Оценена степень удаления нефтепродуктов в растворе. Для этого использовали формулу:

$$X = \frac{C_0 - C_{\text{ост}}}{C_0} * 100\%,$$

где C_0 – содержание нефти в начальном растворе, г/л,

$C_{\text{ост}}$ – содержание нефти в растворе после сорбции, г/л.

Степень удаления нефтепродуктов составляет 43%.

При сравнении с литературными данными, полученный сорбент проигрывает по этому показателю (степень удаления нефтепродуктов при сорбции контрольным образцом составляет около 94%). Возможно, это также связано с содержанием нефти в растворе. [7].

Сорбент очистил практически 50% нефтезагрязнений, что говорит о его перспективности для дальнейших исследований по повышению его нефтеемкости.

Заключение

Угольные сорбенты из органических отходов не вносят дополнительной нагрузки на почву, так как в своем составе содержат только углерод. Использование таких сорбентов для ремедиации почв обеспечивает ее разрыхление.

Проведенная оценка нефтеемкости сорбента из рогоза доказала перспективность его использования для решения задач ликвидации нефтяных разливов. Нефтеемкость сорбента из рогоза составила 22,4 мг/г, а степень удаления нефтепродуктов составила 43%.

В дальнейшем предполагается исследовать процесс очистки почв угольными сорбентами из иных видов органических отходов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00064, <https://rscf.ru/project/23-24-00064/>

Список литературы

1. Ruley, J. A. Chapter 14 - Rhizoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils: A systematic review of mutualism between phytoremediation species and soil living microorganisms // *Biotechnological Strategies for Promoting Invigorating Environs* [2022] URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978032389874400008X>
2. Быкова, М. В. Проблема нормирования при оценке уровня загрязнения почв нефтепродуктами / М. В. Быкова // *Вестник евразийской науки*. – 2019. – Т. 11, № 6. – С. 90. – EDN TNSSOK.
3. Филиппова, Л. С. Загрязнение почвы и биологические методы ее очистки / Л. С. Филиппова, А. С. Акимова // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2022. – № 11(125). – DOI 10.23670/IRJ.2022.125.73. – EDN FKVBNT.
4. Plaimart, J. Coconut husk biochar amendment enhances nutrient retention by suppressing nitrification in agricultural soil following anaerobic digestate application J. Plaimart, K. Acharya, W. Mrozik et al. / *Environmental Pollution*. - 2021. - Volume 268, Part A. / DOI 10.1016/j.envpol.2020.115684
5. Sørmo, E., Stabilization of PFAS-contaminated soil with activated biochar. E. Sørmo, L. Silvani, N. Bjerkli et al / *Science of the Total Environment*. – 2021. - Volume 763 / DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.144034.
6. Глушанкова И.С., Сурков А.А., Анциферова И.В. Утилизация отходов потребления поликарбоната с получением сорбционных материалов для очистки сточных вод нефтехимических предприятий // *Вестник Казанского технологического университета*. 2017. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/utilizatsiya-othodov-potrebleniya-polikarbonata-s-polucheniem-sorbtsionnyh-materialov-dlya-ochistki-stochnyh-vod-neftehimicheskikh> (дата обращения: 08.03.2023).
7. Влияние кислотной активации на возможность использования пивной дробины для очистки сточных вод от нефти / Е. Ю. Руденко, Е. Н. Макеева, Н. Э. Тагиева, Т. С. Тихоненко // *Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения : сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции, Саратов, 11–13 декабря 2019 года. Том Часть 1*. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2019. – С. 171-174. – EDN ZCKOKN.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ СПИРТОВЫХ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Э. И. Нуретдинова, Р. Т. Валеева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
endzhenuretdinova@gmail.com

Аннотация: В данной работе рассматривается возможность использования фосфорнокислых гидролизатов на основе свекловичного жома в производстве ценных биотехнологических продуктов, как биотопливо.

Проведены исследования по культивированию спиртовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в лабораторных условиях на качалочных колбах – оценке биологической доброкачественности полученных фосфорнокислых гидролизатов свекловичного жома путем сравнения экспериментальных и расчетных данных роста и прироста биомассы и клеток в процессах культивирования с использованием данных гидролизатов. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о возможности использования фосфорнокислых гидролизатов свекловичного жома в качестве компонентов питательных сред в процессах получения спиртовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* с дальнейшим получением биотоплива.

Ключевые слова: спиртовые дрожжи, *Saccharomyces cerevisiae*, культивирование.

INTENSIFICATION OF THE CULTIVATION OF ALCOHOLIC YEAST *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

E. I. Nuretdinova, R. T. Valeeva

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: This paper considers the possibility of using phosphate hydrolysates based on beet pulp in the production of valuable biotechnological products, such as biofuels.

Studies have been carried out on the cultivation of alcohol yeast *Saccharomyces cerevisiae* in laboratory conditions on rocking flasks - the assessment of the biological good quality of the obtained phosphate hydrolysates of beet pulp by comparing experimental and calculated data on the growth and growth of biomass and cells in the cultivation processes using these hydrolysates. The obtained experimental data indicate the possibility of using beet pulp phosphate hydrolysates as components of nutrient media in the processes of obtaining alcohol yeast *Saccharomyces cerevisiae* with further biofuel production.

Keywords: alcohol yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, cultivation.

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, несомненно, являются одними из наиболее широко используемых эукариот в различных промышленных процессах, таких как производство этанола [1]. В настоящее время годовое производство

спирта в мире составляет более 100 млрд литров, при этом *Saccharomyces cerevisiae* является преимущественно используемым промышленным микроорганизмом для производства этанола [2]. Т.е. дрожжи *S. cerevisiae* являются предпочтительным организмом для промышленного производства этанола и, как таковые, представляют собой крупнейшее промышленное биотехнологическое использование дрожжей.

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* обладают многими полезными промышленными свойствами, такими как быстрый рост, эффективный анаэробный метаболизм глюкозы, высокая производительность по этанолу, большой выход и высокая устойчивость к различным стрессовым факторам окружающей среды, таким как высокая концентрация этанола, низкий pH и низкий уровень кислорода [3]. Т.е. использование существующих или адаптированных штаммов промышленных дрожжей в биотехнологических и промышленных ферментациях носит интенсивный характер; тем не менее, есть еще много возможностей для улучшения, поскольку современные промышленные процессы редко используют новые природные штаммы [4]. Улучшение производства этанола первого поколения представляет собой процесс, который включает в себя отбор дрожжей с высокими скоростями брожения и доминированием, длительным периодом жизни во время сбора урожая, хорошей способностью к брожению, повышенными показателями конверсии сахара в этанол, низкий выход глицерина, низкий уровень пенообразования, толерантность к высоким концентрациям субстрата и этанола, устойчивость к кислотности и высоким температурам, генетическая стабильность, хорошая эффективность ферментации, высокая продуктивность, повышенная скорость роста клеток, повышенный выход этанола, и скорости расхода субстрата [5].

Совершенствование продукции второго поколения включает выделение или разработку микроорганизмов, сбраживающих, помимо глюкозы, пентозные сахара, которыми богаты гидролизаты лигноцеллюлозных видов сырья, ксилозу и L-арабинозу, а также микроорганизмов, способных одновременно сбраживать разные гидролизованные сахара и микроорганизмы устойчивые к ингибиторам [3] и стрессовым условиям, таким как повышенная концентрация этанола и температура [6].

Несмотря на эффективную адаптацию различных штаммов *Saccharomyces cerevisiae*, используемых в этих процессах, по-прежнему существует большой потенциал либо для оптимизации существующих штаммов, либо для использования огромного природного резервуара изолятов из окружающей среды [1]. Одним из факторов эффективного процесса производства биоэтанола является максимальное снижение образования соединений-ингибиторов во время предварительной обработки. Эти вещества представляют собой слабые кислоты (уксусная, муравьиная и левоулиновая кислоты), производные фурана (фурфурол и 5-гидроксиметилфурфурол (5-ГМФ)) и фенольные соединения (такие как сиреневая кислота, ванилин, феруловая кислота, ванилиновая и кумаровая кислоты). Эти ингибирующие соединения цитотоксичны и подавляют микробный рост, метаболизм и выход этанола [1].

Однако существует ряд проблем, характерных для дрожжей во время культивирования дрожжей из-за повышенного уровня этанола.

Saccharomyces cerevisiae имеет ограниченную толерантность к этанолу, и максимальная концентрация, при которой возможен рост, составляет 10% (p:v), а высокие концентрации этанола могут влиять на структуру ферментов, что приводит к снижению каталитической активности [1]. Известно, что температура влияет на интенсивность роста и на обменные процессы в клетке. Уменьшение температуры от оптимума уменьшает общий выход дрожжевой массы, незначительное повышение температуры резко тормозит скорость роста дрожжей [7, 8]. Снижение жизнеспособности дрожжевых клеток при более высоких температурах также связано с накоплением внутриклеточного этанола, который вызывает клеточную токсичность и изменяет структуру мембраны, снижая тем самым ее функциональность [1]. Хотя дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* мезофильны и растут они при температуре от 25°C до 30°C, часто температуры на винокурнях достигают 38°C [9]. Выполнение процессов культивирования при более высоких температурах с использованием термоустойчивых дрожжей может не только обеспечить более высокое производство этанола с более высокими скоростями гидролиза полисахаридов и более коротким продолжительностью процесса при проведении одновременного осахаривания и ферментации, но также может снизить стоимость охлаждения и скорость загрязнения [1, 2].

Водородный показатель (pH) – определяет рост микроорганизмов, их физиологическую активность. От pH зависит скорость поступления питательных веществ в клетку, активность ферментов, образование витаминов [7, 9]. Аммиак также добавляют для контроля pH и в качестве питательного вещества для дрожжей на последующем этапе ферментации [1].

С учетом этого в работе проведены исследования процессов культивирования спиртовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на качалочных колбах при температуре 28-30°C, pH – 4,8-5,0ед. pH [7].

Опытные процессы культивирования спиртовых дрожжей проводили с использованием фосфорнокислых гидролизатов на основе свекловичного жома. На рис. 1 представлены полученные усредненные результаты.

Прирост биомассы дрожжей в среднем составил 0,747, а титра клеток – 95 млн/мл.

Интенсификация процессов дрожжегенерации, увеличение плотности дрожжевой популяции позволят повысить эффективность спиртового производства, сократить потери сырья и спирта [7].

Таким образом, условия, при которых проводится процесс дрожжегенерации – температура, время, качественный состав питательной среды – влияют впоследствии на физиологические показатели дрожжей в процессе культивирования, а в дальнейшем в процессе брожения [10].

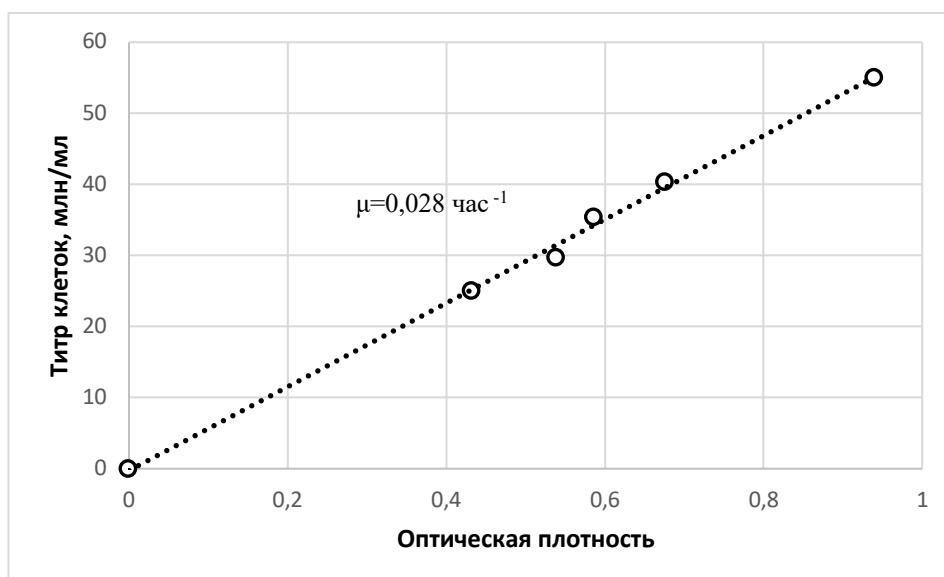


Рис. 1. Зависимость оптической плотности от титра клеток

Список литературы

1. Flavia da Silva Fernande Current Ethanol Production Requirements for the Yeast *Saccharomyces cerevisiae* / Flavia da Silva Fernande [et al] // International Journal of Microbiology. – 2022. – pp. 1-14.
2. Parapouli M. *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications / M. Parapouli, A. Vasileiadis, A.-S. Afendra, and E. Hatziloukas // AIMS Microbiology. – 2020. – vol. 6. – no. 1. – pp. 1-31.
3. Walker G. M. Enhancing yeast alcoholic fermentations / G. M. Walker, R. S. K. Walker // Advances in Applied Microbiology. – 2018. – Vol. 105. – pp. 87–129.
4. Dmytruk K.V. Genetic improvement of conventional and nonconventional yeasts for the production of first-and second-generation ethanol / K.V. Dmytruk [et al] // Biotechnology of Yeasts and Filamentous Fungi. – 2017. – pp. 1–38.
5. Favaro L. Exploring industrial and natural *Saccharomyces cerevisiae* strains for the bio-based economy from biomass: the case of bioethanol / L. Favaro, T. Jansen, and W. H. van Zyl // Critical Reviews in Biotechnology. – 2019. – vol. 39. – no.6. – pp. 800–816.
6. Basso L.C. Yeast selection for fuel ethanol production in Brazil / L. C. Basso, H. V. De Amorim, A. J. De Oliveira, and M. L. Lopes // FEMS Yeast Research. – 2008. – vol.8. – no.7. – pp. 1155–1163.
7. Филиппова Н.К., Емельянов В.М., Владимирова И.С., Валеева Р.Т., Разработка интенсивной технологии аэробного культивирования чистой культуры спиртовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Биотехнология. – 2002. – №1. – с. 49-53.
8. Семенихина П.М. Производство хлебопекарных дрожжей: Учебное пособие для студентов вузов - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1987. -272 с.
9. Маринченко В.А. Технология спирта – М.: Легкая и пищевая промышленность 1981. - 416с.
10. Валеева Р.Т. Нуретдинова Э.И. Понкратов А.С. Ананьева О.В. Шурбина М.Ю., Оценка гидролизатов свекловичного жома как компонентов питательных сред для культивирования спиртовых дрожжей / Вестник технологического университета. – 2016. – Т.19. – В.13. – с.161-164.

ПЕРЕРАБОТКА СТОЧНЫХ ВОД В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е. И. Петренко, Р. Т. Валеева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

Аннотация: Вода – ценнейший природный ресурс, которая играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Нефтеперерабатывающая промышленность является стратегически важной отраслью, вносит наибольший вклад в стабильность и эффективное развитие экономики государства. Остройшей проблемой экологической безопасности является защита водного бассейна от возрастающего объема сбрасываемых загрязненных сточных вод предприятиями различных отраслей промышленности также химической и нефтеперерабатывающей отраслью. Повышение эффективности очистки сточных вод может быть достигнуто за счет правильного выбора методов очистки. Применение комбинированных технологии позволяют максимально использовать потенциальные возможности биологических, сорбционных и мембранных процессов, исключив при этом их недостатки.

Ключевые слова: вода, нефтеперерабатывающая промышленность, сточные воды, методы очистки, комбинированные технологии.

WASTEWATER TREATMENT IN THE OIL REFINING INDUSTRY

E. I. Petrenko, R. T. Valeeva

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Water is the most valuable natural resource, which plays an exceptional role in the metabolic processes that form the basis of life. The oil refining industry is a strategically important industry, making the greatest contribution to the stability and effective development of the state economy. The most acute problem of environmental safety is the protection of the water basin from the increasing volume of polluted wastewater discharged by enterprises of various industries, including the chemical and oil refining industries. Improving the efficiency of wastewater treatment can be achieved through the right choice of treatment methods. The use of combined technologies makes it possible to maximize the potential of biological, sorption and membrane processes, while eliminating their shortcomings.

Keywords: water, oil refining industry, wastewater, treatment methods, combined technologies.

Вода - это источник жизни. Это самая важная жидкость в мире для поддержания растений и жизнь животных [1]. Вода – ценнейший природный ресурс,

которая играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Огромное значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Общеизвестна необходимость ее для бытовых потребностей человека, растений и животных [2].

Вода природных источников всегда содержит различные виды микроорганизмов, количество которых определяется характером и происхождением водоемного источника, а также такими факторами, как содержание в воде питательных веществ, температура, насыщенность кислородом.

Качество воды, здоровье населения, экономика страны – это тесно связанные звенья одной цепи. Если последствия использования воды, не соответствующие бактериологическим нормам, очевидны и понятны рядовому потребителю, то превышение допустимых уровней содержания в питьевой воде химических элементов и соединений проявляются постепенно не только в повышении общей или специфической заболеваемости, но и в изменении отдельных показателей здоровья, свидетельствующих о начальных или патологических сдвигах в организме [3].

Установлено, что в настоящее время не существует универсального метода для всех видов обработки воды: подготовки питьевой воды, обезвреживания промышленных, бытовых и ливневых стоков [4].

Нефтеперерабатывающая промышленность является стратегически важной отраслью, вносит наибольший вклад в стабильность и эффективное развитие экономики государства. Российская Федерация обладает огромными запасами нефти и газа. Современный этап развития отечественной нефтеперерабатывающей промышленности характеризуется необходимостью значительного увеличения мощностей по технологическим процессам, направленные на производство максимального количества высококачественных компонентов топлив и масел. В связи с этим, практически на всех нефтеперерабатывающих заводах разрабатываются масштабные планы строительства новых, модернизации и реконструкции имеющихся установок и утилизации побочных продуктов и сточных вод [5].

Очистка природных и сточных вод тесно связана с охраной окружающей среды и является одной из самых значимых проблем окружающей среды, актуальной проблемой современности. Острейшей проблемой экологической безопасности является защита водного бассейна от возрастающего объема сбрасываемых загрязненных сточных вод многими современными предприятиями различных отраслей промышленности также химической и нефтеперерабатывающей отраслью.

Человечество всегда волновал вопрос очистки воды и из-за постоянно возрастающего загрязнения природных водоемов, и с каждым годом эта проблема становится более острой. Однако получившие во всем мире широкое распространение методы обеззараживания воды хлорированием, фторированием, озонированием и считавшиеся экологически надежными и экономичными имеют ряд серьезных недостатков, вызывающие сомнения в целесообразности их использования [3].

Практически во всех внутренних и промышленных процессах, в которых необработанная вода нагревается, загрязнение оборудования является самой серьезной проблемой. Загрязнение промышленных технологических вод представляет огромную проблему [1]. На сегодняшний день существует большое количество методов очистки сточных вод и от нефтепродуктов, многие из которых имеют высокую стоимость и не всегда эффективны. Поэтому важной и актуальной задачей является поиск недорогих и эффективных способов очистки промышленных сточных вод [6].

Выбор методов очистки сточных вод представляет собой довольно сложную задачу и зависит от целого ряда факторов: расхода сточных вод, уровня загрязненности воды, вида загрязнений, необходимой степени очистки, энергетических затрат и других технико-экономических показателей. При очистке производственных сточных вод используются комплексные методы очистки [7, 8]:

- механические методы: отстаивание и фильтрование с использованием барабанных, шнековых, крючковых и грабельных решеток, песко- и нефтеуловителей, фильтрующих систем, отжимных прессов;
- химические методы: нейтрализация и окисление;
- физико-химические методы: коагулирование, сорбция и флотация с использованием флотаторов, флокуляторов, отстойников с контактной камерой, скиммера и мешалок;
- биологические методы: аэробный и анаэробный с использованием мембранных биореакторов и аэротенков различного назначения;
- методы тонкой доочистки биологически очищенных сточных вод с использованием песчаных и сорбционных фильтров, биосорберов, биологически активного угля, биосорбционно-мембранных реакторов.

Вода используется в большем количестве процессов, чем любое химическое вещество, известное человеку. Кроме того, высокий рост населения, быстрая урбанизация, феноменальный рост промышленности и развитие сельского хозяйства делают воду одним из самых ценных ресурсов в мире. Качество воды играет важную роль в эффективной эксплуатации промышленных систем воды. Во многих случаях качество воды, доступное для промышленного применения, чрезвычайно плохое. Неблагоприятные характеристики качества воды в сочетании с отсутствием плохого проектирования системы и неадекватных программ лечения часто приводят к созданию нежелательных отложений. Даже использование природных жестких вод в промышленных водных системах может вызвать серьезное масштабное отложение и коррозию поверхностей оборудования и создавать серьезные технические и экономические проблемы. Масштабные отложения значительно снижают эффективность теплопередачи, увеличивают рабочее давление насосов и повышают вероятность повреждения коррозии. Во многих случаях удаление депозитов приводит к прерывистой работе системы, что приводит к более высоким эксплуатационным затратам. Часто системные операторы обязаны утилизировать критически важные компоненты оборудования из-за загрязнения и невозможности их удаления. Даже если механическая или химическая очистка являются жизнеспособными вариантами, они требуют не-

скольких часов, чтобы провести остановку всей системы и высоких затрат. Загрязнения могут быть органическими или неорганическими. Органические загрязнители являются результатом плохого биоконтроля системы или осаждения органического вещества в систему из внешних источников. Неорганические загрязнители включают кристалло-линейные труднорастворимые соли, а также аморфные и коллоидные отложения и многие другие, в зависимости от особенностей химического состава воды [1].

В настоящее время большая часть сточных вод перерабатывается одним из основных методов защиты водного бассейна методом биологической очистки [8], высокоэффективной методом при удалении органических веществ, которая широко используется как перед сбросом их в водоем, так и перед повторным использованием в системах оборотного водоснабжения [10].

Биологическая очистка осуществляется в несколько стадий [9]:

- анаэробная стадия;
- аэробная стадия;
- отстаивание в промежуточном отстойнике;
- глубокая биологическая доочистка с применением микроорганизмов;
- разделение водно-иловой смеси в окончательном отстойнике;
- обезвоживание илового осадка;
- сушка илового осадка.

Стоки непрерывно подаются на вход очистного сооружения (аэротенка), а на выходе получается очищенная вода. В процессе очистки образуется осадок (отработанный активный ил с аэротенков и осадок с метантенков). Это объясняется тем, что основной целью очистки сточных вод является удаление из неё твёрдых частиц. Кроме того, растворимые органические вещества поглощаются клетками бактериальных культур и затем удаляются из сточных вод [9].

В этой связи привлекают внимание микроорганизмы, способные к превращениям органических веществ без участия кислорода - сбразиванием либо восстановлением переменновалентных элементов в их окисленной форме, то есть анаэробным путем. Интерес к анаэробной очистке сточных вод стимулирует и все возрастающая стоимость обработки промышленных сточных вод, и дефицит энергии.

Для очистки и доочистки нефтезагрязненных вод и сточных вод наиболее целесообразны методы, основанные на использовании выделенных гетеротрофных микроорганизмов и нефтеокисляющих микроорганизмов [9].

Перспективным техническим решением для биологической очистки сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий является, объединяющая преимущества биологического и мембранного процессов. В последнее десятилетие на нефтеперерабатывающих предприятиях достаточно широко используется биомембранная технология - технология с использованием мембранных биореакторов разных конструкции.

В лаборатории «Инженерных проблем биотехнологии» ведутся работы по созданию мембранных биореакторов и подбору микроорганизмов и реагентов на блоке биологической очистки для восстановительной очистки мембран.

Повышение эффективности очистки сточных вод может быть достигнуто за счет применения комбинированных технологий, совмещающих процессы с активным илом и биопленкой, иммобилизованной на подвижных и неподвижных носителях, как инертных, так и обладающих сорбционной активностью. Гибридные технологии позволяют максимально использовать потенциальные возможности биологических, сорбционных и мембранных процессов, исключив при этом их недостатки [10].

Список литературы

1. Nalepa C.J. Biocides. Selection and Applications / C.J. Nalepa, T.M. Williams // The science and technology of industrial water treatment. – 2010. – 530 p.
2. Биотехнологические аспекты качества воды / Л.В. Межуев [и др.] // Вестник ОГУ. – 2006. – Т.2. – № 2. – С. 148-151.
3. Кузубова Л. И. Химические методы подготовки воды (хлорирование, озонирование, фторирование): Аналит. Обзор / СО РАН, ГННТБ, НИОХ. – Новосибирск, 1996. – 132с.
4. Шурэнцэг Хурэлбаатар. Качество питьевой воды при различных способах водоподготовки: автореф. дис. На соискание ученой степени канд. хим. наук / Хурэлбаатар Шурэнцэг. – Иваново, 2009. – 16 с.
5. Фахрутдинов Р. З. К оценке эффективности работы нефтеперерабатывающих заводов / Р.З. Фахрутдинов, Ф. А. Заббаров // Вестник технологического университета. 2016. Т.19, №22 С.73-77.
5. Минакова Е.Е., Биотехнологии очистки сточных вод, Экология производства, 10, 63-65 (2015).
6. Ручай, Н.С. Экологическая биотехнология: учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология» / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич. –Минск: БГТУ, 2006 – 312 с.
7. Очистные сооружения для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / Оборудование для очистки и перекачки сточных вод ЭкоЛос 2021 28с.
8. С. В. Буренков, А. Н. Грачев, С. А. Забелкин термическая утилизация иловых осадков сточных вод методом быстрого пиролиза в сеточном реакторе Вестник технологического университета. 2016. Т.19, №22 С.40-43.
9. Е. Л. Леснова, Н. Н. Смирнова, С. В. Фридланд Влияние мелафена на представителей активного ила *Daphnia magna* straus и микроводорослей С.137-139.
10. Vladilen N. Morozov, Nikolai V. Morozov Biotechnical systems and technology for hydrocarbon-containing waste water purifying in a controlled manner / Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences November - December 2015 RJPBCS 6 (6) P. 1703-1710.

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ НА ОСНОВЕ ШРОТА ФИТОСЫРЬЯ

**О. А. Петренко, Е. В. Романова, К. Р. Исхакова, А. О. Михайлов,
Г. Ф. Мухаметзянова, Ю. В. Щербакова, Ф. Ю. Ахмадуллина**

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
kamilaishakova170901@mail.ru

Аннотация: При производстве настоек, вытяжек из лекарственного растительного сырья образуется достаточно большое количество отходов (шротов), представляющих определенный интерес как носителей остаточных количеств биологически активных веществ (способных проявлять антиоксидантные свойства) и пищевых волокон. В связи с этим актуальной задачей является исследование возможности использования шрота в качестве источника антиоксидантов. Объектом исследования в работе служил шрот, полученный при производстве жидкого экстракта элеутерококка на ОАО «Татхимфармпрепараты».

Ключевые слова: шрот, элеутерококк, экстракты, биологически активные вещества, антиоксиданты.

PREPARATION OF AQUEOUS EXTRACTS BASED ON THE MEAL OF PHYTOSOURCES

**O. A. Petrenko, E. V. Romanova, K. R. Iskhakova, A. O. Mikhailov, G. F. Mukhametzyanova,
Yu. V. Shcherbakova, F. Yu. Akhmadullina**

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: In the production of tinctures, extracts from medicinal plant raw materials, a sufficiently large amount of waste (meal) is formed, which are of particular interest as carriers of residual amounts of biologically active substances (capable of exhibiting antioxidant properties) and dietary fibers. In this regard, an urgent task is to study the possibility of using meal as a source of antioxidants. The object of research in the work was the meal obtained during the production of liquid extract of eleutherococcus at JSC "Tatchempharmpreparaty".

Keywords: meal, eleutherococcus, extracts, biologically active substances, antioxidants.

Состояние окружающей среды, избыточное потребление синтетических лекарств, пищевых добавок и консервантов оказывают существенное влияние на биологическое производство свободных радикалов, лежащих в основе целого ряда заболеваний и патологических состояний, таких как атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, онкологические заболевания и др. Для коррекции указанных состояний и в профилактических целях все чаще применяют растительное сырье (содержащее большой набор антиоксидантов), из которого получают

настойки и вытяжки [1]. Однако даже после производства таких органически чистых препаратов остается большой объем органических отходов, которые можно повторно использовать. Так при производстве настоек из корневища элеутерококка колючего шрот составляет примерно 30% от массы исходных компонентов. В связи с этим, учитывая большой объем образующихся отходов, необходимо изучение свойств шрота с целью его использования в качестве вторичных материальных ресурсов.

Основным отходом на ОАО «Татхимфармпрепараты» является шрот лекарственных растений.

Объектом исследования в работе служил шрот, полученный при производстве жидкого экстракта элеутерококка на ОАО «Татхимфармпрепараты» (рис. 1).



Рис. 1. Шрот элеутерококка

Цель работы заключалась в получении водных экстрактов шрота элеутерококка и оценки их антиоксидантных свойств.

Экстракты получали следующими методами:

- мацерация при комнатной температуре;
- мацерация при нагревании и перемешивании;
- с помощью ультразвука.

В полученных экстрактах определяли количество сухих экстрактивных веществ, рутин, аскорбиновую кислоту, суммарное количество водорастворимых антиоксидантов, антиоксидантную активность методом DPPH и проводили качественные реакции на основные биохимические компоненты растительного сырья [2-5].

Все полученные экстракты обладали антиоксидантными свойствами, в основном за счет содержания в них флавоноидов.

Это было подтверждено нами с помощью качественных реакций на флавоноиды:

1. При добавлении к извлечению флавоноидов (экстракт шрота) нескольких капель раствора гидроксида натрия или калия наблюдается жёлтое окрашивание – его дают флавоны, флаваноны и флавонолы (рис.2а).

2. Флавоноиды с ацетатом свинца (средним и основным) образуют жёлтые хлопья в растворе, выпадающие в осадок (рис.2б).

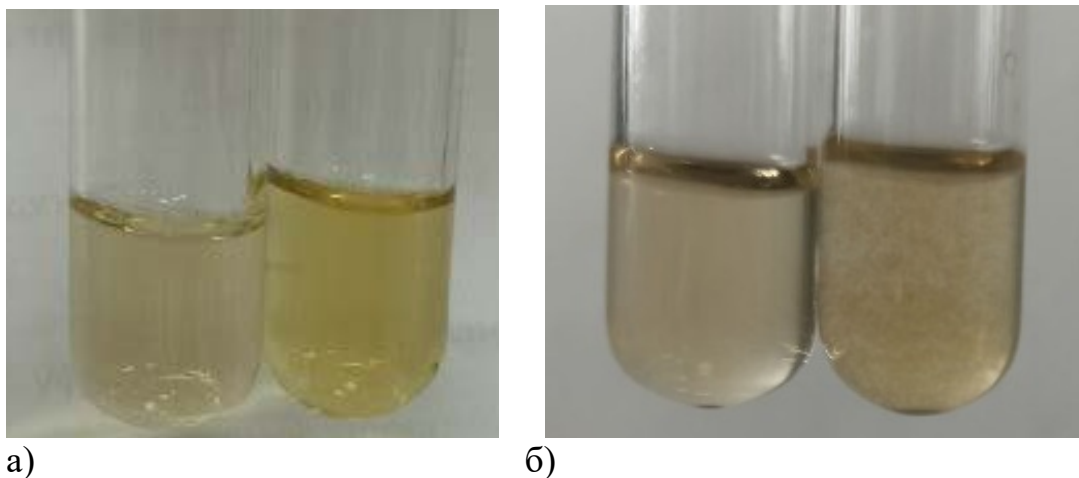


Рис. 2. Качественная реакция на наличие флавоноидов (на примере экстрактов, полученных мацерацией при комнатной температуре):
а) с гидроксидом натрия (левая пробирка контрольная – дистиллированная вода; правая – с экстрактом); б) с ацетатом свинца (левая пробирка контрольная – дистиллированная вода; правая – с экстрактом) [4]

Также было показано, что в полученных экстрактах присутствуют углеводы (метод основан на дегидратации углевода серной кислотой с превращением его в альдегид, который реагирует с α -нафтолом с образованием соединения фиолетового цвета) и белки (метод основан на образовании комплекса синего цвета между красителем Кумасси бриллиантовым синим G-250 и белками в растворе), которые также могут проявлять антиоксидантные свойства (рис.3,4).

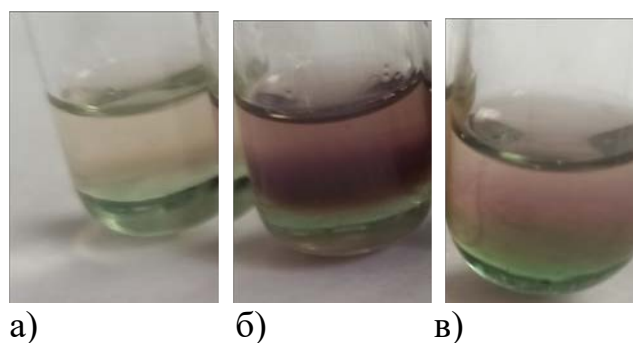


Рис. 3. Качественные реакции на углеводы с α -нафтолом: а) экстракт, полученный мацерацией при комнатной температуре; б) экстракт, полученный мацерацией при нагревании и перемешивании; в) экстракт, полученный с помощью ультразвука [2]

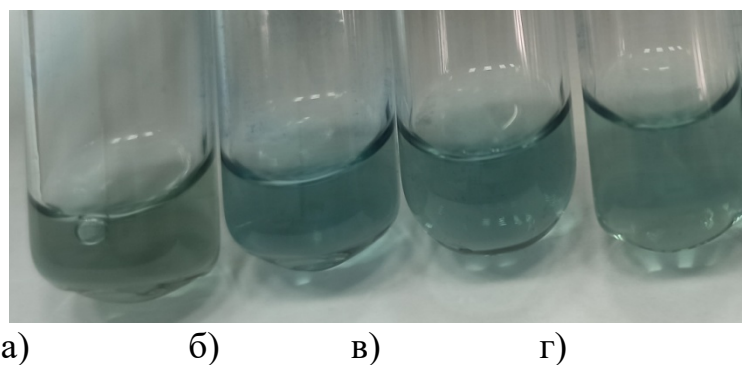


Рис. 4. Качественные реакции на белки: а) контроль (вода); б) экстракт, полученный мацерацией при комнатной температуре; в) экстракт, полученный мацерацией при нагревании и перемешивании; г) экстракт, полученный с помощью ультразвука [2]

Таким образом, было показано, что шрот элеутерококка после получения настоек, содержит достаточное количество биологически активных веществ и может найти применения для получения водных вытяжек, проявляющих антиоксидантные свойства.

Список литературы

1. Рябина Е.И. Сравнение химико-аналитических методов определения танидов и антиоксидантной активности растительного сырья / Е.И. Рябина, Е.Е. Зотова, Е.Н. Ветрова, Н.И. Пономарева // Аналитика и контроль. – 2011. – № 2. – С. 202–208.
2. Акулов А.Н. Основы биохимии и молекулярной биологии / А.Н. Акулов, Ю.В. Щербакова // Учебно-методическое пособие. ФГБОУ ВО КНИТУ. – 2022. – № 1. – С. 47-101.
3. Борисова. А.В. Антиоксидантная активность *in vitro* пряностей, используемых в питании человека / А.В. Борисова, Н.В. Макарова // Биологически активные вещества пищевых продуктов. Вопросы питания. – 2016. – № 3. – С. 120–125.
4. Куркин В.А. Флавоноиды как биологически активные соединения лекарственных растений / В.А. Куркин, А.В. Куркина, Е.В. Авдеева // Журнал Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11 (часть 9) – С. 1897-1901.
5. Кудашкина Н.В. Фитохимический анализ / Н.В. Кудашкина, С.Р. Хасанова, С.А. Мещерякова // Учебное пособие. ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. – 2019. – № 1. – С. 193-194.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОСОРБЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

А. В. Пименов, А. М. Шамбазова, М. В. Шулаев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
mshulaev@mail.ru

Аннотация: Пресная вода составляет 3% водных ресурсов на Земле. Человеческая и промышленная деятельность производит и сбрасывает отходы, содержащие тяжелые металлы, в водные ресурсы, делая их недоступными и угрожая здоровью человека и экосистеме. Биосорбция и биоаккумуляция являются экологически безопасными альтернативами. Эти альтернативные методы имеют преимущества перед традиционными методами. Обильные природные материалы - микробная биомасса, сельскохозяйственные отходы и побочные продукты промышленности, являются потенциальными биосорбентами для удаления тяжелых металлов из-за наличия функциональных групп, связывающих металлы. Кроме того, биомасса может быть модифицирована путем физической и химической обработки перед использованием. Процесс можно сделать экономичным за счет регенерации и повторного использования биосорбента после удаления тяжелых металлов.

Ключевые слова: биосорбция, тяжелые металлы, изотерма, вода, отходы, загрязнение.

APPLICATION OF BIOSORPTION FOR REMOVAL OF HEAVY METALS FROM WASTEWATER

A. V. Pimenov, A. M. Shambazova, M. V. Shulaev

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Fresh water makes up 3% of the water resources on Earth. Human and industrial activities produce and release wastes containing heavy metals into water resources, making them inaccessible and threatening human health and the ecosystem. Biosorption and bioaccumulation are environmentally friendly alternatives. These alternative methods have advantages over traditional methods. Abundant natural materials - microbial biomass, agricultural waste and industrial by-products - are potential biosorbents for heavy metal removal due to the presence of metal-binding functional groups. In addition, biomass can be modified through physical and chemical processing prior to use. The process can be made economical by regenerating and reusing the biosorbent after removal of heavy metals.

Keywords: Biosorption, heavy metal, isotherm, water, waste, pollution.

Вода играет важную роль в мировой экономике. Большая часть (71%) поверхности Земли покрыта водой, но пресная вода составляет незначительную

долю (3%) от общего количества. Вода, пригодная для потребления человеком, добывается из пресных водоемов. Примерно 70% пресной воды идет на нужды сельского хозяйства. Этот природный ресурс становится дефицитным во многих местах, и его недоступность является серьезной социальной и экономической проблемой [1]. Хотя доступ к безопасной питьевой воде за последние несколько десятилетий улучшился, по оценкам, пять миллионов смертей в год вызваны потреблением загрязненной питьевой воды или засухой. Во многих развивающихся странах 90% всех сточных вод по-прежнему без очистки попадают в пресные водоемы, что делает их непригодными для потребления человеком, что-либо приводит к их дефициту, либо влияет на население [2]. Забота о защите пресных водоемов для здорового населения в последнее время является сложной задачей.

Индустриализация в большей степени ответственна за загрязнение окружающей среды, особенно воды, где озера и реки переполнены большим количеством ядовитых веществ. Тяжелые металлы достигают опасного уровня по сравнению с другими токсичными веществами [3]. Тяжелые металлы представляют собой уникальную группу встречающихся в природе соединений. Их постоянное выделение приводит к перерасходу и накоплению. В результате люди во всем мире подвергаются неблагоприятным последствиям этих тяжелых металлов. Многие отрасли промышленности (производство удобрений, металлургия, кожа, аэрокосмическая промышленность, фотография, горнодобывающая промышленность, гальваника, производство пестицидов, отделка поверхности, металлургия, производство энергии и топлива, электролиз, обработка металлических поверхностей, электроосмос и производство бытовой техники) сбрасывают отходы, содержащие тяжелые металлы, прямо или косвенно в водные ресурсы [4]. Опасность вызывают следующие токсичные тяжелые металлы: хром (Cr), свинец (Pb), цинк (Zn), мышьяк (As), медь (Cu), никель (Ni), кобальт (Co), кадмий (Cd), ртуть (Hg) и так далее. Поскольку эти металлы не поддаются биологическому разложению, они имеют тенденцию накапливаться в живых организмах и приводить к различным заболеваниям и нарушениям, которые в конечном итоге угрожают жизни человека. Они могут вызвать ухудшение здоровья, даже если они присутствуют в диапазоне частот на миллиард (млрд) [5]. Биосорбция стала более привлекательной альтернативой традиционным методам удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод, сбрасываемых различными предприятиями, которые в конечном итоге попадают в пресные водоемы и загрязняют их. Идентификация биосорбентов для процесса биосорбции является серьезной проблемой [6]. В качестве биосорбентов для удаления металлов из загрязненных водных ресурсов можно использовать самые разнообразные материалы, имеющиеся в природе. Любая растительная, животная и микробная биомасса и их производные; отходы растений, промышленности и сельского хозяйства; а побочные продукты различных производств могут быть использованы в качестве биосорбентов. Желательные характеристики идеального биосорбента таковы [6]:

- высокое сродство к металлам (биосорбционная способность)
- низкие экономические показатели (низкая стоимость)
- наличие в большом количестве

- легкая десорбция адсорбированных ионов металлов и возможность многократного повторного использования биосорбента.

Флотация представляет собой процесс разделения, который позволяет эффективно отделить содержащий металлы биосорбент, взвешенный в водном растворе. Для удаления ионов никеля, меди и цинка из водных растворов применяют метод биосорбционной флотации с использованием виноградных стеблей в качестве сорбента [7-9].

Несмотря на преимущества по сравнению с другими традиционными методами, существует явное отсутствие внедрения биосорбции в качестве технологии очистки отходов. Появилось несколько коммерческих предприятий, предлагающих биосорбцию в качестве лечения. Существует недостаток полевых испытаний для, казалось бы, многообещающей технологии десятилетней давности.

Бюро горнодобывающей промышленности США разработало гранулы биофиксации путем иммобилизации биомассы в пористых полисульфоновых гранулах [10]. В процессе BIOS в технологическом центре Noranda использовалась подстилка из опилок, водорослей и мха-сфагнума, близкая к просачиванию. Насыщенная металлами биомасса затем утилизируется (в виде хвостов или отправляется на плавку) или промывается для извлечения металлов. Подстилка содержала кору (20 лет), древесную массу и опилки [11]. Торфяной мох высшего сорта используется для разработки P.O.L. Сорб, который действует как превосходный адсорбент для растворов из-за присущего активированному торфу капиллярного действия, которое обеспечивает мощное впитывающее действие, которое инкапсулирует масла, растворители, тяжелые металлы, пестициды, гербициды. Сырьем для POL Sorb является листовая материал, не содержащий стеблей, и наименее распространенная часть торфа в его естественном или частично биоразлагаемом состоянии [12]. Иммобилизованные частицы представляет собой биосорбент, полученный путем иммобилизации инактивированных клеток *Rhizopus arrhizus* с желательным размером частиц 0,5–1,2 мм. Характерными особенностями данного биосорбента являются его химическая стойкость, устойчивость к сжатию и истиранию, высокая пористость, хорошая смачивающая способность. Они используются для извлечения урана из операций по выщелачиванию [13].

Одним из преимуществ биосорбции является удаление остаточных или незначительных концентраций загрязняющих веществ. Обычные методы очистки воды не могут полностью удалить загрязняющие вещества. Биосорбция может быть интегрирована после других традиционных методов обработки воды. Это особенно актуально в случае таких загрязняющих веществ, как тяжелые металлы, воздействие которых ощущается даже на уровне миллиардных долей.

Штаммы или биомасса, используемые в качестве биосорбента, должны быть безопасного происхождения, особенно для воды, обрабатываемой для потребления людьми или животными. Следовательно, необходимо избегать патогенов и токсин-продуцирующих организмов. В этом отношении большое значение имеет биомасса пищевых микроорганизмов, таких как молочнокислые бактерии, а также агроотходы.

Отходы можно разделить на твердые (разлагаемые и неразлагаемые) и жидкие по своей природе. Многие твердые небiorазлагаемые отходы (пластик) могут быть переработаны для образования химически и механически прочных и инертных матриц для удержания биосорбента. В качестве биосорбентов можно использовать разлагаемые отходы или биомассу сельскохозяйственную, бытовую и промышленную. Можно использовать совместимую комбинацию биосорбент-матрица для очистки сточных вод. Это может сделать переработку отходов экономичной и устойчивой, одновременно решая проблемы твердых и жидких стоков.

Природа обеспечивает разнообразие биомассы, различающейся специфичностью связывания, эффективностью и прочностью. Это разнообразие может быть адаптировано к потребностям обработки отходов на конкретных участках путем применения передовых методов технологии синтетической биологии. Штаммы могут быть модифицированы для экспрессии одного или нескольких белков, связывающих металлы, на клеточной поверхности. Можно сконструировать и экспрессировать химерные белки с несколькими металлосвязывающими доменами, имеющими подходящие условия связывания и регенерации. Условиями связывания и регенерации биосорбентов также можно управлять. Могут быть созданы штаммы, устойчивые к суровым условиям среды отходов и способные накапливать токсичные металлы. Однако необходимо будет рассмотреть законы, регулирующие распространение или выпуск/содержание генетически модифицированных организмов. Такие методы, как перетасовка генома, считаются естественными и могут использоваться для модификации микроорганизмов. Существует путаница в отношении технологии Crispr-Cas9, если ее можно считать генетической модификацией. Кроме того, процессы биосорбции с участием мертвой биомассы могут быть убедительным аргументом против такого регулирования.

Биосорбенты, содержащие металлы, можно включать в состав кормов или удобрений, так как металлы, связанные с органическими лигандами, обладают большей биодоступностью. Кроме того, они могут увеличить срок годности используемого корма. Однако биомасса может также связывать опасные химические вещества (например, красители) при использовании с промышленными стоками. Использование такой биомассы в кормах не рекомендуется.

Строгие нормы и контроль за сбросом сточных вод могут убедить промышленность рассматривать очистку отходов как необходимое вложение, а не накладные расходы, которых можно избежать. При таком сценарии могут процветать такие стартапы, как «Биосорбекс», инвестирующие в экологически безопасные технологии переработки отходов.

Проблемы, с которыми сталкивается биосорбция, аналогичны тем, с которыми сталкивалась технология мембранной фильтрации до того, как она стала актуальной и популярной, как сегодня. Это включает в себя стоимость и стабильность биосорбента (мембраны), уменьшение мест связывания (обрастание), а также плохое понимание и общее нежелание внедрять новые технологии и т. д. Таким образом, учитывая его экологичность и другие достоинства, он найдет свое применение. место в качестве рутинного процесса очистки воды.

Список литературы

1. Baroni L. Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems / Baroni L, Cenci L, Tettamanti M, Berati M // *European Journal of Clinical Nutrition*. – 2007. – C.61:279.
2. UIET SH. Environmentally sound technologies for wastewater and stormwater management: An international source book / UIET SH // *International Water Association: Osaka*. – 2002. №15. – C.1-617.
3. Vieira RH. Biosorption: A solution to pollution? / Vieira RH., Volesky B // *International Microbiology*. – 2000. – №3. – C.17-24.
4. Das N. Biosorption of heavy metals—An overview / Das N, Vimala R, Karthika P // *Indian Journal of Biotechnology*. – 2008. – C.7:159-169.
5. Monachese M Bioremediation and tolerance of humans to heavy metals through microbial processes: A potential role for probiotics? / Monachese M Burton JP, Reid G. // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2012. – C.78.
6. Macek T. Potential of biosorption technology / Macek T., Mackova M. // In: *Microbial Biosorption of Metals*. Netherlands: Springer. – 2011. – p. 7-17.
7. Artola A. Pilot plant biosorption in an integrated contact-settling system: Application to Cu (II) removal by anaerobically digested sludge / Artola A, Martin MJ, Balaguer M, Rigola M // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. – 2001. – C.76.
8. Zouboulis AI Removal of toxic metal ions from aqueous systems by biosorptive flotation / Zouboulis AI, Lazaridis NK, Matis KA // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. – 2002. – C.77.
9. Tigini V. In scale-up of biosorption process for the textile wastewaters treatment using a selected fungal biomass / Tigini V, Prigione V, Anastasi A, Vaglio M, Varese G // In: *22nd IFATCC International Congress, AICTC*. – 2010. – p. A09.
10. Jeffers TH. Biosorption of metal contaminants using immobilized biomass field studies / Jeffers TH, Bennett PG, Corwin RR // *US Bureau of Mines, Report of investigations*. –1993. C.10
11. Kuyucak N. Passive Treatment Methods for Acid Mine Drainage / Kuyucak N, St-Germain P // In: Hager JP, editor. *EPD Congress 1993*. Warrendale: TMS publisher. – 1993. – p. 319-331.
12. Kuyucak N. In possible options for in-situ treatment of acid mine drainage seepages / Kuyucak N, St-Germain P // In: *International Land Reclamation and Mine Drainage Conference and 3rd International Conference on Abatement of Acid Drainage*. – 1994. – pp. 26-29.
13. Tsezos M. A batch reactor mass transfer kinetic model for immobilized biomass biosorption / Tsezos M, Noh S, Baird M // *Biotechnology and Bioengineering*. – 1988. – C.32:545-553.

БИОТЕСТИРОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЦВЕТОВ БАРХАТЦЕВ

**О. В. Самылова, А. А. Кузнецова, З. О. Денисюк, Д. И. Сафиуллина,
Ю. В. Щербакова, Ф. Ю. Ахмадуллина**

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский институт»,
г. Казань, Россия, email: balakirevajulia3@mail.ru

Аннотация: За последние годы возрос интерес к биологически активным компонентам, которые способны проявлять антиоксидантные свойства. В связи с этим особое значение отводится питанию, которое должно обеспечить ослабление негативного действия вредных экофакторов на организм человека, способствовать повышению его защитно-приспособительных возможностей, и, как следствие, снизить риск развития различных патологий. Богатым источником биологически активных веществ являются бархатцы. Исходя из этого, целью данной работы являлось исследование антиоксидантной активности экстрактов цветов бархатцев. Антиоксидантную активность определяли методом биотестирования на биологической модели, в качестве которой были выбраны инфузории *Paramecium caudatum*.

Ключевые слова: бархатцы, биотестирование, инфузории, экстракты.

BIOTESTING OF TAGETES FLOWER EXTRACTS

**O. V. Samylova, A. A. Kuznetsova, Z. O. Denisyuk, D. I. Safiullina, Yu. V. Shcherbakova,
F. Yu. Akhmadullina**

Kazan national research technological university, Kazan, Russia, email:
balakirevajulia3@mail.ru

Abstract: In recent years, interest in biologically active components that are capable of exhibiting antioxidant properties has increased. In this regard, particular importance is given to nutrition, which should ensure the weakening of the negative effect of harmful environmental factors on the human body, help increase its protective and adaptive capabilities, and, as a result, reduce the risk of developing various pathologies. Tagetes are a rich source of biologically active substances. Taking into account the information above, the purpose of this work was to study the antioxidant activity of tagetes flower extracts. Antioxidant activity was determined by biotesting on a *Paramecium caudatum* as a biological model.

Keywords: tagetes, biotesting, paramecium, extracts/

Человек в течение всей жизни находится под постоянным воздействием целого ряда негативно сказывающихся факторов. Изменения в интенсивности воздействия любого из них может, и, приводит к нарушениям в состоянии здоровья человека и населения, что негативно влияет на экономику и развитие государства в целом. За последние годы возрос интерес к биологически активным компонентам, которые способны проявлять антиоксидантные свойства. В связи

с этим особое значение отводится питанию, которое должно обеспечить ослабление негативного действия вредных экофакторов на организм человека, способствовать повышению его защитно-приспособительных возможностей, и, как следствие снизить риск развития различных патологий. Богатым источником биологически активных веществ являются бархатцы.

В связи с этим целью данной работы является исследование антиоксидантной активности водных экстрактов цветов бархатцев (бархатцы отклоненные (*Tagetes patula*)) методом биотестирования.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Подбор концентраций водных экстрактов цветов бархатцев для проведения биотестирования.

2. Оценка антиоксидантных свойств водных фитоэкстрактов биологическим методом.

Экстракты были получены в ФГБОУ ВО «КНИТУ» на кафедре промышленной биотехнологии методом мацерации, с использованием в качестве экстрагента дистиллированной воды при следующих условиях:

- гидромодуль 1:300;
- температура экстрагирования 70 °С;
- время экстрагирования 1,5 часа
- скорость перемешивания 500 об/мин.

Антиоксидантную активность определяли методом биотестирования на биологической модели, в качестве которой были использованы инфузории *Paramecium caudatum*. Выбор тест-объекта был обусловлен рядом преимуществ инфузорий (рис. 1).

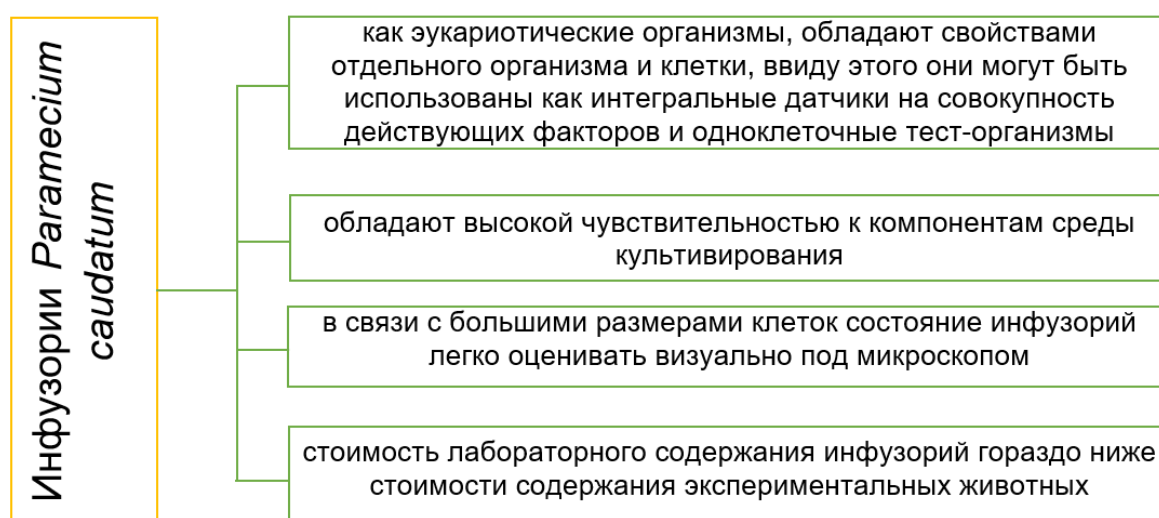


Рис. 1. Преимущества инфузорий *Paramecium caudatum* [1]

Вследствие того, что антиоксиданты проявляют себя как компоненты защитной системы организма в условиях стресса, для выбранной биомодели были искусственно созданы условия окислительного стресса [2].

В качестве стрессора мы использовали перекись водорода, которая инициирует перекисное окисление липидов (ПОЛ) мембраны. Поскольку перекисное окисление липидов является саморазвивающейся цепной реакцией, начальное окисление всего нескольких молекул липидов может привести к значительному повреждению тканей (рис. 2) [3–4].



Рис. 2. Повреждение мембраны при индукции перекисного окисления липидов

В качестве основного параметра исследования в работе фиксировали время остановки парамеций под воздействием стрессора.

Согласно полученным результатам, все исследованные концентрации экстрактов (0,0076; 0,071; 0,13; 0,235; 0,27; 0,316; 0,35 мг/мл) не ингибировали рост тест объекта и приводили к увеличению его стрессоустойчивости (рис. 3).

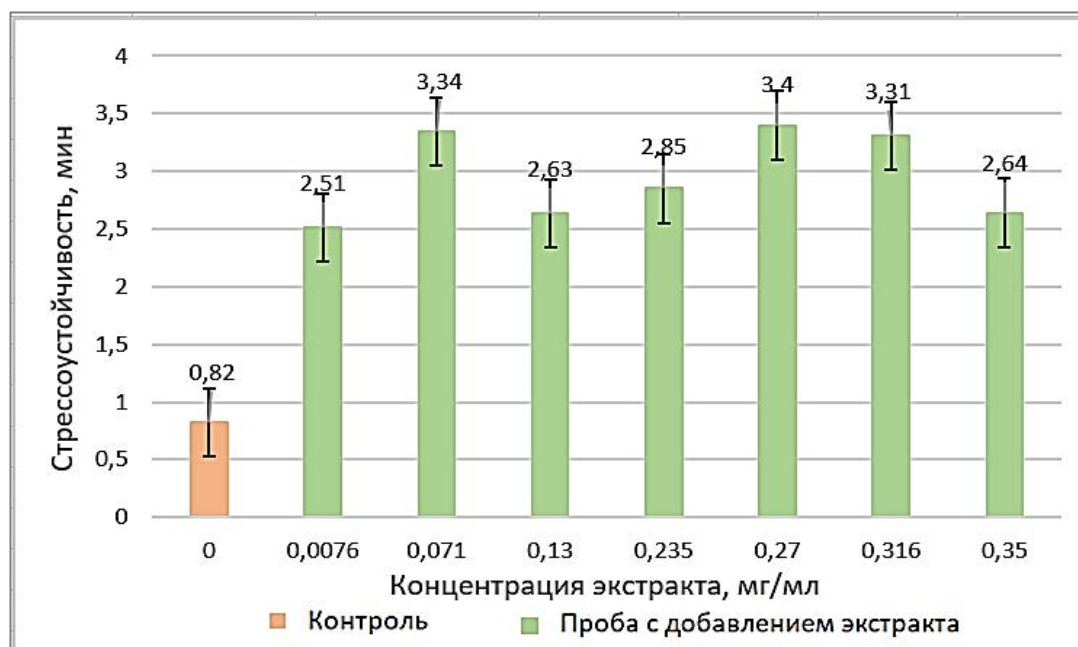


Рис. 3. Влияние экстракта цветов бархатцев, полученного методом мацерации на стрессоустойчивость *Paramecium caudatum* к пероксиду водорода

Список литературы

1. Половинкина Е. О., Сеницына Ю. В. Особенности воздействия слабых стрессоров физической природы на перекисный гомеостаз растительной клетки. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. – 62 с.
2. Демидова А. В., Макарова Н. В. Влияние режимов бланшировки на физико-химические свойства и антиоксидантную активность фруктового сырья на примере вишни, сливы, черноплодной рябины и клубники//Пищевая промышленность. 2016. № 2. С. 40-43.
3. А.Я. Яшин, Я.И. Яшин, Н.И. Черноусова и др. Методы определения антиоксидантной активности пищевых продуктов и БАДов // Мир измерений. 2012. № 1. С. 30–35.
4. Ходос М.Я., Казаков, Я.Е., Видревич, М.Б., Брайнина, Х.З. Мониторинг окислительного стресса в биологических объектах //Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2017. – Т. 14. – №. 3. – С. 262-274.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОБНОГО ПРОЦЕССА РОСТА ЭТАНОЛОКИСЛЯЮЩИХ ДРОЖЖЕЙ

Д. Р. Фасхутдинов, И. В. Логинова, С. Г. Мухачев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
dinar449@gmail.com

Аннотация: Разработана математическая модель аэробного процесса роста этанолюкисляющих дрожжей с учетом массообмена кислорода и углекислого газа в жидкой и газовой фазах. Проведено имитационное моделирование генерации дрожжей *Candida Lambica* VSB-579 в реакторе периодического действия с регулированием процесса по концентрации субстрата-этанола. Получены теоретические зависимости по динамике потребления субстрата, роста биомассы, удельной скорости роста, концентрации кислорода и углекислого газа, продуктивности процесса.

Ключевые слова: математическая модель, кинетика, массообмен кислорода и углекислого газа, этанолюкисляющие дрожжи.

MODELING THE AEROBIC GROWTH PROCESS OF ETHANOL-OXIDIZING YEAST

D. R. Fashutdinov, I. V. Loginova, S. G. Muhachev

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: A mathematical model of the aerobic growth process of ethanol-oxidizing yeast has been developed taking into account the mass transfer of oxygen and carbon dioxide in the liquid and gas phases. Simulation modeling of the generation of yeast *Candida Lambica* VSB-579 in a batch reactor with control of the process by the concentration of the substrate-ethanol was carried out. Theoretical dependences on the dynamics of substrate consumption, biomass growth, specific growth rate, oxygen and carbon dioxide concentrations, and process productivity are obtained.

Keywords: mathematical model, kinetics, mass transfer of oxygen and carbon dioxide, ethanol-oxidizing yeast.

Исследование биотехнологических микроорганизмов методом математического моделирования позволяет анализировать и прогнозировать характеристики химико-биологических систем для получения представления о процессах и явлениях, происходящих внутри аппарата. Разработка электронной модели дает возможность решать проблемы технологического проектирования биореакторов с использованием различных режимов культивирования микроорганизмов, а также минимизировать затраты на использование питательной среды и энергообеспечение.

Целью данной работы является моделирование генерации дрожжей в биореакторе с учетом динамики концентрации кислорода и углекислого газа в жидкой и газовой фазах.

Математическая модель кинетики культивирования микроорганизмов включает удельную скорость роста биомассы, динамику роста биомассы и потребления субстрата, массообмен кислорода и углекислого газа в жидкой и газовой фазах.

Удельная скорость роста биомассы:

$$\mu = \mu_{\max} \cdot \frac{s}{k_s + s + s^2 / k_u} \cdot \frac{c}{k_c + c}$$

Динамика роста биомассы:

$$\frac{dx}{dt} = \mu \cdot x$$

Динамика потребления субстрата:

$$\frac{ds}{dt} = -(a_s + b_s \cdot \mu) \cdot x$$

Динамика концентрации растворенного кислорода в жидкой фазе:

$$\frac{dc}{dt} = K_L(a - a_1) \cdot (c_G \cdot He - c) - (a_O + b_O \cdot \mu) \cdot x \cdot \frac{a - a_1}{a}$$

Динамика концентрации растворенного углекислого газа в жидкой фазе:

$$\frac{dc_c}{dt} = -0,62 \cdot K_L \cdot [(a - a_1) \cdot (c_c \cdot 7He - c_{GC}) + a_1 \cdot c_c] + (a_c + b_c \cdot \mu) \cdot x$$

Динамика концентрации кислорода в газовой фазе при ее идеальном перемешивании

$$\frac{dc_G}{dt} = D_G \cdot (c_G^{ex} - c_G) - (V_L / V_G) \cdot K_L \cdot [(a - a_1) \cdot (c_G \cdot He - c) - a_1 \cdot c_G \cdot He]$$

Динамика концентрации углекислого газа в газовой фазе при ее идеальном перемешивании

$$\frac{dc_{GC}}{dt} = -D_G \cdot c_{GC} + 0,62 \cdot (V_G / V_L) \cdot K_L \cdot [(a - a_1) \cdot (c_c - 7He \cdot c_{GC}) + a_1 \cdot c_c]$$

Здесь

a – удельная поверхность раздела фаз;

a_1 – поверхность, занятая клетками, $a_1 = 500 \cdot \ln(1 + 0,2 \cdot x)$;

D_G – коэффициент протока по газовой фазе, $D_G = v_G^{ex} / V_G$;

He – константа Генри для кислорода;

K_L – коэффициент массообмена, $K_L a = 7,28 \cdot k \cdot (N / V_L)^{0,87} \cdot (v_G / V_L)^{0,34} \cdot n^{0,2}$;

Режимные параметры:

N – мощность мешалки, Вт;

V_L – объем жидкости в реакторе, л;

v_G – объемный расход воздуха, подаваемого на аэрацию, лл·сек⁻¹;

n – скорость вращения мешалки, сек⁻¹;

Исходные данные для проведения расчетов приведены ниже. Идентификация параметров модели проводилась для аэробного процесса роста этанолюкисляющих дрожжей *Candida lambica* ВСБ-579 [4].

Начальные концентрации	Значения, [г/л]
Концентрация биомассы	$X_0 = 4$
Концентрация субстрата	$S_0 = 15 - 20$
Концентрация кислорода в жидкой фазе	$C_{O_2} = 0,007$
Концентрация углекислого газа в жидкой фазе	$C_{CO_2} = 0$
Концентрация кислорода в газовой фазе	$C_{GO_2} = 0,27$
Концентрация углекислого газа в газовой фазе	$C_{GCO_2} = 0$
Концентрация кислорода на входе	$C^{вх} = 0,27$

Кинетические параметры

μ_{max} , [час ⁻¹]	K_s , [г/л]	K_{ui} , [г/л] ²	K_c , [г/л]	K_L , [час ⁻¹]
0,6	0,13	4,5	0,001	1,43

Параметры процесса метаболизма

μ	b_o	a_o	b_s	a_s	b_c	a_c
0,25	1,132	0,484	1,231	0,232	0,57	0,444
0,3	1,13	0,4845	1,235	0,231	0,576	0,4425
0,35	1,135	0,483	1,158	0,2541	0,567	0,4452
0,4	1,131	0,4844	1,300	0,2044	0,575	0,4424
Среднее	1,132	0,484	1,231	0,2304	0,572	0,4435

Физические и технологические параметры

Δt , [час]	a	He	D_G , [час ⁻¹]	V_L , [л]	V_G , [л]
0,00001	672	0,027	30	4	1

Результаты имитационного моделирования процесса роста этанолюкисляющих дрожжей *Candida lambica* в реакторе периодического действия представлены на рис. 1-6.

Для оптимизации выхода дрожжей предусмотрено регулирование процесса по концентрации субстрата-этанола: когда s падает до 0.0001, включается разовая дополнительная подача субстрата (рис.1). С учетом этого повторная подача субстрата включается спустя 11,5 часов, при этом общая продолжительность процесса составляет 17 часов.

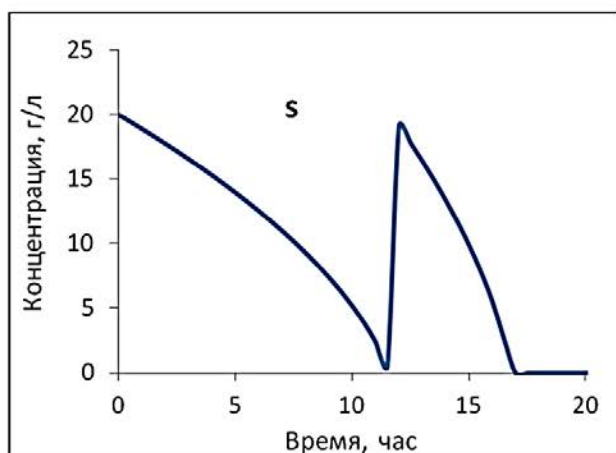


Рис. 1 – Динамика потребления субстрата

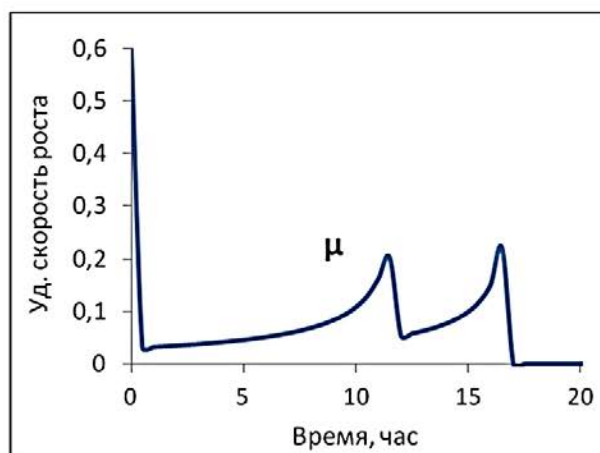


Рис. 2 – Динамика удельной скорости роста дрожжей

Концентрации растворенного кислорода и кислорода в газовой фазе соответственно составили 0 г/л и 0,061 г/л.

Растворимость углекислого газа в 7 раз выше, чем у кислорода. Динамика CO_2 показана на рисунках 3 и 4.

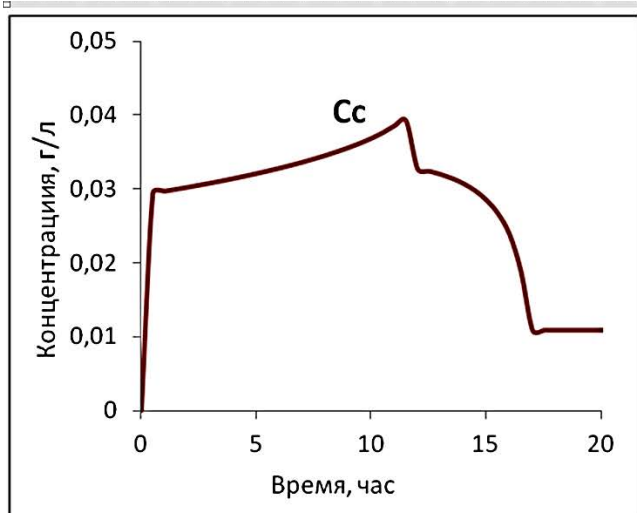


Рис. 3 – Динамика растворенного углекислого газа

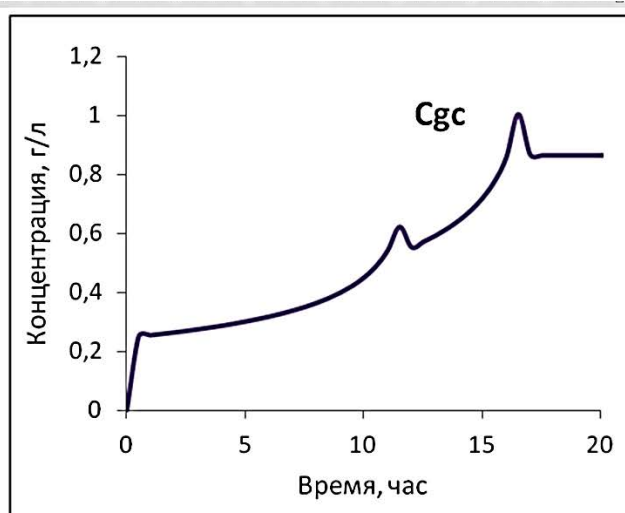


Рис. 4 – Динамика углекислого газа в газовой фазе

С учетом повторной подачи субстрата максимальная концентрация дрожжей составила 14,6 г/л, а конверсия – 53%. Расчет без повторной подачи субстрата показал соответственно 8,4 г/л и 22%.

Как видно на рисунках 3 и 4, при подаче субстрата-этанола происходит сначала резкое увеличение концентрации углекислого газа, а затем снижение её до некоторого предела. При этом при повторной подаче субстрата снижение концентрации CO_2 увеличивается.

В работе [5] инверсивная картина динамики кислорода объясняется различным уровнем образующейся внутриклеточной концентрации токсичного ацетальдегида при увеличении поступления количества субстрата и кислорода в клетку.

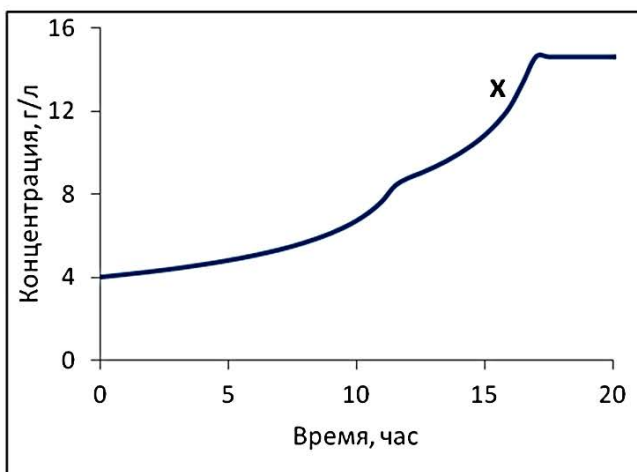


Рис. 5 – Динамика роста биомассы

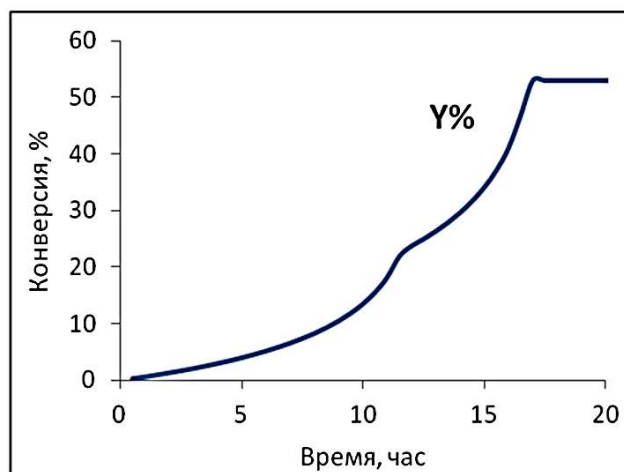


Рис. 6 – Динамика конверсии

В заключении отметим, что учет в данной модели динамики концентрации кислорода и углекислого газа в жидкой и газовой фазах позволяет решать задачи интенсификации биотехнологических процессов и теоретического исследования дыхания дрожжей.

Список литературы

1. Мухачев С.Г, Валеева Р.Т., Тунцев Д.В. Массообмен кислорода в биологических реакторах: учебное пособие.- Казань: Отечество, 2022.- 84 с.
2. Тишин В.Б., Головинская О.В. Эксперимент и поиск математических моделей кинетики биологических процессов: Учеб. пособие. – СПб.:Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 111 с.
3. Авцинов И.А. Модель кинетики процесса культивирования микроорганизмов/ И.А. Авцинов, Ю. Е. Кожевников, Н. В. Суханова // Вестник ТГТУ. – 2017. – Том 23. – № 3. – С.481-487.
4. Мухачев, С. Г. Использование метода стехиометрических инвариантов при оценке характеристик процесса роста аэробных микроорганизмов/ С. Г. Мухачев // Вестник Казанского технологического университета. - 2006. - № 5. - С. 96-110.
5. Мухачев, С. Г. Потеря устойчивости процессов биосинтеза при гипербарических и лимитирующих концентрациях кислорода в газовой фазе / С. Г. Мухачев, Ш.Г.Еникеев // Вестник Казанского технологического университета. – 20013. – Т.16. – № 19. - С. 248-249.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕФОСФАТАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД

А. Р. Хабибуллина, Т. В. Вдовина, А. С. Сироткин

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
aida_khabibullin@mail.ru

Аннотация: Получены накопительные культуры изолятов фосфатаккумулирующих бактерий из активного ила и проведен элементный анализ внутриклеточных включений методом сканирующей электронной микроскопии, подтверждающий депонирование фосфора в ходе моделирования процесса биологической дефосфатации сточных вод. Составлены уравнения реакции микробной фосфатаккумуляции в процессе периодического культивирования, на основании которых рассчитана потенциальная эффективность биологической дефосфатации, составляющая около 98%. На основании найденных значений коэффициентов корреляции и регрессии выявлено значительное влияние концентрации растворенного кислорода на изменение эффективности удаления фосфатов активным илом. Изменение режима аэрации в ходе опытно-промышленных испытаний показало увеличение степени удаления фосфат-ионов из сточных вод на 40-45%.

Ключевые слова: дефосфатация сточных вод, фосфатаккумулирующие бактерии, активный ил, регрессионная модель.

INTENSIFICATION OF WASTEWATER BIOLOGICAL PHOSPHATE REMOVAL PROCESS

A. R. Khabibullina, T. V. Vdovina, A. S. Sirotkin

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Enrichment cultures of isolates of phosphate-accumulating bacteria from activated sludge were obtained and elemental analysis of intracellular accumulations was carried out by scanning electron microscopy, confirming the deposition of phosphorus during the simulation of the biological phosphate removal process. Equations for microbial phosphate accumulation during batch cultivation were compiled, on the basis of which the potential efficiency of biological treatment was calculated, which is about 98%. A significant effect of the concentration of dissolved oxygen on the change in the efficiency of phosphate removal by activated sludge based on correlation and regression coefficients was revealed. Changing the aeration regime during pilot tests showed an increase in the degree of removal of phosphate ions from wastewater by 40-45%.

Keywords: wastewater dephosphatization, phosphate-accumulating bacteria, activated sludge, regression model.

Эвтрофикация водоемов в результате попадания в них фосфора приводит к нарушению процессов саморегуляции в биоценозах, наблюдается массовое

развитие цианобактерий («цветение» водоемов), продуцирующих нейро- и гепатоксины, падает содержание растворенного кислорода в воде, накапливаются токсичные продукты разложения [1]. Основными источниками поступления биогенных элементов в природные водоемы являются отходы производственной и бытовой деятельности человека, а также неорганизованный сброс сточных вод с территорий городов и промышленных площадок предприятий, что обуславливает актуальность исследований. Цель работы состоит в повышении эффективности процесса биологической дефосфатации сточных вод.

Экспериментальные исследования включали в себя следующие этапы:

- выделение изолятов фосфатаккумулирующих бактерий и изучение их фосфатаккумулирующей способности,
- составление уравнений протекания процесса микробной фосфатаккумуляции в условиях культивирования без лимитирующих факторов,
- определение степени влияния внешних факторов среды на процесс биологической дефосфатации сточных вод,
- проведение опытно-промышленных испытаний по увеличению эффективности удаления фосфат-ионов из сточных вод.

Объектами исследований в представленной работе выступали активный ил очистных сооружений г. Чистополь (АО "Чистополь-Водоканал"), сточная вода, активный ил и лабораторные данные очистных сооружений г. Зеленодольск (АО «ЗВКС»), сточная вода и активный ил очистных сооружений с. Кошаково (НТИ «БИОТЕХИНЖИНИРИНГ»).

Выделение изолятов из сообщества активного ила очистных сооружений проводили высеvom разведенной надильовой жидкости на плотные питательные среды следующего состава (на 1 л): глюкоза – 10 г., NaNO_3 – 3 г., K_2HPO_4 – 1 г., KH_2PO_4 – 0,5 г., MgSO_4 – 0,5 г., KCl – 0,5 г., FeSO_4 – 0,001 г., дрожжевой экстракт – 0,5 г., агар–агар – 20 г. [2].

Исследование процесса дефосфатации осуществлялось в процессе периодического культивирования фосфатаккумулирующих микроорганизмов в жидкой модельной питательной среде следующего состава (на 1 л): пептон – 0,27 г., KH_2PO_4 – 0,028 г., NaCl – 0,007 г., $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,004 г., $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,002 г., $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 0,1 г., $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,2 г., $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,1 г., $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,02 г., $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,0026 г. [3] при чередовании режимов аэрации по следующей схеме: 2 часа экспериментальная система аэрируется, 2 часа – не аэрируется, в последующие 2 часа аэрация в системе возобновляется.

Для определения числа КОЕ использовали высеvom на мясопептонный агар по методу Коха [4].

Эффективность процесса дефосфатации контролировали по содержанию фосфатов в питательной среде в процессе культивирования. Определение фосфат-ионов производилось по стандартной методике [5].

На основании литературных данных для оценки влияния внешних факторов определялись концентрации органических веществ по ХПК, ионов аммония, нитрит- и нитрат-ионов, доза ила по стандартным методикам [6-10], а также контролировались значения pH с использованием pH-150 МИ.

Концентрация растворенного кислорода измерялась определялась оксиметром ULAB UP-7041O, а также арбитражным методом по Винклеру [11].

Для подтверждения внутриклеточного накопления фосфора был использован метод сканирующей электронной микроскопии с элементным анализом. Электронно-микроскопические исследования препаратов проводили на микроскопе Merlin (Carl Zeiss, Германия). Подготовка препаратов и фиксация клеток 2,5% глутаровым альдегидом проводилась по методике, описанной в работах Васильевой Л.В. и др. [12].

В ходе выделения фосфатаккумуляирующих бактерий из активного ила очистных сооружений АО "Чистополь-Водоканал" были получены изоляты А и Р, которые преимущественно состояли из грам-отрицательных кокковидных клеток и грам-отрицательных палочковидных клеток, соответственно.

Общая эффективность удаления фосфора фосфатов в процессе периодического культивирования изолятов в условиях изменения концентрации растворенного кислорода в пределах 3-7 мг/дм³ составила 30,2% и 9,8 % для изолятов А и Р, соответственно. Результаты, полученные методом сканирующей электронной микроскопии с элементным анализом, подтвердили накопление элементного фосфора внутри клеток, что позволило отнести полученные изоляты к группе фосфатаккумуляирующих микроорганизмов [13].

Для определения потенциально возможной эффективности удаления фосфат-ионов из среды путем микробной фосфатаккумуляции были составлены уравнения, описывающие основные стадии экспериментального моделирования. На основании полученных уравнений определено, что из среды может быть удалено до 98% фосфора-фосфатов, при этом 85% от начальной концентрации фосфора фосфат-ионов будет представлено в составе внутриклеточных полифосфатных гранул.

Дальнейшие исследования были направлены на выявление внешних факторов среды, имеющий значительное влияние на процесс биологической дефосфатации активным илом на основании лабораторных данных очистных сооружений АО «ЗВКС» за 2020-2021 года. С этой целью были определены коэффициенты корреляции и регрессии для каждого фактора. Выбор факторов был осуществлён на основании литературных данных [14]. Наибольшее значение коэффициента корреляции (по модулю) соответствует концентрации растворенного кислорода, что говорит о большой значимости данного параметра для эффективности дефосфатации. Однако, низкие числовые значения коэффициентов корреляции каждого параметра по отдельности, обуславливают необходимость более детальной обработки лабораторных данных с определением коэффициентов регрессии для каждого фактора.

Значения коэффициентов регрессии позволяют определить степень и характер зависимости эффективности дефосфатации от каждого фактора с учетом многофакторности процесса. Так, коэффициент регрессии перед концентрацией растворенного кислорода указывает на обратно пропорциональную зависимость с значительной степенью влияния.

Поскольку содержание кислорода в среде обладает наибольшей степенью влияния на процесс микробной фосфатаккумуляции в сообществе активного ила,

опытно-промышленные испытания на модульных очистных сооружениях НТИ «БИОТЕХИНЖИНИРИНГ» в с. Кощаково включали в себя создание чередования условий с пониженной и интенсивной аэрацией. В ходе испытаний экспериментально исследована дефосфатирующая способность активного ила в условиях постоянной и зонной (с чередованием кислородных режимов) аэрации.

Результаты опытно-промышленных испытаний свидетельствуют о том, что в условиях постоянной аэрации и концентрации кислорода на уровне 3-5 мг/дм³ максимальная эффективность биологической дефосфатации за период наблюдения составила 48%. В то же время, в условиях зонной аэрации при концентрации кислорода около 1,1-1,8 мг/дм³ максимальная эффективность биологической очистки за период наблюдения составила 89%. Увеличение степени удаления фосфат-ионов из сточных вод биологическим способом несет экономический эффект за счет снижения объема закупок дефосфатирующих реагентов и расхода электроэнергии на аэрацию.

Таким образом, в ходе выполнения данной работы были получены результаты, направленные на повышение эффективности биологической дефосфатации сточных вод:

- выделены накопительные культуры изолятов фосфатаккумуляирующих бактерий, проведен элементный анализ их внутриклеточных накоплений методом сканирующей электронной микроскопии, подтверждающий депонирование фосфора в ходе моделирования процесса биологической дефосфатации;
- составлены уравнения для микробной фосфатаккумуляции в процессе периодического культивирования, на основании которых рассчитана потенциальная эффективность биологической дефосфатации, составляющая до 98%;
- на основании данных производственной лаборатории очистных сооружений оценено влияние факторов среды на эффективность дефосфатации сточных вод и выявлено, что наибольший вклад в изменение эффективности удаления фосфатов биологическим путем вносит концентрация растворенного кислорода;
- при изменении режима аэрации на одной из технологических линий очистных сооружений БТИ-БОС с. Кощаково выявлено увеличение степени удаления фосфат-ионов из сточных вод на 40-45%, что несет экономическую выгоду, за счет снижения затрат на закупку дефосфатирующих реагентов и потребляемую компрессорами электроэнергию.

Список литературы

1. Маркевич Р.М. Биологическое удаление из сточных вод азота и фосфора в аэротенках Минской очистной станции аэрации / Р.М. Маркевич, М.В. Рымовская, О.И. Лазовская, Н.В. Холодинская // Труды БГТУ. Серия 4: Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2009. Т. 1. № 4. С.242-2461.
2. Rokade K., Mali G., Biodegradation of chlorpyrifos by *Pseudomonas Desmolyticum* 2112 // International journal of pharma and bio sciences, 2013. 4(2), P. 609-616.

3. Günther S., Trutnau M., Kleinstaub S., Hause G., Bley T., Röske I., Harms H., Müller S. Dynamics of polyphosphate accumulating bacteria in waste water communities detected via DAPI and tetracycline labelling // *Appl Environm Microbiol*, 2009. 75/7, P. 2111-2121.
4. Нетрусов А.И. Практикум по микробиологии: Учебн.пособие для студ.вышш.учеб.заведений / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук и др.; под ред. А.И. Нетрусова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.
5. ПНД Ф 14.1:2:4.112-97. Методика измерений массовой концентрации фосфат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с молибдатом аммония. – Москва: Изд-во ФБУ «ФЦАО», 2011. – 18 с.
6. ГОСТ 31859-2012. Метод определения химического потребления кислорода. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 11 с.
7. ПНД Ф 14.1:2:3.1-95. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. – Москва: Изд-во ФБУ «ФЦАО», 2017. – 26 с.
8. ПНД Ф 14.1:2:43-95. Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса. – Москва: Изд-во ФБУ «ФЦАО», 2011. – 22 с.
9. ПНД Ф 14.1:2:4.4-95. . Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой. – Москва: Изд-во ФБУ «ФЦАО», 2011. – 18 с.
10. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд., доп. и перераб. / А.Г. Муравьев. – СПб.: «Крисмас+», 2004. – 248 с.
11. ПНД Ф 14.1:2.101-97. Методика выполнения измерений массовой концентрации растворенного кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод йодометрическим. – Москва: Изд-во ФБУ «ФЦАО», 1997. – 19 с.
12. Vasilyeva L.V. Omelchenko M.V., Berestovskaya Y.Y., Lysenko A.M., Abraham W.R., Dedysh S.N., Zavarzin G.A. *Asticcacaulis benevestitus* sp. nov., a psychrotolerant, dimorphic, prosthecae bacterium from tundra wetland soil // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2006. V. 56. P. 2083–2088.
13. Жмур, Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
14. Харькина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод / О. В. Харькина. – Волгоград: Панорама, 2015. — 433 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Э. Р. Хайруллина, Д. В. Тунцев, М. Р. Хайруллина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
endzhe_31@mail.ru

Аннотация: Представлена установка непрерывного действия для гидротермической обработки древесных отходов, в которой происходит обработка древесных частиц горячим агентом с дальнейшим получением водного экстракта, содержащего ценные компоненты. Проведен анализ режимов обработки.

Ключевые слова: гидротермическая обработка, древесные отходы, экстрактивные вещества, арабиногалактан, режим обработки.

HYDROTHERMAL TREATMENT TECHNOLOGY WOOD WASTE

E. R. Khairullina, D. V. Tuntsev, M. R. Khairullina

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: The paper presents a continuous hydro-thermal treatment unit for wood wastes in which wood particles are treated with a hot agent with further production of an aqueous extract containing valuable components. Processing modes are analyzed.

Keywords: hydrothermal treatment, wood waste, extractive substances, arabinogalactan, treatment mode.

Введение. Необходимость переработки древесных отходов на протяжении многих лет остается областью требующий модернизации и внедрения все новых подходов к решению проблемы утилизации отходов лесопромышленного комплекса [1]. Основным ограничением при использовании отходов лесопромышленного комплекса, особенно в роли наполнителя для композиционных материалов, является наличие специфических свойств органического сырья [2, 3]. Экстрактивные вещества древесины, взаимодействуя со щелочной средой связующего, например, когда роль связующего выполняет минерально-вяжущие вещества, образуют соединения, препятствующие твердению получаемого материала [4].

Известно множество технологий по блокированию либо замедлению отрицательного воздействия древесных наполнителей, которые требуют тщательного анализа и комплексного решения [5, 6]. Одним из таких технологий является гидротермическая обработка древесных частиц. Однако процессы гидротермической обработки древесины очень ответственны и требует сложного и дорогого

оборудования [7, 8]. Поэтому чаще всего применяют оборудование периодического действия, а именно различные бассейны. Однако используемые установки периодического действия экономически не целесообразны, а также сложны в своем применении [9].

В связи с этим актуальной задачей является разработка оборудования гидротермической обработки непрерывного действия и использование данной установки в получении композиционного материала на основе минеральных вяжущих веществ [10]. Для решения этой задачи разработана установка гидротермической обработки непрерывного действия (рис. 1).

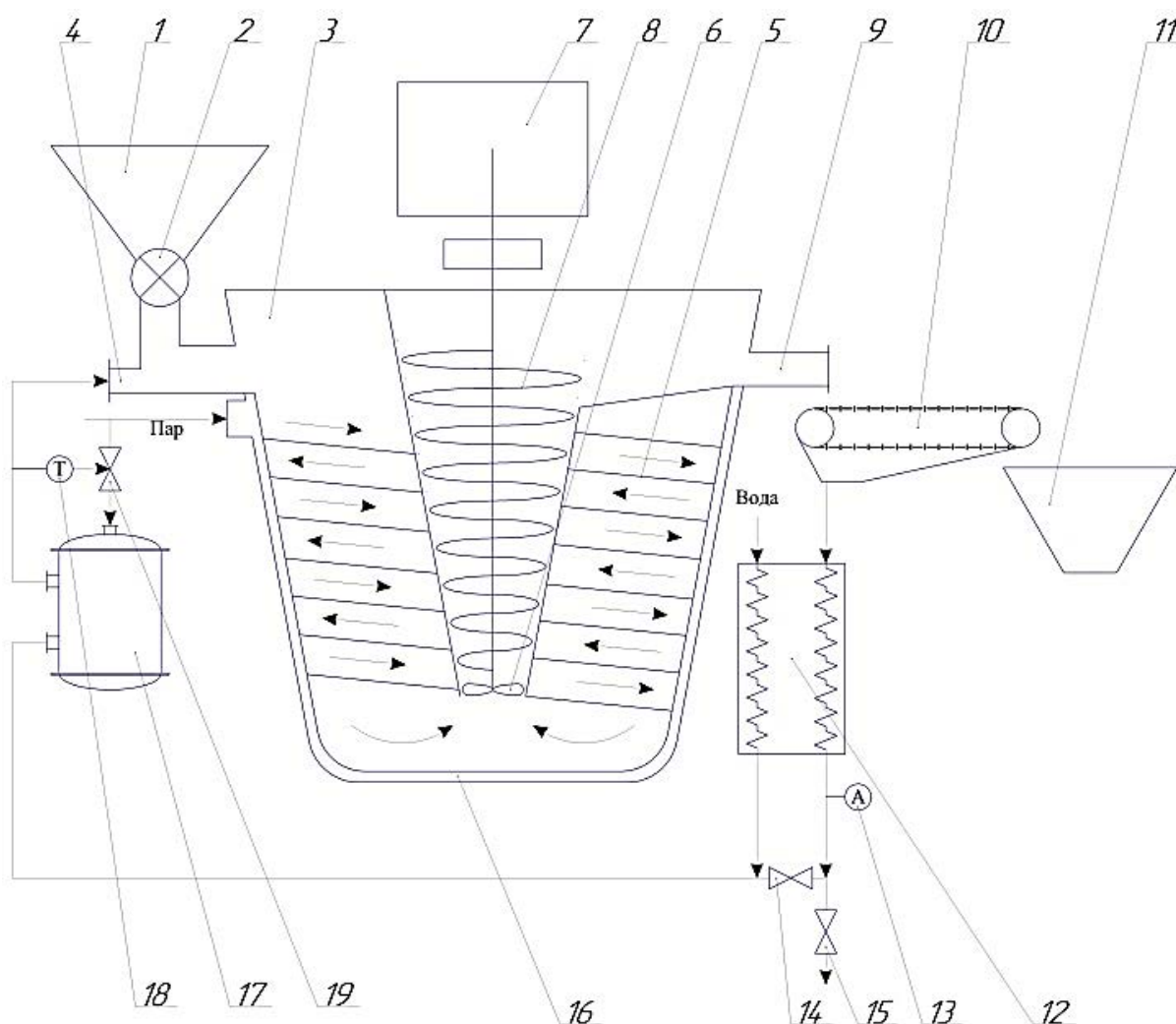


Рис.1. Схема гидротермической установки непрерывного действия для обработки древесных частиц:

- 1 – бункер, 2 – питатель, 3 – реактор, 4 – патрубок, 5 – тарелки, 6 – смеситель, 7 – двигатель, 8 – шнек, 9 – патрубок, 10 – конвейер, 11 – бункер, 12 - теплообменник, 13 – анализатор, 14, 15 – кран, 16 – тепловая рубашка, 17 – нагреватель, 18 - датчик температуры, 19 - кран

Установка функционирует следующим образом: древесные частицы загружаются в бункер 1 и далее дозированно подаются через питатель 2 в реактор 3, туда же через патрубок 4, подается горячая вода, с заданной температурой. При помощи расположенных под углом тарелок 5 древесная масса с водой

движется по спирали вниз, где расположен смеситель 6, движение которого осуществляется двигателем 7. За счет вращения лопастей смесителя на этом участке возникает зона всасывания, из-за чего древесные частицы и вода поднимаются в верхнюю часть реактора по шнеку 8. Далее, древесно-водная масса через патрубок 9 поступает на конвейер 10, который представляет собой сетчатую ленту, где вода отделяется от древесных частиц и стекает вниз, а древесная масса попадает в бункер 11. Вода, стекающая из конвейера, подается в теплообменник 12. На выходе из теплообменника 12, вода из реактора проходит через анализатор 13. Если вода по показаниям анализатора содержит менее 50% примесей в составе, то подается далее в реактор через кран 14, если более 50%, то кран 15 открывается и вода сливается, для дальнейшего изъятия из нее ценных экстрактивных веществ. Установка нагревается при помощи тепловой рубашки 16, в которую подается пар. Температура воды в реакторе поддерживается, на уровне 90-95°C. Вода, прошедшая через нагреватель 17, подается в патрубок 4 и заново поступает в цикл. На выходе нагревателя стоит датчик температуры 18, который измеряет температуру воды, и если она не соответствует заданному показателю, вода через кран 19 обратно подается в нагреватель 17, нагрев которого осуществляется с помощью пара.

Водный экстракт, полученный при обработке древесных частиц, используется для получения арабиногалактана. Уникальный по своим свойствам водорастворимый арабиногалактан занимает особое место среди полисахаридов и является ценным продуктом.

На рис. 2 представлена зависимость кислотно-щелочного баланса в зависимости от количества циклов использования воды в процессе гидротермической обработки отходов лиственницы. Использование отходов лиственницы обусловлена тем, что она отличается повышенным содержанием различных экстрактивных веществ, а именно арабиногалактана.

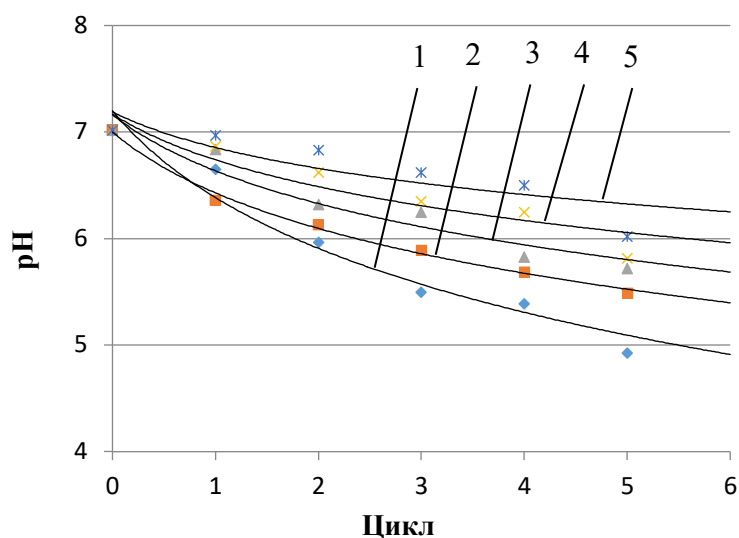


Рис. 2. Зависимость pH от цикла обработки древесных частиц водой:
 1 – при температуре 90-95°C, 2 – при температуре 80-85°C,
 3 - при температуре 70-75°C, 4 - при температуре 60-65°C,
 5 - при температуре 23-25°C

Древесные частицы подвергались гидротермической обработке в среде горячей и холодной воды в течение 20 мин. После каждого цикла измеряли рН показатель. Измерения рН водного экстракта после обработки показывает, что в течение 5 циклов обработки горячей водой достигается максимальный показатель кислотности, и дальнейшее использование данной воды в системе не целесообразна, она сливается и отправляется для изъятия из нее ценных компонентов. Режим обработки обусловлен тем, что при температуре 90-95⁰С выход водорастворимых экстрактивных веществ выше и данный процесс протекает быстрее, нежели при обработке водой комнатной температуры 23-25⁰С. Основным фактором, способствующим выходу водорастворимых веществ, является температура воды при обработке.

Список литературы

1. Тунцев Д.В., Хайруллина М.Р., Китаев С.В., Игнатъева Г.И. Технология переработки отходов лесной отрасли в угольные брикеты высокой прочности// Деревообрабатывающая промышленность. 2020. № 4. С. 69-76.
2. Хайруллина, Э.Р. Усовершенствование технологии получения древесных плитных материалов на основе минеральных вяжущих веществ [Текст]/ Э.Р. Хайруллина // Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса», г. Кострома, 2013. – С. 69-70.
3. Сафин, Р.Г. Композиционные материалы на основе древесных частиц и полимеров [Текст]/ Р.Г. Сафин, З.Г. Саттарова, И.М. Галиев, В.А. Салдаев // Вестник Казанского технологического университета. - 2015. – Т. 18. №19. - С. 184-187.
4. Стородубцева Т.Н. Отходы промышленности и лесного комплекса в композитах // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 3. – С. 78-80.
5. Сафин, Р.Р. Перспективы развития лесопромышленного комплекса РТ на базе научных разработок кафедр лесотехнического профиля КНИТУ [Текст]/ Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин // Деревообрабатывающая промышленность. - 2012. – №3. - С. 22-27.
6. Стородубцева Т.Н., Томилин А.И. Композиционные конструкционные материалы, методы исследования их свойств // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 11. – С. 53-54.
7. Safin, RG Technology of wood waste processing to obtain construction material/ RG Safin, ZG Sattarova, ER Khairullina // Materials Engineering and Technologies for Production and Processing III. – 2017. – Vol. – 265, pp. – 245-249.
8. Хайруллина, Э.Р. Технологическая линия переработки древесных отходов с получением конструкционного материала [Текст]/ Э.Р. Хайруллина // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2014. – №3 ч. 4 (8-4). - С. 256-259.
9. Хайруллина, Э.Р. Эффективность применения предварительной обработки древесного наполнителя в производстве древесно-цементной композиции / Э.Р. Хайруллина, Р.Г. Сафин, Д.В. Тунцев // Системы. Методы. Технологии. – 2021. – № 3 (51). – С. 85-91.
10. Хайруллина, Э.Р. Технологическая линия переработки древесных отходов с получением конструкционного материала [Текст]/ Э.Р. Хайруллина // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2014. – №3 ч. 4 (8-4). - С. 256-259.

ОЦЕНКА ДЕФОСФАТИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ КЛЕТОК *RHODOCOCCUS* *ERYTHROPOLIS 11-2*

А. А. Хасанова¹, Ю. Г. Максимова², Е. В. Перушкина¹, А. С. Сироткин¹

¹ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

² Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН - филиал
ФГБУН «Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН».
hasanovaagyl@mail.ru

Аннотация: Разработана методика культивирования бактериальных биопленок на модельном растворе сточных вод и исследования их дефосфатирующей способности. Отличительной особенностью является использование физиологического раствора для удаления суспендированных клеток с поверхности носителя и количественная оценка иммобилизованной биомассы. Описанный способ перспективно использовать для оценки активности фосфатаккумулирующих бактерий в составе биопленок и агрегатов.

Ключевые слова: биопленка, иммобилизованные клетки, фосфат-ионы, дефосфатирующая способность.

EVALUATION OF DEPHOSPHATATION ABILITY OF IMMOBILIZED CELLS *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS 11-2*

A. A. Khasanova¹, Yu. G. Maksimova², E. V. Perushkina¹, A. S. Sirotkin¹

¹ Kazan national research technological university, Kazan, Russia

² Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Abstract: A technique for cultivating bacterial biofilms on a model wastewater solution and studying their dephosphating ability has been developed. A distinctive feature is the use of saline to remove suspended cells from the surface of the carrier and the quantification of immobilized biomass. The described method is promising to be used to assess the activity of phosphate-accumulating bacteria in biofilms and aggregates.

Keywords: phosphate ions, biofilm, immobilized cells, dephosphatation ability.

Известно, что, несмотря на сходство по микробному составу, иммобилизованной и суспензионной биомассы, они различаются во многих аспектах: по структуре и свойствам поверхности, динамике микробного роста, функциональной стабильности в различных условиях эксплуатации биореактора и др. Сформированная биопленка обеспечивает стабильность состава и активности микроб-

ного сообщества, препятствуя вымыванию клеток и стимулируя рост медленно-растущих микроорганизмов. Биопленка характеризуется более плотным внеклеточным веществом, обеспечивая устойчивость микроорганизмов к факторам окружающей среды [1, 2]. В связи с этим особый интерес представляет изучение процесса биопленкообразования и их оценка метаболической активности иммобилизованных клеток, определение типов носителя, обладающих хорошей гидрофильностью и биосовместимостью, способствующих образованию биопленки, для дальнейшей интенсификации процесса глубокого удаления соединений фосфора из сточных вод.

Биологическое удаление фосфат-ионов основано на использовании фосфатаккумулялирующих бактерий, способных в результате внутриклеточных биохимических процессов в аэробной стадии процесса усваивать фосфаты и превращать их в полифосфатные соединения [3,4]. К таким фосфатаккумуляторам относятся бактерии р.р. *Accumulibacter*, *Actinobacteria*, *Tetracoccus*, *Tetrasphaera* и др [5-7]. Описаны технологические схемы с применением биопленочных реакторов периодического действия (SBMABR) в качестве альтернативных способов реализации процесса биоаккумуляции фосфат-ионов из сточных вод. Эффективность биологического способа удаления фосфатов из сточных вод с применением иммобилизованной биомассы может достигать более 90% при их начальном содержании 12,5 мг/дм³ [8,9].

Важным является выбор достоверной методики оценки эффективности удаления различных загрязнителей из сточных вод иммобилизованными клетками. Необходимо учитывать количество закрепленной на носителе биомассы, проводить измерение концентраций химических соединений в составе модельной среды без учета суспендированных клеток и мешающих компонентов остаточной питательной среды, а также проводить расчеты эффективности очистки на основании приведения количества биомассы на единицу массы носителя.

Для исследований была выбрана тест-культура *Rhodococcus erythropolis* 11-2, выделенная Ю.Г. Максимовой из почвы Пермского края. Известно, что бактерии р. *Rhodococcus* обладают высокой способностью к образованию биоплёнок на поверхности носителя [10].

Цель настоящей работы состояла в получении биопленки *Rhodococcus erythropolis* 11-2 с последующей оценкой её дефосфатирующей способности в условиях периодического культивирования на модельном растворе сточной воды.

Предварительной стадией исследований является культивирование бактерий для получения биомассы суспендированных клеток, которые в последствие будут использоваться для формирования биопленок на носителе. Для получения инокулята осуществляли периодическое культивирование музейной культуры в питательной среде LB на роторной качалке со скоростью перемешивания 120 об/мин в течение 24 часов при 30°C. Прирост биомассы анализировали по измерению оптической плотности суспензии клеток микроорганизмов $\lambda=540$ нм на фотоэлектроколориметре КФК-3. В процессе роста бактерий оптическая плотность культуральной жидкости на 24-й час периодического культивирования составила 0,65 опт.ед (начальное содержание биомассы соответствовало оптической плотности 0,05 опт.ед).

Этапы экспериментальных исследований иммобилизованной биомассы представлены на рисунке 1.

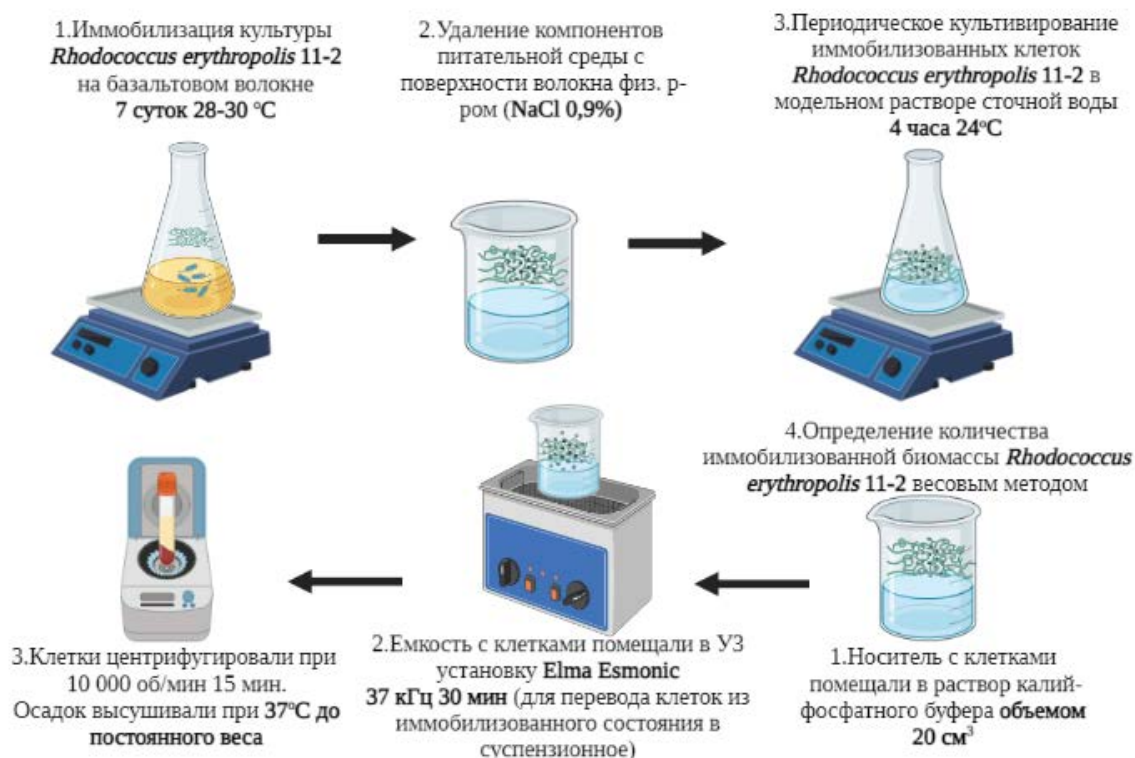


Рис. 1. Схема проведения исследований по оценке дефосфатирующей способности культуры *Rhodococcus erythropolis* 11-2

1. Иммобилизация культуры *Rhodococcus erythropolis* 11-2 на базальтовом волокне.

В питательную среду LB объемом 100 см³ инокулировали 150 мкл суспензионной культуры *Rhodococcus erythropolis* 11-2. В опытную систему добавили предварительно высушенный материал – базальтовое волокно (рис. 2) для иммобилизации клеток. Бактериальные клетки инкубировали в присутствии носителя в течение 7-ми суток при температуре 28-30°C и постоянном перемешивании со скоростью 120 об/мин.



Рис. 2. Внешний вид базальтового волокна (диаметр волокон 4-12 мкм)

2. Удаление компонентов питательной среды с поверхности волокна физиологическим раствором.

Базальтовое волокно с закрепленной биомассой промывали физиологическим раствором (0,9% NaCl) для удаления компоненты питательной среды и неприкрепленные клетки с его поверхности.

3. Периодическое культивирование иммобилизованных клеток *Rhodococcus erythropolis* 11-2 в модельном растворе сточной воды.

В модельный раствор сточной воды объемом 100 см³ внесли волокнистый носитель с иммобилизованными клетками р. *Rhodococcus*. Начальная концентрация фосфат-ионов составила 11,0 мг/дм³. Затем осуществляли периодическое культивирование биопленки на волокне в течение 4 часов при температуре 24±1°C на роторной качалке со скоростью перемешивания 140 об/мин [11]. Контролировали изменение массовой концентрации фосфат-ионов по стандартной методике ПНД Ф 14.1:2.112-97.

В качестве контроля использовали суспендированные клетки *Rhodococcus erythropolis* 11-2, которые культивировали на модельной сточной воде в идентичных условиях.

4. Определение количества иммобилизованной биомассы микроорганизмов р. *Rhodococcus*.

4.1 Носитель с прикрепленными клетками бактерий промывали 3-4 раза калий-фосфатным буфером с целью удаления компонентов питательной среды.

4.2 Емкость с биопленкой на носителе и буферным раствором погружали в ультразвуковую установку Elma Elmasonic S30 и обрабатывали в течение 30 минут при частоте озвучивания 37 кГц.

4.3 Суспензию микроорганизмов центрифугировали при 10 000 об/мин в течение 15 минут. Полученный осадок клеток высушивали в термостате при 37 °С до постоянного веса. Таким образом, получили значение абсолютно сухой биомассы (АСБ) клеток, закрепленных на носителе, измеряемое в мг АСБ/ г носителя.

5. Результаты тестирования дефосфатирующей способности биопленок следует рассчитывать, как разность начальной и конечной концентрации фосфатов (мг/дм³) в сточной воде с учетом количества биомассы на поверхности носителя.

Отмечено отсутствие биологического удаления фосфатов при периодическом культивировании суспензионной культуры на модельном растворе сточной воды.

Установлено, что для *Rhodococcus erythropolis* 11-2 концентрация иммобилизованной биомассы после УЗ-обработки составила 350 мг АСБ/г носителя. Для микроорганизмов р. *Rhodococcus* снижение концентрации фосфатов составило в среднем 10% за 4 часа периодического культивирования.

Таким образом, для процесса биологической дефосфатации модельных питательных сред и сточных вод была апробирована методика культивирования биопленок с анализом количества иммобилизованной биомассы на поверхности носителя. Результаты настоящих исследований будут использованы для оценки активности фосфатаккумулирующих бактерий в составе биопленок и агрегатов.

Список литературы

1. Characteristics of soluble microbial products and extracellular polymeric substances in the membrane bioreactor for water reuse / N. Janga, X. Ren [et al.] // *Desalination*. – 2007. – Vol.202. – P. 90–98;
2. Mimicking biofilm formation and development: Recent progress in in vitro and in vivo biofilm models / I. Guzmán-Soto, C. McTiernan [et al.] // *iScience*. – 2021. – Vol.24. – P. 1–51;
3. Интенсификация работы биологических очистных сооружений производства полисульфидных каучуков / Г.И. Шагинурова, М.А. Гиниятуллин, Е.В. Перушкина, А.С. Сироткин // *Экология и промышленность России*. – 2006. – № 6. – С. 6-10.
4. Role of phosphate-accumulating bacteria in biological phosphorus removal from wastewater / A. G. Dorofeev [et al.] // *Applied Biochemistry and Microbiology*. – 2020. – №56. – P. 1-14.
5. Seviour, R.J. The microbiology of biological phosphorus removal in activated sludge systems / R.J. Seviour, T. Mino, M. Onuki // *FEMS Microbiol. Rev.* – 2003. – №1. – P. 99-127;
6. Development of an ribosomal-RNA targeted oligonucleotide probe specific for the genus *Acinetobacter* and its application for in-situ monitoring in activated sludge / M. Wagner, R. Erhart, W. Manz [et al.] // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1994. – №3. – P. 792–800;
7. Three isolates of novel polyphosphate-accumulating gram-positive cocci, obtained from activated sludge, belong to a new genus, *Tetrasphaera* gen. nov., and description of two new species, *Tetrasphaera japonica* sp. nov. and *Tetrasphaera australiensis* sp. nov / A. M. Maszenan, R. J. Seviour, B. K. Patel [et al.] // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* – 2000. – №50. – P. 593-603;
8. Nerenberg, R. The membrane-biofilm reactor (MBfR) as a counter-diffusional biofilm process / R. Nerenberg // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2016. – Vol.38. – P. 131–136;
9. Enhanced biological nitrogen and phosphorus removal using sequencing batch membrane-aerated biofilm reactor / L. Sun, Z. Wang, X. Wei [et al.] // *Chemical Engineering Science*. – 2015. – Vol.135. – P. 559–565;
10. Maksimova, Y. Functionalization of Multi-Walled Carbon Nanotubes Changes Their Antibiofilm and Probiofilm Effects on Environmental Bacteria / Y. Maksimova, Y. Bykova, A. Maksimov // *Microorganisms*. – 2022. – №10. – P. 1-13;
11. Khasanova, A.A. Biological phosphate accumulation in wastewater treatment technology / A.A. Khasanova // XVII International Forum-Contest of Students and Young Researchers “Topical Issues of Rational Use of Natural Resources”. – St. Petersburg, 2021. – V.2. – P. 206-208.

БИОПЕРЕРАБОТКА СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА В ЦЕЛЕВЫЕ ПРОДУКТЫ

И. И. Хисамутдинов, М. Ю. Шурбина, Р. Т. Валеева, Д. С. Данилова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
valrt2008@rambler.ru

Аннотация: Управление промышленными отходами в настоящее время вызывает большую озабоченность. Образующиеся из сырья многих отраслей пищевой промышленности, оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Основным остатком сахарного производства, имеющим большой потенциал для использования в биопереработке, является свекловичный жом. Производство востребованных биопродуктов может стать поворотным моментом в реструктуризации свеклосахарной промышленности. Нами ведутся исследовательские работы по всем стадиям переработки свекловичного жома с целью получения кормовых дрожжей и пробиотических препаратов.

Ключевые слова: сахарное производство, свекловичный жом, биопереработка, кормовые дрожжи, пробиотические препараты.

BIOPROCESSING OF BEET PULP INTO TARGET PRODUCTS

I. I. Khisamutdinov, M. Yu. Shurbina, R. T. Valeeva, D. S. Danilova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: Industrial waste management is currently a major concern. Formed from the raw materials of many branches of the food industry, have an adverse impact on the environment. The main residue of sugar production with great potential for use in biorefining is beet pulp. The production of in-demand bio-products could be a turning point in the restructuring of the beet sugar industry. We are conducting research work on all stages of beet pulp processing in order to obtain fodder yeast and probiotic preparations.

Keywords: sugar production, beet pulp, processing, fodder yeast, probiotic preparations.

Управление промышленными отходами в настоящее время вызывает большую озабоченность. Промышленные отходы образуются в твердой, жидкой и газообразной формах и выбрасываются на свалки без надлежащей процедуры утилизации [1].

Остаточные органические соединения, образующиеся из сырья многих отраслей пищевой промышленности, оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду и вредному воздействию на здоровье людей и животных. Большая часть отходов не перерабатывается и не утилизируется, а необработанные отходы создают различные проблемы с изменением климата, увеличивая количество парниковых газов [1, 2].

Отходы в больших количествах образуются в пищевой промышленности [1]. Агропромышленный комплекс каждый год производит огромное количество отходов. Необходимость увеличения продуктов питания поднимает вопрос об увеличении посевных площадей основных злаковых и овощных культур, а, следовательно, ведёт к увеличению отходов растительного сырья. Возникает вопрос о переработке данных видов сырья и их отходов, необходима комплексная переработка всех видов растительного сырья и их отходов. Комплексная переработка отходов растительного сырья позволит предприятиям увеличить эффективность производства. Так последние годы закрывается ряд сахарных заводов. Сохранить производство сахарных заводов возможно только при переработке её отходов и получить новые важные необходимые биотехнологические продукты на их основе и уменьшить зависимость от импорта замещения [3].

Основным остатком сахарного производства имеющим большой потенциал для использования в биопереработке, является мезга, остающаяся после удаления сока.

Для свеклосахарной промышленности производство сахарозы и этанола давно известны. Однако концепция биопереработки для агрегирования стоимости ее остатков совсем недавно стала популярной [4, 5].

Часть сельскохозяйственных отходов используется в пищу животным, однако такие отходы содержат изменчивый состав, большое количество белков, сахаров и минералов.

Свекловичный жом обычно используют в качестве корма для животных [2, 4], однако в последнее время благодаря относительно высокому содержанию в нем гемицеллюлозы и пектина его чаще стали рассматривать как сырьё для производства полезных продуктов [4].

В настоящее время основным применением отходов пищевой и сельскохозяйственной промышленности, способствующих загрязнению окружающей среды, является биологическое разложение (биопереработка) отходов под контролем с использованием микроорганизмов, направленных на производство полезных продуктов. [5, 6].

В связи с этим производство востребованных биопродуктов может стать поворотным моментом в реструктуризации свеклосахарной промышленности и позволит расширить ассортимент получаемых продуктов с более высокой добавленной стоимостью [4].

Использование биомассы для производства биопродуктов требует эффективного разделения биомассы в ферментируемые моносахариды. Лигноцеллюлозное сырьё часто требует физико-химической предварительной обработки до проведения процесса ферментативного гидролиза. Оптимальная предварительная обработка может быть разной для разных видов сырья, и не должна приводить к разрушению биомассы или образованию токсичных продуктов.

Гидролиз растительного сырья - наиболее перспективный метод химической переработки растительного сырья, так в сочетании химический метод переработки с биотехнологическими процессами позволяет получать разнообразные продукты как пищевые для сельского хозяйства и технических целей. Усовершен-

шенствование способов гидролиза растительного сырья и получения биотехнологических продуктов последующей переработкой гидролизатов возможно изменением ряда факторов [7].

Определяющими экономическую целесообразность производства, являются энергетические затраты на выпуск целевой продукции, так, на гидролизно-дрожжевых заводах советских времен затраты на технологический пар в структуре себестоимости дрожжей.

Потребность в рентабельных технологиях является движущей силой научно – исследовательских работ с целью развития эффективных способов предварительной обработки сырья. Методы предварительной обработки растительного сырья должны сочетать в себе следующее [8]:

- высокую степень активации основных компонентов биомассы
- образование малого количества побочных продуктов
- низкий расход реагентов при последующих процедурах химической или биотехнологической переработки.

Экономическая эффективность процессов гидролиза может быть увеличена путем изменения структуры и кристалличности лигноцеллюлозы. Так механическая или термическая предварительная обработка перед проведением ферментативного гидролиза, которые влияют на степени кристалличности целлюлозы, играет важную роль и делает его более восприимчивым к ферментативной деполимеризации [9]. Предварительная обработка при повышенной температуре все чаще применяется для частичной деградации биомассы сырья. Тем не менее, предварительная тепловая обработка выше 160° С может вызвать частичное превращение полисахаридов и лигнина в фенольные или гетероциклические соединения, такие как ванилин, ванилиновая спирт, фурфурол и оксиметилфурфуrolа (5-ГМФ) [10]. Эти вещества могут ингибировать рост микроорганизмов. Для того, чтобы уменьшить их образование, предварительная тепловая обработка биомассы должна проводиться в мягких условиях. Сочетание предварительных обработок не только могут повысить выход биопродукта, но и сделать его производство экономически эффективным. Условия предварительной обработки должны быть оптимизированы, так как его расходы являются одним из важных факторов, решающих экономической выгоду производства биопродукта [9, 11].

Биопереработка свекловичного жома состоит из нескольких стадий: стадии предварительной обработки свекловичного жома и стадии ферментации с использованием микроорганизмов. Исследовательские работы ведутся в несколько этапов [12]:

- физико-механическая предварительная обработка сырья, с выбором оптимальной размера сырья;
- проведение процессов гидролиза:
- с нахождением оптимальных технологических параметров процессов гидролиза,
- с определением лучшего гидролизующего агента – минеральной кислоты, ее концентрации для более полного разложения гемицеллюлозы;

– оценка полученных гидролизатов в процессах выращивания дрожжей и пробиотических препаратов.

Список литературы

1. Chandak A. Production of pectinase by *Saccharomyces cerevisiae* using sugar beet pulp / A. Chandak [et al] // Oils. – 2021. – V. 8. – P. 16607-16613.
2. Валеева Р.Т. Свекловичный жом как перспективное сырье для биотехнологических производств: монография / Р.Т. Валеева, М.Ю. Шурбина, Д.В. Тунцев. – Казань: Отечество, 2022. – 114 с.
3. Валеева Р.Т. Направления переработки сахарной свеклы: монография / Р.Т. Валеева, С.А. Понкратова, Э.И. Нуретдинова, Д.В. Тунцев. – Казань: Отечество, 2022. – 104 с.
4. Alves de Oliveira R. A simple biorefinery concept to produce 2G-Lactic acid from sugar beet pulp (SBP): A high-value target approach to valorize a waste stream / R. Alves de Oliveira [et al] // Molecules. – 2020. – V. 25. – P.2-17.
5. Tomaszewska A. Products of sugar beet processing as raw materials for chemicals and biodegradable polymers / A. Tomaszewska [et al] // I.A RSC Adv. – 2018. – V. 8. – P.3161-3177.
6. Almowallad Sh. A. Utilization of agro-industrial orange peel and sugar beet pulp wastes for fungal endo- polygalacturonase production / Sh. A. Almowallad [et al] // Journal of Biological Sciences. 2022. – V. 29. – P. 963-969.
7. Sadh P.K. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review / P.K. Sadh, S. Duhan, J.S. Duhan // January Bioresources and Bioprocessing. – 2018. – V.5. – P.2-15.
8. Шурбина, М.Ю. Технологии переработки вторичных сырьевых ресурсов агропромышленного комплекса / М.Ю. Шурбина, Р.Т. Валеева, С.Г. Мухачев, Д.В. Тунцев // «Пища. Экология. Качество»: сб. трудов XIX Международной научно-практической конференции. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2022. – С. 585-588.
9. Ziemiński Kr. Effect of different sugar beet pulp pretreatments on biogas production efficiency / Kr. Ziemiński, M. Kowalska-Wente // Appl Biochem Biotechnol. – 2017. – V. 181. – P. 1211-1227.
10. Krishania M. Analysis of different techniques used for improvement of biomethanation process: a review / M. Krishania [et al] // Fuel. – 2013. – V. 106. – P. 1-9.
11. Ziemiński K. Effects of hydrothermal pretreatment of sugar beet pulp for methane production / K. Ziemiński [et al] // Bioresource Technol. – 2014. – V. 166. – P. 187-193.
12. Шурбина М.Ю. Характеристики процессов гидролиза свекловичного жома фосфорной кислотой с целью получения гидролизатов – компонентов питательных сред для микробиологического синтеза / М.Ю. Шурбина, Р.Т. Валеева, Э.И. Нуретдинова, Д.В. Тунцев // Бутлеровские сообщения. – 2022. – Т. 71. – № 9. – С.89-95.

ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ РАДИОАКТИВНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

З. Л. Шайхелисламов, С. Г. Мухачев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

zuf.zufar@mail.ru

Аннотация: *С широким применением ядерной энергии проблема радиоактивного загрязнения привлекла внимание всего мира, и исследования по очистке радиоактивных сточных вод неизбежны. Вопрос о том, как глубоко и эффективно очищать радиоактивные сточные воды, стал наиболее важным вопросом в развитии технологий ядерной энергетики. Радиоактивные сточные воды, образующиеся после использования ядерной технологии, обладают характеристиками многих видов. Следовательно, это имеет большое значение для изучения технологии очистки радиоактивных сточных вод на перерабатывающих заводах. Рассмотрены основные принципы очистки радиоактивных сточных вод. Описываются преимущества и недостатки процесса, а также прогнозируется тенденция развития будущей технологии.*

Ключевые слова: *ядерная энергия; атомная промышленность; сточные воды; радиоактивные отходы; химическая реакция.*

RADIOACTIVE WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGIES

Z.L. Shaykhelislamov, S.G. Mukhachev

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: *With the wide application of nuclear energy, the problem of radioactive pollution has attracted worldwide attention, and the research on the treatment of radioactive wastewater is imminent. How to treat radioactive wastewater deeply and efficiently has become the most critical issue in the development of nuclear energy technology. The radioactive wastewater produced after using nuclear technology has the characteristics of many kinds. Therefore, it is of great significance to study the treatment technology of radioactive wastewater in reprocessing plants. The basic principles of radioactive wastewater treatment are considered. The advantages and disadvantages of the process are described, as well as the trend of development of the future technology is predicted.*

Keywords: *nuclear waste; nuclear industry; waste water; radioactive waste; chemical reaction.*

Из-за невозобновляемости ископаемого топлива и ограниченной доступности возобновляемых источников энергии ядерная энергетика привлекает все большее внимание как важнейший альтернативный источник энергии [1-3]. С развитием новых атомных электростанций по всему миру в результате различных видов деятельности образуется большое количество радиоактивных отходов, включая сточные воды. Радиоактивные сточные воды образуются при эксплуатации ядерных реакторов и применении радиоизотопов на атомных электростанциях. Химический состав и уровень радиоактивности образующихся отходов зависит от выполненной операции. Растворенные радионуклиды подвижны в естественной среде. Они могут попасть в водную среду, такую как реки и грунтовые воды, если их должным образом не обработать. Это неизбежно увеличит риск воздействия радионуклидов на человека [4-6]. Неочищенные радиоактивные сточные воды, сбрасываемые во внешнюю среду, причинят вред людям и природе [7]. Очистка радиоактивных сточных вод всегда была в центре внимания и ключевым моментом является устранение его угроз окружающей среде и здоровью человека. Кроме того, психологическая нагрузка, приносимая радиоактивностью людям, сводится к минимуму.

Чтобы обеспечить устойчивое развитие ядерной энергетики, необходимо перерабатывать отработанное топливо для извлечения полезных нуклидов и увеличения использования ресурсов урана. С другой стороны, это может уменьшить объем радиоактивных отходов, радиоактивность и долгосрочную токсичность радиоактивных отходов [8, 9]. Типичным методом является переработка воды для коммерческого ядерного топлива [10].

Топливный цикл U-Pu в основном основан на классическом PUREX процессе. Это химический процесс, в котором используется трибутилфосфат для получения различных экстракционных продуктов разделения и извлечения U и Pu. В этом процессе неизбежно образование большого количества жидких радиоактивных отходов. Радиоактивные сточные воды имеют характеристики сложного состава, высокой радиоактивности, высокой кислотности и высокой солености, что требует дальнейшей очистки и удаления загрязнений. Кроме того, с быстрым развитием ядерных технологий все больше радиоактивных отходов образуется различными способами, такими как использование радиоактивных материалов в медицине, промышленности или научно-исследовательских организациях, при добыче урановой руды и переработке тория и урана в ядерное топливо [11]. Основным нуклидом в радиоактивных сточных водах является уран, и обычно в них присутствуют торий и радий [12, 13]. По сравнению с другими загрязнителями радиоактивные загрязнители имеют чрезвычайно длительный период полураспада (период полураспада U_{238} составляет около 4,5 миллиарда лет), большую токсичность. Чрезвычайно велика и токсичность плутония, сравнимая с токсичностью ртути. Для предотвращения образования радиоактивных отходов при использовании ядерной технологии и попадания в окружающую среду, причинения вреда экологической системе, ухудшения окружающей среды и здоровья человека, и в то же время для обеспечения устойчивого развития ядерной энергетики необходимо уделять особое внимание обработке и захоронению жидких ра-

диоактивных отходов. Следовательно, вопрос о том, как эффективно и экономично очищать радиоактивные сточные воды, является критическим вопросом, который необходимо решать.

Метод очистки сточных вод используется для отделения загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах, или преобразования их в безвредные вещества. Существует четыре основных способа: физическая обработка, химическая обработка, физико-химическая обработка и биологическая обработка сточных вод. Технологии очистки сточных вод можно отнести к следующим трем категориям:

1. Сепарационная обработка отделяет загрязняющие вещества от сточных вод под действием различных сил. Как правило, химическая природа загрязняющих веществ не изменяется в процессе разделения.

2. Конверсионная обработка изменяет химическую природу загрязняющих веществ посредством химических или биохимических воздействий. Загрязняющие вещества превращаются в безвредные вещества или отделяемые вещества, а затем проводится разделительная обработка.

3. Обработка разбавлением не может ни отделить загрязняющие вещества, ни изменить химическую природу загрязняющих веществ. Вместо этого путем разбавления и смешивания снижается концентрация загрязняющих веществ до безопасного уровня. При обработке и удалении радиоактивных сточных вод обычно соблюдаются два принципа: первый заключается в разбавлении и рассеивании низкоактивных сточных вод, а затем в сливе разбавленных сточных вод, соответствующих стандартам сброса, вместе с другими водами; другой заключается в отверждении радиоактивных сточных вод путем концентрирования и отверждения с последующей длительной изоляцией. Для сравнения, второй принцип применим более широко и может быть использован для сточных вод с высоким, средним и низким уровнем радиоактивного загрязнения. При обработке радиоактивных сточных вод желательно достижение максимального коэффициента дезактивации и коэффициента концентрации. Коэффициент дезактивации относится к соотношению радиоактивности и массовой концентрации во входящей и сточной воде, он указывает на степень снижения радиоактивности воды, а коэффициент концентрации относится к соотношению первоначального объема поступающих радиоактивных сточных вод к объему концентрированного радиоактивного продукта после обработки. Более высокое его значение характеризует лучшее уменьшение объема радиоактивных отходов, что способствует дальнейшему отверждению и изоляции.

Радиоактивные сточные воды образуются различными способами и имеют разный состав. В последние годы появилось много сообщений о технологиях очистки радиоактивных сточных вод, в основном включающих адсорбцию, осаждение, ионный обмен, концентрацию при испарении, биотехнологическую обработку, мембранное разделение, фотокатализ.

Для полного осветления жидких радиоактивных отходов часто после осветлителей предусматривается операция фильтрования. Обычно для этих целей используют напорные насыпные или намывные фильтры. Для доочистки уже осветленной жидкости широкое распространение получили насыпные фильтры

со смешанной загрузкой, где используют песок, измельченный кокс, антрацит, гравий, опилки. Они просты и надежны, однако образуют значительное количество вторичных отходов.

Область применения химического осаждения - переработка отходов низкого уровня активности. Например, в ядерном исследовательском центре Карлсруэ (Германия) отходы низкого уровня активности обрабатывают с применением различных методов химического осаждения, а в институте ядерной энергии в Кьеллере (Норвегия) используют коагуляцию и ионный обмен (табл. 1) [14].

Таблица 1

Эффективность удаления радионуклидов методами коагуляции и ионного обмена

Нуклид	Степень удаления, %	
	После коагуляции	Коагуляция +ионный обмен +фильтрование
Сумма β -активных	55	98,2
^{90}Sr	11,1	99,9
$^{95}\text{Zr}/^{95}\text{Nb}$	96,0	98,5
$^{103+106}\text{Ra}$	64,2	79,2
^{137}Cs	12,5	98,1
^{144}Ce	86,6	99,5

Эффективность коагуляции может быть существенно повышена при использовании интенсивно разрабатываемых синтетических флокулянтов. При разработке новых технологий очистки радиоактивных отходов она часто используется как составная часть технологического процесса (электрокоагуляция, гальванокоагуляция). Совершенствование таких методов механического выделения из жидкости твердой фазы, как фильтрование, ультрафильтрация, в дальнейшем позволит проводить глубокое осветление отходов без коагуляции [14].

В настоящее время исследования радиоактивных сточных вод в основном сосредоточены на двух аспектах. С одной стороны, это улучшение существующего процесса путем оптимизации технологических параметров. Другим аспектом является разработка и применение новых материалов и реактивов. Объединение разных технологий, комбинирование процессов, предварительная обработка жидкости и оптимизация условий эксплуатации оборудования обеспечивают достижение наилучшего эффекта обработки стоков при снижении эксплуатационных расходов.

Список литературы

1. Менях К. Выбросы CO_2 , ядерная энергетика, возобновляемые источники энергии и экономический рост в США / К. Менях, Ю. Вольде-Руфаэль // Энергетическая политика. – 2010. – С. 2911-2915.
2. Зохури Б. Дорожная карта исследований и разработок в области ядерной энергетики в малых модульных реакторах в качестве возобновляемых источников энергии/ Б. Зохури. – Берлин, 2019. - С. 95-116.

3. Ширизаде Б. Низкоуглеродные варианты для французского энергетического сектора: какова роль возобновляемых источников энергии, ядерной энергии, улавливания и хранения углерода в энергетической экономике / Б. Ширизаде, П. Квирион – 2021. – 95 с.
4. Арьев С. Актуальные проблемы ядерной энергетики: радиоактивные отходы / С. Арьев // Ядерная наука. – 2002. – 16 с.
5. Джонсон Дж. Радиоактивные отходы, оказавшиеся на мели в связи с переходом США от ядерной энергетики / Дж. Джонсон // ХимНовости. – 2018. – С. 28-29.
6. Шеннон К.А. Мелкомасштабная переработка облученного ядерного топлива для производства изотопов и исследований в области ядерной энергетики / К.А. Шеннон, Т.Л. Гримм, А.К. Гримм, Н.К. Джонсон, Ф.Ю. Одех, В.Н. Старовойтова – 2018. – С. 131-132.
7. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) Наследие Чернобыля: последствия для здоровья, окружающей среды, социальной экономики и рекомендации правительствам Беларуси, Российской Федерации и Украины // Международное агентство по атомной энергии: Вена, Австрия – 2006. – 55 с.
8. Лу У. Текущее состояние и анализ мировой переработки отработавшего топлива/ У. Лу // Химическая промышленность Китая. – Наньчан, Китай, 2018. – С. 16-18.
9. Чжан В. Предложения по ускорению развития переработки отработавшего топлива на атомных электростанциях / В. Чжан // China Energy. – Пекин, Китай, 2019. – С. 44-47.
10. Ляо, Ю. Состояние исследований технологии переработки отработавшего топлива / Ю. Ляо, Х. Юнь, С. Ван // Химическая промышленность Сычуани. – 2012. – С. 12-15.
11. Суд, Д.Д. Химия переработки ядерного топлива: современное состояние / Д.Д. Суд, С.К. Патил, // Радиоаналитика. – 1996. – С. 547-573.
12. Кришнасвами С. Изотопы радия, тория и радиоактивного свинца в подземных водах: применение для определения констант скорости адсорбции-десорбции и коэффициентов замедления / С. Кришнасвами, В.С. Граустейн, К.К. Турекян // Водные ресурсы. – 1982. – С. 1663-1675.
13. Ниши М.Т. Очистка сточных вод прачечных на атомных электростанциях фильтром с активированным углем и регенерация фильтра путем нагрева в вакууме / М.Т. Ниши. – 2000. – С. 709-714.
14. Андронов О.Б. Очистка жидких радиоактивных отходов. Обзор методов и технологий / Андронов О.Б., Стрихарь О.Л. – 2001. – С. 3-14.

ДВУХСТАДИЙНАЯ БИОКОНВЕРСИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ ДРЕВЕСНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПРОДУКТЫ С ВЫСОКОЙ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТЬЮ

А. Р. Шевченко, А. С. Аксенов, К. А. Майорова, М. А. Родичева

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск, Россия

schewchenko.aleks@yandex.ru

Аннотация: Современные ресурсосберегающие технологии биоэкономики не возможны без внедрения инновационных и адаптации ряда существующих процессов. Совокупность методов делигнификации древесного сырья и эффективного биокатализа карбогидразами открывают новые направления переработки возобновляемой растительной биомассы. В работе продемонстрированы возможности комплексной двухстадийной биоконверсии промышленных беленых целлюлозных полуфабрикатов. На первой стадии проведен ферментативный гидролиз древесных полуфабрикатов с использованием биокатализаторов российского производства, на второй – микробиологический синтез молочной кислоты и L-лизина из растворимых продуктов конверсии. Получены криогели из негидролизованного остатка.

Ключевые слова: полисахариды древесного происхождения, биокатализаторы, конверсия, молочная кислота, L-лизин, криогель.

TWO-STAGE BIOCONVERSION OF WOOD POLYSACCHARIDES INTO PRODUCTS WITH HIGH ADDED VALUE

A. R. Shevchenko, A. S. Aksenov, K. A. Mayorova., M. A. Rodicheva

Northern (Arctic) Federal University, Northern Dvina Embankment 17, 163000 Arkhangelsk,
Russia

schewchenko.aleks@yandex.ru

Abstract: Modern resource-saving technologies of bioeconomics are not possible without the introduction of innovative and adaptation of a number of existing processes. The combination of methods for the delignification of wood raw materials and effective biocatalysis with carbohydrases opens up new directions for processing renewable plant biomass. The paper demonstrates the possibilities of a complex two-stage bioconversion of industrial bleached cellulose semi-finished products. At the first stage, enzymatic hydrolysis of wood semi-finished products using biocatalysts of Russian production was carried out, at the second - microbiological synthesis of lactic acid and L-lysine from soluble conversion products. Cryogels were obtained from a non-hydrolyzed residue.

Keywords: wood polysaccharides, biocatalysts, conversion, lactic acid, L-lysine, cryogel.

На сегодняшний день переработку возобновляемой растительной биомассы, в частности, древесного сырья, все более часто относят к ресурсосберегающим технологиям биоэкономики [1]. Внедрение промышленного комплексного использования природных полисахаридов из непищевых источников углерода невозможно без совершенствования современных технологий деструкции трудногидролизуемых целлюлозных материалов. Прогрессивным направлением глубокой и экологичной конверсии является применение высокоэффективных биокатализаторов. Комплексы карбогидраз, полученные на основе гриба *P. verruculosum*, показали конкурентоспособные результаты биоконверсии растительного сырья в сравнении с коммерческими препаратами на основе штамма *Trichoderma* [2, 3]. Вместе с тем, проблемы предварительной подготовки сырья к ферментативному гидролизу решены не полностью. Ряд исследователей отмечают эффективность существующих технологических процессов варки древесины и отбелки технических целлюлоз [2]. Делигнификация сульфитным и сульфатным способом широко распространены в России и в мире, при этом происходит существенное удаление нецеллюлозных компонентов. Высокая реакционная способность к ферментативному гидролизу, которая достигается в процессе предподготовки, позволяет рассматривать промышленные полуфабрикаты как потенциальный субстрат для биоконверсии с целью получения продуктов с высокой добавленной стоимостью. В процессе деструкции древесных полисахаридов образуются растворимые продукты – сахара, и нерастворимый – биомодифицированный полисахаридный комплекс [4]. Растворимые продукты гидролиза целлюлозосодержащих материалов являются наиболее перспективной питательной средой для микробиологического синтеза различных видов органических кислот и аминокислот [5,6]. Нерастворимые продукты обладают высоким потенциалом, но еще не нашли свое широкое применение в промышленности. К одним из перспективных направлений использования биомодифицированного полисахаридного комплекса относится получение полисахаридных гелей, биоаэрогелей и криогелей, которые представляют собой сухие, сверхлегкие пористые материалы с высокой удельной поверхностью [7].

Цель данной работы – получение фундаментальных основ конверсии промышленных комплексов древесных полисахаридов с использованием процесса биокатализа карбогидразами российского производства с последующим микробиологическим синтезом сахаров в молочную кислоту и L-лизин, и применение биомодифицированного остатка в качестве матрицы для криогелей.

Для стадии ферментативной конверсии субстратами являлись распространённые промышленные полуфабрикаты древесного происхождения – хвойная беленая сульфитная (ХСфиЦ) и лиственная беленая сульфатная целлюлозы (ЛСфаЦ). Данные материалы представляют собой полисахаридные комплексы, состоящие из целлюлозы (70-80%) и гемицеллюлозы (18-28%). Для деструкции образцов были задействованы лабораторные и промышленные коммерческие биокатализаторы российского производства, продуцируемые штаммами гриба *Penicillium verruculosum*. Ферментные препараты (ФП) PV1-PV3 (промышленные), PV4 и PV5 (лабораторные) представляет собой биокатализаторы с различным преобладанием эндоглюканазной, β -глюканазной, целлобиогидролазной, β -

глюкозидазной и ксиланазными активностями (табл. 1). Ферментные препараты были предоставлены Федеральным исследовательским центром «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН институтом биохимии имени А.Н. Баха. Конверсию проводили в шейкере-инкубаторе Biosan es-20/60 (Biosan, Латвия) и лабораторном биореакторе Biostat A Plus (Sartorius) течение 48-72 часов, при температуре 50°C, с концентрацией субстрата 5-10% и расходе ферментных препаратов от 3 до 20 ед. удельной целлюлазной активности по хроматографической бумаге (АФБ/г а.с.с.) Содержание сахаров в гидролизатах определяли с использованием хроматографической системы высокого давления Agilent 1200 («Agilent technologies», США). Для оценки свойств биомодифицированного полисахаридного комплекса были задействованы анализ степени полимеризации (СП) с кадмий этилендиамин по ГОСТ 25438-8, и по оригинальной методике определения кристалличности (К) в растительной биомассе [8].

Таблица 1

Субстратная специфичность комплексов карбогидраз

ФП	Активность, ед/мг белка					
	Эндоглю- каназная	β-глюканаз- ная	Ксиланазная	Авицелаз- ная	Целлобиозная	β-глюказидаз- ная
	Условия: pH 5,0; 50°C					
PV1	52,7	60,0	29,3	0,9	0,2	0,7
PV2	51,2	42,1	36,1	0,5	0,2	0,7
PV3	9,0	9,6	73,2	0,6	0,3	0,7
PV4	21,5	25,0	22,1	0,9	0,6	1,3
PV5	7,8	-	5,2	0,1	75,4	98,4

На стадии микробиологической конверсии для культивирования штамма-продуцента молочной кислоты *Bacillus coagulans* ВКПМ № В-10486 в качестве источника углерода использовали раствор сахаров после ферментативного гидролиза, разбавленный до 2%. Культивирование проводили в течение 48 часов, при температуре 35°C, 300 об/мин при составе среды, описанном в работе [9]. Среда для производства L-лизина содержала 5% восстанавливающих сахаров, 3,7% из которых приходилась на глюкозу, состав остальных компонентов среды представлен в работе [10]. Синтез аминокислоты проводили в лабораторном биореакторе Biostat A Plus (Sartorius) при температуре 30°C, 350 об/мин.

В качестве матрицы для криогелирования использовали биомодифицированный полисахаридный комплекс (48 часов гидролиза) и обработали его 85%-ным раствором фосфорной кислоты (H₃PO₄) при концентрации 5%. Время растворения составляло 25 часов при температуре 22-24°C. После фосфорилирования модифицированный субстрат высаживали дистиллированной водой, промывали до нейтрального значения pH, замораживали при температуре -20°C и удаляли влагу лиофильной сушкой Labconco FreeZone 2,5.

Ведущие субстратные активности определяют состав гидролизатов конверсии и биомодифицированного полисахаридного комплекса, а также обуславливают гидролизуемость субстратов. Для исследования возможности и эффективности деструкции полуфабрикатов неспецифичными комплексами карбогидраз проведен лабораторный гидролиз в шейкере-инкубаторе. Наибольшей степенью гидролиза целлюлозы до глюкозы (96,2%) и всего субстрата (93,2%) обладал препарат PV2 (96,2%). Комплекс PV3, несмотря на то, что в большей степени направлен на разрушении ксилана, обладал вторым результатом по общей конверсии (93,3%) и, соответственно, демонстрировал самый высокий уровень деструкции ксилана (97,5%). Карбогидразы PV1 показали более скромные результаты по конверсии основных полисахаридов и общая степень конверсии составила 79,6%. Вместе с тем данный комплекс обладает самой высокой удельной эндоглюканазной активностью (по карбоксиметилцеллюлозе (КМЦ)) и может применяться в смеси с другими препаратами для увеличения начальной скорости конверсии.

Полученные результаты отражают возможность использования российских неспецифичных биокатализаторов, но подразумевают более глубокое исследование влияния дозировки препаратов на конверсию промышленных полуфабрикатов. Данный параметр обуславливает экономическую составляющую процесса, так как производство и очистка комплексов считаются дорогостоящими технологиями. Как отмечено ранее, целлюлоза является ключевым компонентом древесных полуфабрикатов, поэтому важную роль имеет зависимость расхода биокатализаторов от конверсии целлюлозы в глюкозу.

Количество глюкозы в гидролизатах с повышением расхода каждого комплекса непременно растет, но среди всех наиболее выделяется PV3. При действии данного препарата, обладающего преимущественно ксиланазными активностями, гидролизат имеет более высокую концентрацию моносахарида по отношению к другим биокатализаторам на всех значениях АФБ/г, кроме самого низкого расхода (рис. 1).

При систематизации данных по конверсии различными препаратами при различных дозировках было установлено, что показатели ксиланазной активности имеют связь с концентрацией глюкозы (рис. 2).

Сниженная эффективность гидролиза при некоторых расходах обусловлена значительными различиями в целлюлазных активностях. Низкие значения конверсии проявляются на уровне, где соотношение активностей по КМЦ (эндоглюканазной) и микрокристаллической целлюлозе (авицелазной) соотносится как 15:1, когда в остальных точках соотношение находится в диапазоне от 100:1 до 50:1.

На основании полученных данных ферментативной конверсии в шейкере-инкубаторе, эксперименты по гидролизу хвойной сульфитной целлюлозы и лиственной сульфатной целлюлозы проводились в условиях, приближенных к промышленным – в лабораторном биореакторе Biostat A Plus (Sartorius) при экономически эффективном расходе ферментов 10 АФБ/г а.с.с. [4,11]. Из-за разного подхода к сырью в процессе варок, в химическом составе полуфабрикатов содержание целлюлозы в сульфитном полисахаридном комплексе может достигать

80% и превышать сульфатный комплекс на 10%, а степень полимеризации превышает в среднем на 100-150 ед, и составляет 1300 ед. Что касается кристалличности, то значения различных полуфабрикатов, за счет разницы в уровне отбелки находится в диапазоне 46,5-46,9%. Этап работы в лабораторном биореакторе направлен на получение высококонцентрированного гидролизата с проверкой его на доброкачественность путем микробиологического синтеза молочной кислоты и L-лизина. Второй продукт ферментативной конверсии, биомодифицированный полисахаридный комплекс, использовали в качестве матрицы для получения криогелей (табл. 2).

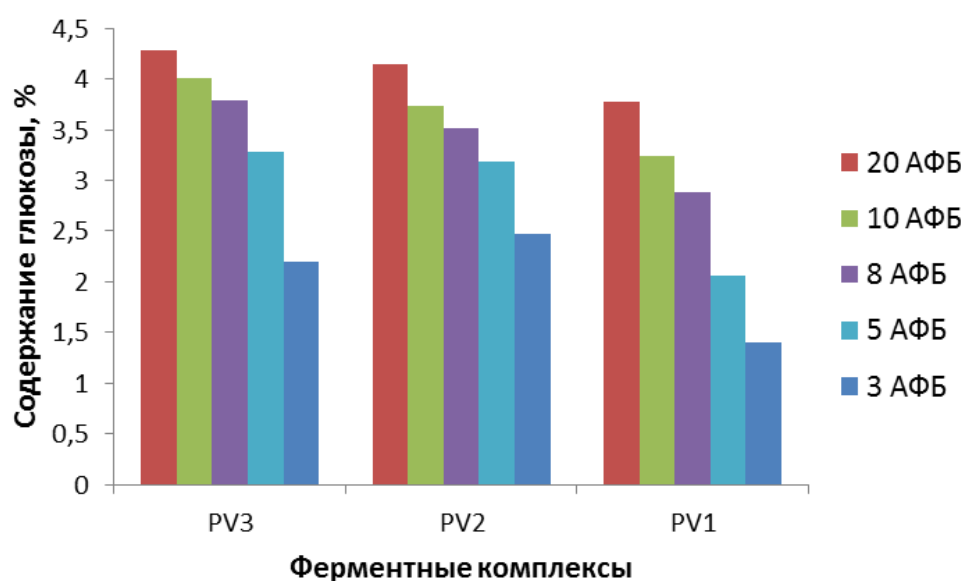


Рис. 1. Накопление глюкозы в гидролизатах ЛСфаЦ при дозировке биокатализаторов от 3 до 20 АФБ/г а.с.с

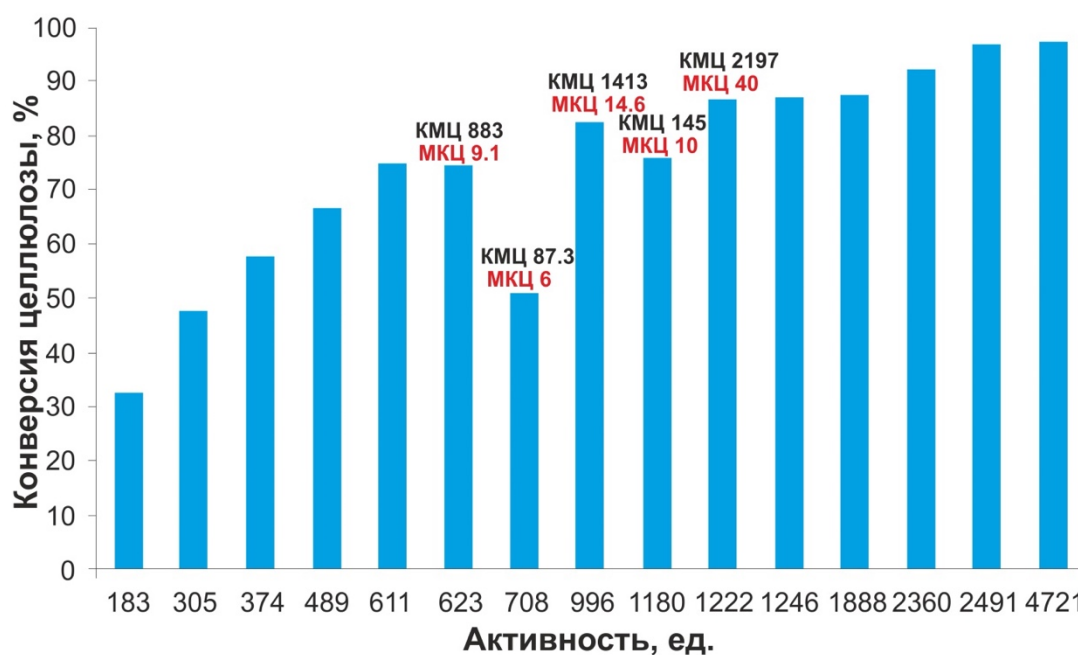


Рис. 2. Зависимость конверсии глюкозы гидролизатах ЛСфаЦ от ксиланазной активности

Характеристика конверсии и модификации промышленных древесных полуфабрикатов после 48 часов

Субстрат	Комплекс	Концентрация ВС, г/л	Доля глюкозы в растворе	Степень полимеризации, ед	Кристалличность, %
ХСфиЦ	PV3	66,1±1,57	0,8:1	480±12,4	45,2
ЛСфаЦ	PV1; PV2 (1:1)	47,3±1,12	0,75:1	296±21,2	47,3
ЛСфаЦ	PV4; PV5 (10:3)	67,266±1,35	0,65:1	360±19,5	49,2

Смесь коммерческих препаратов PV1 и PV2 показала более скромные результаты конверсии по сравнению с другими биокатализаторами, однако при её использовании достигнута наиболее низкая степень полимеризации, что может говорить о более глубокой деструкции волокна с повышенным содержанием ди- и олигосахаридов в растворе. Стоит отметить, что на конечном этапе конверсии (48 часов) кристалличность модифицированной целлюлозы и соотношение глюкозы и восстанавливающих сахаров (ВС) имеет обратную зависимость. Важным результатом данных исследований, является возможность эффективного гидролиза промышленных полуфабрикатов древесного происхождения неспецифичными коммерческими препаратами российского производства.

Исходя данных табл. 2 можно сделать вывод, что наиболее высокое соотношение гексоз и пентоз при конверсии ХСфиЦ по отношению к ЛСфаЦ, за счет разницы в химическом составе полуфабрикатов и выбранных условиях, позволяет рассматривать данный гидролизат как более доброкачественный и перспективный источник углерода для микробиологического синтеза органических и аминокислот. Для подтверждения доброкачественности гидролизатов ХСфиЦ проведено культивирование штаммов-продуцентов молочной кислоты *Bacillus coagulans* ВКПМ № В-10486 и L-лизина *Corynebacterium glutamicum* E-531. По результатам 48 часов культивирования органической кислоты отмечен 9-кратный рост биомассы культуры и снижение концентрации сахаров более чем на 90%, в число которых входят и продукты деструкции ксилана. Конечная концентрация молочной кислоты составила 0,1%. При синтезе аминокислоты было ассимилировано более 50% глюкозы и 2% других сахаров древесной группы. Наблюдалось увеличение количества клеток продуцента в 10 раз от внесения инокулята (0,2 г/л) и накопление конечного продукта в концентрации около 3,5 г/л. Полученные результаты отражают возможность роста продуцентов микроорганизма и получение конечных продуктов с использованием гидролизатов полуфабрикатов древесного происхождения.

Модифицированная ЛСфаЦ из-за различий количества примесей неполисахаридного происхождения, при заданных условиях и данной эффективности гидролиза, имеет показатели кристалличности выше ХСфиЦ. Степень полимеризации и кристалличность биомодифицированного полисахаридного комплекса ЛСфаЦ сравнимы со значениями для МКЦ промышленного производства, которая предлагается в качестве материалов получения криогелей медицин-

ского и пищевого применения [12,13]. В связи с этим, было проведено криогелирование остатков ферментативной конверсии ЛСфаЦ. Объем криогеля составил 3 см³, с плотностью 0,07 г/см³ и показателем пористости около 95%. Значение выхода геля составило 65%. Данные гели схожи по структуре и показателям с криогелями из товарной МКЦ [13], но стоит отметить, что плотность и объем оказались несколько выше при значительно меньшем выходе. Это может быть связано с большой долей гемицеллюлоз в негидролизованном остатке после конверсии. В целом, полученные гели возможно рассматривать, как материалы для различных направлений, но дополнительное исследование механических свойств может открыть новые области применения.

Таким образом, в исследовании впервые проведен сравнительный анализ эффективности конверсии биокатализаторами российского производства белёных древесных полуфабрикатов сульфатного и сульфитного способов делигнификации. Из сахаров ферментативной конверсии ХСфиЦ была получена молочная кислота и L-лизин, а из биомодифицированного полисахаридного комплекса ЛСфаЦ – криогели, с характеристиками, близкими к гелям из товарной МКЦ.

Авторы выражают благодарность Федеральному исследовательскому центру «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН институту биохимии имени А.Н. Баха за предоставленные ферментные комплексы и хроматографический анализ углеводов и ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ в рамках научного проекта № 22-24-20136 (<https://rscf.ru/project/22-24-20136/>).

Список литературы

- 1 Aggestam, F., & Giurca, A. (2022). Implementing Circular-Bioeconomy Principles across Two Value Chains of the Wood-Based Sector: A Conceptual Approach. *Land*, 11(11), 2037.
- 2 Aksenov, A. S. et al. (2020). Biocatalysis of industrial kraft pulps: Similarities and differences between hardwood and softwood pulps in hydrolysis by enzyme complex of *Penicillium verruculosum*. *Catalysts*, 10(5), 536.
- 3 Chekushina, A. V. et al. (2013). Comparing the efficiency of plant material bioconversion processes using biocatalysts based on *Trichoderma* and *Penicillium verruculosum* enzyme preparations. *Catalysis in Industry*, 5, 98-104.
- 4 Shevchenko, A. R. et al. (2023). Production of Biomodified Bleached Kraft Pulp by Catalytic Conversion Using *Penicillium verruculosum* Enzymes: Composition, Properties, Structure, and Application. *Catalysts*, 13(1), 103.
- 5 Stafford, W., et al. "Forestry biorefineries." *Renewable Energy* 154 (2020): 461-475.
- 6 Van Heiningen, A. (2006). Converting a kraft pulp mill into an integrated forest biorefinery. *Pulp and Paper Canada*, 107(6), 38-43.
- 7 Ciuffarin, F. et al. (2023). Interactions of cellulose cryogels and aerogels with water and oil: Structure-function relationships. *Food Hydrocolloids*, 108631.
- 8 Vydrina, I. et al. (2023). A new method for determination of lignocellulose crystallinity from XRD data using NMR calibration. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 100305.
- 9 Пучнина А.А. и др. (2022) Культивирование продуцента молочной кислоты на гидролизате сульфатной целлюлозы / Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности, 331-335
- 10 Шевченко А. Р. и др. (2019) Влияние углеводных субстратов на рост культуры *Corynebacterium glutamicum* //Актуальные проблемы развития лесного комплекса, 133-136.

- 11 Tenkanen, M. et al.. Investigation of lignin-carbohydrate complexes in kraft pulps by selective enzymatic treatments. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1999, 51, 241–248.
- 12 Shiekh, P. A. et al. (2021). Designing cryogels through cryostructuring of polymeric matrices for biomedical applications. *European Polymer Journal*, 144, 110234.
- 13 Tyshkunova, I. V. et al (2021). Cellulose cryogels prepared by regeneration from phosphoric acid solutions. *Cellulose*, 28, 4975-4989.

ИЗУЧЕНИЕ БИОМА АКТИВНОГО ИЛА ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ФАКТОРА СЕЗОННОСТИ

А. А. Шульникова, Е. С. Балымова, А. Р. Новикова, Ф. Ю. Ахмадуллина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
alevtinashul@gmail.com

Аннотация: Проведены исследования по изучению состава биоценоза активного ила городских очистных сооружений с учетом фактора сезонности. Выявлены 17 родов индикаторных микроорганизмов изучаемого биома активного ила. По индексу доминирования Палия-Ковнацки определены доминантные рода микроорганизмов по сезонам года: осенью три доминанта, в остальные сезоны года по два доминантных организма. Постоянным доминантным организмом в изучаемом биоценозе активного ила городских очистных сооружений, формирующемся на смешанных производственных и хозяйственно бытовых стоках, вне зависимости от сезона года является раковинная амеба р. *Arcella*. Выявлен наиболее представительный тип в биоме изучаемого активного ила – тип Инфузории (*Ciliophora*), представленный шестью родами микроорганизмов. Установлено, что биоценоз активного ила подвержен значительным сезонным изменениям, пик численности родов приходится на летне-весенний период.

Ключевые слова: активный ил, фактор сезонности, температура, индикаторные микроорганизмы, индекс.

ACTIVATED SLUDGE BIOME FROM URBAN WASTEWATER TREATMENT FACILITIES AS AN OBJECT OF STUDY CONSIDERING THE SEASONAL FACTOR

A. A. Shulnikova, Ye. S. Balymova, A. R. Novikova, F. U. Ahmadullina

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: The composition of the activated sludge biocenosis of urban wastewater treatment plants, taking into account the seasonal factor, has been studied. 17 genera of indicator microorganisms of the activated sludge biome were identified. According to the Palia-Kownacki dominance index, the dominant genera of microorganisms were determined by the seasons of the year: in autumn three dominants, in the remaining seasons of the year two dominant organisms. The constant dominant organism in the studied biocenosis of the activated sludge of urban wastewater treatment plants, which is formed on mixed industrial and domestic wastewater, regardless of the season of the year, is testate amoeba g. *Arcella*. The most representative type in the biome of the studied activated sludge is the *Ciliophora* type, represented by six genera of microorganisms. The biocenosis of activated sludge undergoes significant seasonal changes, the peak of the number of genera of microorganisms occurs in the summer-spring period.

Keywords: activated sludge, seasonal factor, temperature, indicator microorganisms, index.

В настоящее время биологическая очистка является важным этапом в удалении загрязнений из сточных вод различного происхождения, поэтому требуется контроль и внимание к данному процессу. Так, активный ил, который выполняет главную роль в очищении стоков за счет своей ферментативной активности, формируется под действием внешних различных влияющих факторов. Одним из наиболее значимых внешних факторов является температура, так как активность ферментов зависит от последней. При понижении температуры уменьшается ферментативная и биологическая активность микроорганизмов, а растворение кислорода в воде при этом возрастает. И, наоборот, при повышении температуры растворимость кислорода в воде уменьшается, ферментативная и биологическая активность микроорганизмов увеличивается, а также идет активизация химического окисления загрязнений и удаления летучих и газообразных продуктов реакции, вследствие чего происходит усиление запаха, характерного для данной сточной воды. При изменении температуры может также происходить подавление или активация жизнедеятельности отдельных групп микроорганизмов [1].

Цель данной работы – изучение состава биоценоза активного ила с выявлением индикаторной роли доминантных организмов как показателей режима работы очистных сооружений с учетом фактора сезонности. Объект исследования данной работы – активный ил городских очистных сооружений канализации.

В качестве основного метода исследования использовали микроскопирование на микроскопе МИКМЕД – 5 (АО «ЛМО», Россия), готовили препарат раздавленная капля и просматривали под объективом с увеличением 10х или 40х, то есть под общим увеличением в 100-400 раз – с учетом разрешающей способности самого микроскопа. Отбор проб активного ила возраста 7-10 суток производился 1-2 раза в месяц в течение года, все опыты проводились в трехкратной повторности во избежание случайных ошибок в результатах.

На следующем этапе было проведено усреднение экспериментальных и расчетных данных и выявление наиболее значимых индикаторных представителей по индексу Палия-Ковнацки [2], расчеты которого для каждого рода индикаторных организмов приведены в таблице 1.

За период исследования было выявлено:

1. Биоценоз активного ила городских очистных сооружений представлен 17 родами индикаторных микроорганизмов;

2. За время исследования выявлено 6 родов инфузорий, относящихся к 4 классам: *Oligohymenophora*, *Kinetophragminophora*, *Peritricha*, *Polyhymenophora*. Наиболее представительным по родовому составу был класс прикрепленных инфузорий *Peritricha*. Перитрихи являются постоянным и ведущим по численности родов классом среди всех ресничных (*Ciliata*), присутствующих в активном иле, осуществляющим очистку смешанных и бытовых сточных вод [3];

3. Вторым по численности родов представлен класс коловраток (*Rotifera*). За изучаемый период в исследуемом активном иле выявлено 4 рода коловраток: панцирные - р. *Lecane*, беспанцирные – р.р. *Cephalodella*, *Habrotrocha*, *Philodina*. Наличие столь представительного по родам класса коловраток свидетельствует о стабилизации процесса очистки сточных вод [4].

Результаты расчета индекса Палия-Ковнацки, %

Средняя температура за сезон, °C		7,61	-7,03	8,34	24,5
Тип	Род	Осень	Зима	Весна	Лето
Немательминты	<i>Cephalodella</i>	0,131	0,082	0,135	3,596
	<i>Lecane</i>	0,568	0,137	0,720	4,075
	<i>Philodina</i>	0,000	0,000	0,108	5,154
	<i>Habrotrocha</i>	0,022	0,000	0,135	0,000
Инфузории	<i>Vorticella</i>	2,797	0,330	3,287	5,553
	<i>Epistylis</i>	0,219	0,000	0,054	4,465
	<i>Paramecium</i>	2,426	0,027	2,449	5,993
	<i>Aspidisca</i>	2,273	0,660	2,341	6,073
	<i>Thuricola</i>	0,568	0,220	0,063	3,116
	<i>Chilodonella</i>	0,000	0,082	0,000	0,579
Саркомастиго-форы	<i>Acanthamoeba</i>	43,794	80,297	6,538	0,000
	<i>Arcella</i>	28,234	10,882	56,326	24,211
	<i>Centropyxis</i>	14,948	5,359	16,704	21,614
	<i>Trinema</i>	0,568	0,220	3,530	9,628
	<i>Euglypha</i>	0,000	0,000	0,234	0,190
Кольчатые черви	<i>Aeolosoma</i>	0,087	0,000	0,162	0,659
Тихоходки	<i>Tardigrada</i>	0,022	0,000	0,036	1,079
Жирный шрифт – доминанты; <i>Курсивный шрифт</i> - субдоминанты					

4. Настоящие амёбы представлены 3 родами: голой амёбой р. *Acanthamoeba*, раковинными амёбами р.р. *Arcella*, *Centropyxis*.

5. Установлено, что биоценоз активного ила подвержен сезонным изменениям, пик численности родов приходится на летне-весенний период, что представлено на рисунке 1.

В летний период структура хлопьев активного ила была средней и крупной компактной, надилловая жидкость прозрачная, что является показателем хорошей седиментационной способности активного ила и хорошего отделения во вторичном отстойнике. Коловратки были крупные, подвижные, представлены родами

Cephalodella, *Lecane*, *Philodina*, что обусловлено оптимальным для роста и развития температурным режимом и говорит о высокой степени очистки воды.

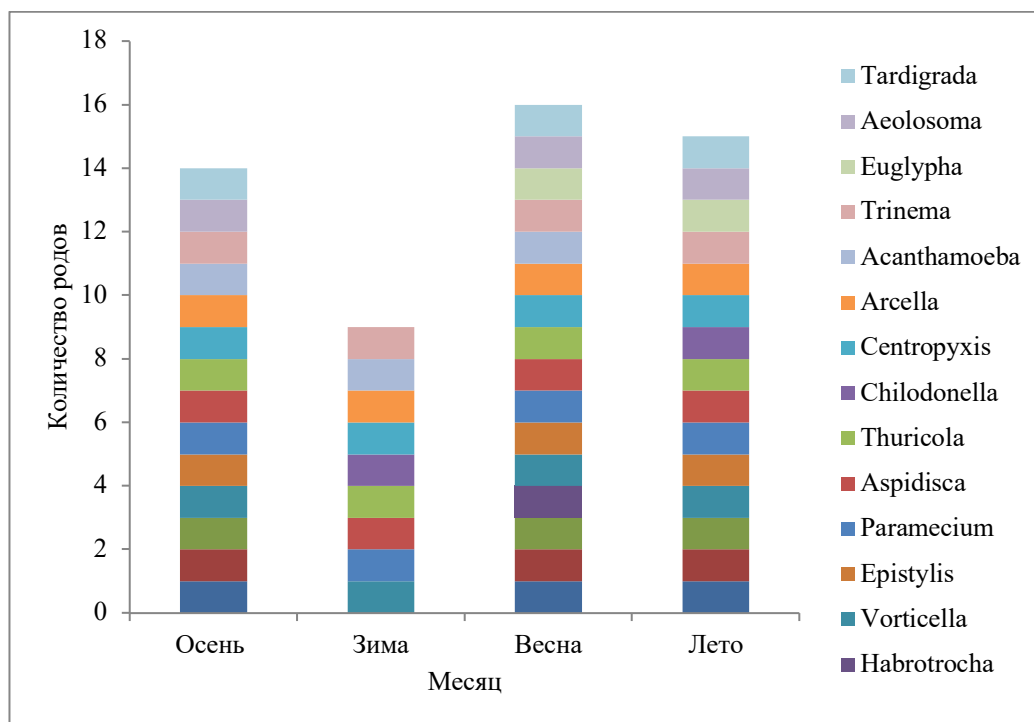


Рис. 1. Изменение количества родов в биоценозе активного ила по сезонам года

На осенний сезон приходится сокращение численности родов и повышение мутности надилловой жидкости, что возможно связано с нарушением хлопьеобразования и, как следствие, массовым развитием раковинных амёб *p.p. Arcella*, *Centropyxis*, представленное на рисунке 2, т.к. свободноплавающие бактериальные клетки, не включенные в экзополимерный гель, являются легкой добычей раковинных амёб. Происходит постепенное сокращение родового разнообразия и численности коловраток.

В зимний период времени наблюдали практически полное отсутствие коловраток, даже такого эврибионтного рода, как панцирные коловратки *p. Lecane*. По результатам микрокопирования наблюдали разрушение и измельчение хлопьев активного ила, надилловая жидкость с устойчивой мутью. Появление большого количества нитчатых бактерий и частичное вспухание активного ила. Наименьшее число родов цилиат совпадает с минимальными температурами, которые типичны для зимне-весеннего периода.

Таким образом, при исследовании активного ила выявлены основные индикаторные и доминантные микроорганизмы при смене сезонов, что соответствует изменению средних температур, и охарактеризовали режим работы очистных сооружений. Отмечено, что наибольшее разнообразие родов наблюдается в весенне-летний период, а также установлена зависимость между определенными родами и благоприятными месяцами для их жизнедеятельности.

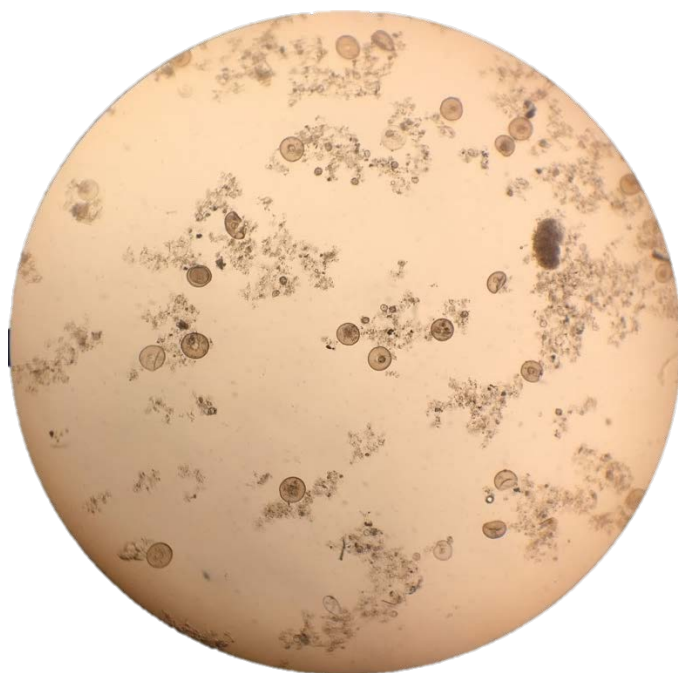


Рис. 2. Микрофотография живого неокрашенного препарата активного ила в осенний период времени (увеличение x100)

Список литературы

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – Москва: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
2. Kownacki A. Taxocens of Chironomidae in streams of the Polish Hight Tatra, Mts // Acta Hydrobiol., 1971. V. 13. № 2. P. 439-463.
3. Сокольский А.Ф. Влияние абиотических факторов на биоценоз активного ила очистных сооружений / А.Ф. Сокольский, О.В. Тюменцева // Инженерно-строительный вестник Прикаспия.- 2013. № 2 (5). С. 121-125.
4. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.

ПОЛУЧЕНИЕ КОРМОВЫХ ДРОЖЖЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПИРТОВОЙ БАРДЫ

М. Ю. Шурбина, Р. М. Силантьев, Р. Т. Валеева, Д. В. Тунцев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
valrt2008@rambler.ru

Аннотация: Проблема дефицита дешевого кормового белка существует не только в Российской Федерации и Республике Татарстан, но и в мире целом. Дрожжи являются ценным источником питательных веществ для животных, прежде всего из-за полноценного аминокислотного состава белка. Использование микробной биомассы для обогащения кормов белком и незаменимыми аминокислотами в условиях интенсивного животноводства - одна из важных проблем будущего. Проводятся исследовательские работы по переработке спиртовой барды с получением кормовых дрожжей с использованием расы дрожжей *Rhodosporidium diobovatum* ВКПМ Y-3158. Из анализа всех проведенных экспериментальных процессов культивирования кормовых дрожжей следует, что наиболее эффективным процессом является процесс с использованием чистой спиртовой барды. По сравнению с контрольными процессами прирост оптической плотности в процессах с использованием с чистой спиртовой барды превышал более 30%. Переработка спиртовой барды в кормовые дрожжи, позволяет создавать ресурсосберегающие пищевые экологически безопасные продукты, а также получать продукты с новыми потребительскими свойствами.

Ключевые слова: переработка, спиртовая барда, культивирование, *Rhodosporidium diobovatum* ВКПМ Y-3158, кормовые дрожжи.

PRODUCTION OF FODDER YEAST USING ALCOHOLIC DDGS

M. Yu. Shurbina, R. M. Silantiev, R. T. Valeeva, D. V. Tuncev

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
valrt2008@rambler.ru

Abstract: The problem of shortage of cheap feed protein exists not only in the Russian Federation and the Republic of Tatarstan, but also in the whole world. Yeast is a valuable source of nutrients for animals, primarily due to the complete amino acid composition of the protein. The use of microbial biomass to enrich feed with protein and essential amino acids under conditions of intensive animal husbandry is one of the important problems of the future. Research work is underway to process distillery stillage with the production of fodder yeast using the race of yeast *Rhodosporidium diobovatum* VKPM Y-3158. From the analysis of all the experimental processes for the cultivation of fodder yeast, it follows that the most effective process is the process using pure alcohol stillage. Compared to control processes, the increase in optical density in processes using pure alcohol stillage exceeded 30%. The processing of distillery stillage into fodder yeast makes it possible to create

resource-saving, environmentally friendly food products, as well as to obtain products with new consumer properties.

Keywords: *processing, distillery stillage, cultivation, Rhodosporidium diobovatum VKPM Y-3158, fodder yeast.*

Улучшение кормления животных является одним из важных и основных условий для более эффективного управления животноводства. Плохое качество кормов является основной причиной плохой продуктивности животных. Большая часть кормов для животных довольно дорога для большинства методов ведения сельского хозяйства. Таким образом, наличие адекватных и качественных кормов является наиболее важным фактором в управлении хозяйством. Этот подход был частью традиционного сельского хозяйства на протяжении веков [1].

Проблема дефицита дешевого кормового белка существует не только в Российской Федерации и Республике Татарстан, но и в мире целом. Так как нехватка кормового белка негативно сказывается на здоровье и продуктивности животных, для повышения ценности рациона питания на современном рынке предлагают различные кормовые препараты [2-4].

К основным компонентам питания животных относятся кормовые дрожжи [2-5].

Дрожжи являются ценным источником питательных веществ прежде всего из-за полноценного аминокислотного состава белка. Использование микробной биомассы для обогащения кормов белком и незаменимыми аминокислотами в условиях значительного роста животноводства - одна из главных проблем будущего, так как человечество развивается таким образом, что оно вряд ли сможет обеспечить себя пищей традиционными методами. Культивирование микроорганизмов не зависит от климатических и погодных условий, не требует больших посевных площадей, поддается автоматизации. Дрожжи - одна из наиболее перспективных групп микроорганизмов для получения белковых кормовых компонентов. Содержание белка в клетках некоторых штаммов дрожжей составляет от 1/2 до 2/3 сухой массы, а на долю незаменимых аминокислот приходится до 10% [6].

Помимо большого количества белков, это дрожжи содержат также жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты, витамины, минералы [7-9] и некоторых незаменимых аминокислот, которые ограничены в большинстве растений и животных продукты. Кормовые дрожжи можно использовать в качестве добавки к основному рациону вместо других источников, которые известны как дорогостоящие, такие как добавки сои и рыбы [10].

В широком биологическом понятии дрожжи – группа нескольких видов одноклеточных грибов из различных классов. Дрожжи отличаются высокой скоростью роста. Сухое вещество биомассы в производственных условиях удваивается за 3-4 часа. Вид дрожжей определяется штаммом гриба - продуцента и питательной средой, на которой они выращены. В связи с этим различают классические кормовые дрожжи, выращенные на спиртовой барде; гидролизные

культивируемые на древесных отходах и белково витаминный концентрат выращенные на отходах переработки не растительного сырья – нефти, метанола, этанола, природного газа [11].

Классические кормовые дрожжи отличаются более стабильным составом, самым большим процентом истинного белка и самой низкой концентрацией небелкового азота, что является залогом безопасного использования в кормлении животных. Так как небелковый азот дрожжей вызывает расстройства пищеварения у молодняка, резкое снижение качества получаемой продукции, ухудшение состояния здоровья.

Вторым положительным отличием классических кормовых дрожжей от гидролизных и белково-витаминного концентрата – низкое содержание в них пуриновых и пиримидиновых остатков нуклеиновых кислот. Известно, что высокое содержание этих веществ вызывает мочекишный диатез у животных, особенно, у птицы.

В технологии производства кормовых дрожжей на основе основного отхода спиртовой промышленности спиртовой барды иногда используют прием обогащения кормового продукта бета-каротином. Бета-каротин является провитамином витамина А, обладает антиканцерогенным действием за счет способности гасить свободные радикалы и нейтрализовать агрессивные формы кислорода, активирует межклеточный обмен. В проводимых экспериментах на животных установлена способность бета-каротина подавлять в ряде случаев рост образования злокачественных опухолей за счет стимуляции иммунной системы организма [12, 13].

Неотъемлемая часть клеточной стенки дрожжей – олигосахариды, основой которых являются маннанолигосахариды. Наличие маннанолигосахаридов (пребиотик) придает дрожжевым стенкам сорбтивные свойства, полезные для пищеварения сельскохозяйственных животных и птицы с точки зрения связывания микотоксинов (афлатоксинов, охратоксина А, токсина Т-2 и зеараленона) корма.

Авторами ведутся работы по переработке спиртовой барды с получением кормовых дрожжей с использованием расы дрожжей *Rhodospiridium diobovatum* штаммы ВКПМ Y-3158. Штамм *Rhodospiridium diobovatum* ВКПМ Y-3158 - продуцент каротиноидов с высоким содержанием β-каротина, непатогенен [14].

Процессы культивирования дрожжей проводили в качалочных колбах с рабочим объемом 150 мл на шейкере Climo-Shaker ISF1-X при температуре 30°C, оборотах вращения 100 об/мин. Параметры активной кислотности поддерживали в пределах 4,5-5,0 ед. рН.

Отбираемые пробы в ходе всего процесса культивирования анализировали на содержание активной кислотности, содержание редуцирующих веществ, и следили за ростом биомассы и физиологическим состоянием дрожжей. Проводили контрольные процессы культивирования дрожжей с минеральными компонентами питательной среды Ридер без использования спиртовой барды и опытные процессы с минеральными компонентами питательной среды Ридер и с различным количеством подачи спиртовой барды.

Из анализа всех проведенных опытных процессов культивирования кормовых дрожжей *Rhodospiridium diobovatum* ВКПМ Y-3158 следует, что наиболее

эффективным процессом является процесс с использованием чистой спиртовой барды. По сравнению с контрольными процессами прирост оптической плотности в процессах с использованием с чистой спиртовой барды превышал более 30%. Переработка спиртовой барды в кормовые дрожжи, позволяет создавать ресурсосберегающие пищевые экологически безопасные продукты, а также получать продукты с новыми потребительскими свойствами.

Список литературы

1. Ajila C. M. Bio-processing of agro-byproducts to animal feed / C. M. Ajila [et al] // Critical Reviews in Biotechnology. – 2012. – V. 32. – N 4. – P. 382-400.
2. Ямалиева М.Н. Кормовые дрожжи – высокобелковый корм // М.Н. Ямалиева, Т.В. Семакина, А.В. Козырь // Жить в XXI веке – 2019: сб. трудов. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2019. – С. 417-420.
3. Дармограй Л.М. Кормовые дрожжи – эффективный источник протеина при выращивании кроликов на мясо / Л.М. Дармограй, М.Э. Шевченко // Ученые записки учреждения образования витебская ордена знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2016. – № 1. – С. 113-116.
4. Менькин В.К. Кормление животных / В.К. Менькин. – М.: Колос, 2003. – 360 с.
5. Adedayo M.R. Single cell proteins: As nutritional enhancer / M.R. Adedayo [et al] // Adv. Appl. Sci. Res. – 2011. – V. 2. – P. 396-409.
6. Биология дрожжей / сост. И.П. Бабьева, И.Ю. Чернов; Товарищество научных изданий КМК. – М., 2004. – 221 с.
7. Simion A.I. Successful fodder yeast production from agro-industrial by products through a statistical optimization approach received for publication / A.I. Simion [et al] // Romanian Biotechnological Letters. – 2017. – V. 22. – N 3. – P.12671-12679.
8. Asad M.J. Production of single cell protein delignified corn cob by *Arachniotus* species / M.J. Asad [et al] // Pak. J. Agric. Sci. – 2000. – V. 37. – P. 3-4.
9. Jamal P. Media optimization for bioproteins production from cheaper carbon source / P. Jamal, M.Z. Alam, N.U. Salleh // J. Eng. Sci. Technol. – 2008. – V.3. – P.124-130.
10. Gad A.S. Utilization of oputina ficus indica waste for production of *Phanerochaete chrysosporium* bioprotein / A.S. Gad, E.A. Hasan, A. Abd El Aziz // J. Am. Sci. – 2010. – V. 6. – P. 208-216.
11. Подобед Л. На каких дрожжах растет птица / Л. Подобед // Животноводство России. – 2007. – С.21-22.
12. Шурбина М.Ю. Каротиноиды – как основа создания новых биотехнологических продуктов / М.Ю. Шурбина, Т.В. Семакина, М.Н. Ямалиева, И.И. Зиннуров // Жить в XXI веке-2021»: сб. тр. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2021. – С. 399-402.
13. Britton G. Isolation and analysis. In Carotenoids / G. Britton, S. Liaaen-Jensen, H. Pfander. – Stuttgart: Birkhäuser Verlag Basel, 1995. – V. 1a. – 328 p.
14. Ямалиева М.Н. Культивирование кормовых дрожжей с использованием барды разного состава / М.Н. Ямалиева, Т.В. Семакина, Р.Т. Валеева, М.Ю. Шурбина // «Ключевые проблемы и передовые разработки в современной науке». – сб. тр. II Международной научно-практической конференции. – Смоленск: МНИЦ «Наукосфера». – 2019. – С. 9-11.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ВТОРИЧНОГО БЕЛОКСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ НА АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ГИДРОЛИЗАТА

**А. А. Яковенко, М. А. Тараванов, А. А. Гвозденко, М. А. Колодкин,
М. В. Вакуленко**

ФГАОУ ВО «Северо-кавказский федеральный университет», г. Ставрополь,
Россия and.yak.stv@gmail.com

Аннотация: Оптимизирована методика синтеза гидролизатов вторичных непищевых белоксодержащих отходов. Были найдены оптимальные параметры для получения гидролизатов вторичных непищевых белоксодержащих отходов: температура – 90⁰С, массовый процент сырья – 30%, концентрация КОН – 15%, время – 12 часов. Было выявлено, что перо является оптимальным сырьём для гидролиза для получения гидролизатов вторичных непищевых белоксодержащих отходов. В результате математической обработки полученных данных получено уравнение, описывающее влияние входных параметров на значения выхода реакции гидролиза.

Ключевые слова: гидролиз, перо куриное, аминокислоты, вторичные белоксодержащие отходы, гидролизаты.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE TYPE OF SECONDARY PROTEIN-CONTAINING RAW MATERIALS ON THE AMINO ACID COMPOSITION OF THE HYDROLYSATE

A. A. Yakovenko, M. A. Taravanov, A. A. Gvozdenko, A. V. Blinov, D. A. Zhukovsky

FGAOU VO «North Caucasus Federal University», Stavropol, Russia

Abstract: The method of synthesis of hydrolysates of secondary non-food protein-containing waste has been optimized. Optimal parameters were found for obtaining hydrolysates of secondary non-food protein-containing waste: temperature – 90⁰C, mass percentage of raw materials – 30%, KOH concentration - 15%, time - 12 hours. It was found that the feather is the optimal raw material for hydrolysis to obtain hydrolysates of secondary non-food protein-containing waste. As a result of mathematical processing of the obtained data, an equation describing the effect of input parameters on the output values of the hydrolysis reaction was obtained.

Keywords: hydrolysis, chicken feather, amino acids, secondary protein-containing waste, hydrolysates.

Введение. Эссенциальные микроэлементы, стабилизированные хелатными комплексами гидролизатов, смогут найти применение в различных отраслях промышленности: фармацевтике, агрохимии и многом другом. Особенно актуальная данная разработка в областях агрохимии, где микроэлементный дефи-

цит является основной проблемой [1-4]. Так, в фармацевтике присутствует проблема таргетной доставки лекарств и низкого коэффициента усвояемости витаминных комплексов эссенциальных микроэлементов, а в агрохимии из-за микро и макро элементного дефицита почвы многие растения не могут нормально развиваться и погибают, не давая урожай [5-8].

Таким образом, целью данной исследовательской работы является разработка инновационных импортозамещающих удобрений пролонгирующего действия на основе хелатных форм эссенциальных микроэлементов для повышения стрессоустойчивости сельскохозяйственных культур.

Разработка методики синтеза гидролизатов вторичных непищевых белоксодержащих отходов

В ходе выполнения исследовательской работы разработана методика синтеза гидролизатов вторичных непищевых белоксодержащих отходов. В основе разработанной методики синтеза гидролизатов вторичных непищевых белоксодержащих отходов лежит процесс, кислотного и щелочного гидролиза. Перед началом синтеза проводился контроль качества используемых реактивов, а также подготовка используемого сырья к синтезу.

В качестве исходного материала для получения гидролизатов использовали перо птицы и пивную дробину, растворы КОН с разными концентрациями и раствор H_2SO_4 с разными концентрациями – в качестве растворителей. Объемные соотношения вторичного непищевого белоксодержащего сырья : раствор кислоты/щёлочи составляли 1 : 75; 10 : 75; 20 : 75; 30 : 75.

Метод синтеза гидролизатов вторичных непищевых белоксодержащих отходов.:

- 1) на первой стадии проводилась подготовка сырья к гидролизу;
- 2) после подготовки сырья готовился раствор щёлочи или кислоты;
- 3) затем сырьё вносилось в круглодонные колбы с растворами кислоты или щёлочи;
- 4) далее смесь перемешивали в течение 3; 6; 9; 12 ч.;
- 5) полученные гидролизаты были приведены к нормальному значению pH;

По данной методике для дальнейших экспериментов изготовлена серия образцов гидролизатов вторичных непищевых белоксодержащих отходов, с концентрацией 1%; 10%; 20%; 30% массовых процентов.

Полученные образцы перемещали в пластиковые контейнеры для дальнейших исследований.

Для исследования процесса гидролиза проводили многофакторный эксперимент с 4-мя входными параметрами. В качестве входных параметров рассматривали массу белоксодержащего сырья (пивной дробины или куриного пера), массу гидроксида калия, время экспозиции и температуру гидролиза. Общий объем системы составлял 100 мл. В качестве выходного параметра рассматривали выход реакции гидролиза (ω , %). Уровни варьирования, план многофакторного эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни варьирования и план многофакторного эксперимента

№ опыта	Масса KOH/H ₂ SO ₄ , %	Масса белоксо-державшего сырья, %	Время экспозиции, час	Температура гидролиза, ° С
1	5	1	3	70
2	5	10	6	80
3	5	20	9	90
4	5	30	12	100
5	10	1	6	90
6	10	10	3	100
7	10	20	12	70
8	10	30	9	80
9	15	1	9	100
10	15	10	12	90
11	15	20	3	80
12	15	30	6	70
13	20	1	12	80
14	20	10	9	70
15	20	20	6	100
16	20	30	3	90

На следующем этапе исследований определяли значение выхода реакции гидролиза и проводили статистическую обработку полученных данных. Определение значения выхода реакции гидролиза проводили по следующей методике: образец гидролизатов фильтровали, полученный осадок сушили в сушильном шкафу до постоянной массы, определяли массу осадка и рассчитывали значение выхода реакции гидролиза по формуле:

$$\omega = \frac{m_{\text{пр в-в}}}{m_{\text{исх в-в}}} \cdot 100 \% = \frac{m_{\text{исх в-в}} - m_{\text{осадка}}}{m_{\text{исх в-в}}} \cdot 100 \%. \quad (1)$$

где $m_{\text{исх в-в}}$ — масса исходных веществ;

$m_{\text{пр в-в}}$ — масса прореагировавших веществ;

$m_{\text{осадка}}$ — масса осадка.

Значения выхода реакции гидролиза (ω , %) представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значения выхода реакции гидролиза (ω , %) при использовании разного белоксодержавшего сырья

№ опыта	Пивная дробина	Куриное перо
1	63,8	80,1
2	65	86,6
3	69,3	83,4
4	76,1	82,3
5	71	86,4
6	68,9	84,8

7	64,3	90,3
8	50,4	93,7
9	73,1	86,8
10	74,7	87,8
11	64,7	90,1
12	46,9	82,6
13	63,3	89,7
14	64,9	90,3
15	67,2	90,1
16	55,1	93,7

Анализ полученных данных показал, что щелочной гидролиз в значительной степени лучше протекает при использовании в качестве белоксодержащего сырья куриного пера. Максимальное значение выходного параметра для образцов, полученных из куриного пера, составляет 93,7 %, а для образцов, полученных из пивной дробины – 76,1 %.

Список литературы

1. Определение оптимальной конфигурации тройных хелатных комплексов эссенциального микроэлемента цинка с витамином с и незаменимыми аминокислотами / А. В. Блинов, М. А. Пирогов, А. А. Гвозденко [и др.] // Современная наука и инновации. – 2022. – № 4(40). – С. 93-102.
2. Исследование влияния активной кислотности среды на устойчивость хелатных микроудобрений на основе ЭДТА / В. А. Кравцов, А. В. Блинов, А. В. Серов, А. А. Кравцов // . – 2015. – Т. 1, № 8. – С. 707-709. – EDN UYBFNL.
3. Антипова Л. В., Шамханов Ч. Ю. Биоконверсия кератина пера под действием различных ферментных препаратов //Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2004. – №. 2-3. – С. 33-35.
4. Логинов Д. С. и др. Способ получения биополимеров из гидролизатов кератинсодержащего сырья и биополимеры, полученные этим способом. – 2014.
5. Бобылева О. В., Пономарева С. Е., Есепенок К. В. Сравнительная характеристика способов получения белкового гидролизата из перо-пухового сырья //Новые технологии и материалы легкой промышленности. – 2020. – С. 78-82.
6. Villa A. L. V. et al. Feather keratin hydrolysates obtained from microbial keratinases: effect on hair fiber //Bmc Biotechnology. – 2013. – Т. 13. – №. 1. – С. 1-11.
7. Fontoura R. et al. Characterization of a novel antioxidant peptide from feather keratin hydrolysates //New biotechnology. – 2019. – Т. 49. – С. 71-76.
8. Callegaro K., Welter N., Daroit D. J. Feathers as bioresource: microbial conversion into bioactive protein hydrolysates //Process biochemistry. – 2018. – Т. 75. – С. 1-9.

Секция 5

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ КИСЛОМОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ

А. Д. Аинная, Ю. В. Щербакова, Ф. Ю. Ахмадуллина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г.Казань, Россия
Aqilladiniainnaya2805@gmail.com

Аннотация: На сегодняшний день в рационе современного человека должны присутствовать кисломолочных продуктов, которые являются наиболее ценными в пищевом и биологическом отношении. Кроме того, важно отметить, что большинство компонентов кисломолочных продуктов, могут проявлять антиоксидантные свойства, что обеспечивает профилактику свободно радикальных патологий. Однако, огромный ассортимент кисломолочных продуктов ставит перед потребителем сложную задачу выбора более полезного продукта. Ситуация усугубляется еще и тем, что на сегодняшний день абсолютно очевидно, что информация, приводимая изготовителем (содержание белков, жиров, углеводов, добавок) не является достаточной для обоснованного выбора потребителем более качественного продукта. В связи с этим встает вопрос о введение нового качественного показателя на продукты питания, в том числе и кисломолочные. На эту роль может претендовать величина интегральной антиоксидантной активности (ИАА), определяемая кулонометрическим титрованием электрогенерированным бромом. При этом для оценки качества продукции и добросовестности ее производителя необходимо определять изменение данного показателя в течение срока годности, заявленного для исследуемого продукта. В связи с этим целью данной исследовательской работы являлось изучение изменения интегральной антиоксидантной активности кисломолочных продуктов при их хранении.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, кисломолочные продукты, перекисное окисление липидов, срок годности.

STUDY OF CHANGES IN THE INTEGRAL ANTIOXIDANT ACTIVITY OF DAIRY PRODUCTS FOR CHILDREN DURING STORAGE

A. D. Ainnaya, Y. V. Shcherbakova, F. Yu. Akhmadullina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
Aqilladiniainnaya2805@gmail.com

Abstract: Today, dairy products are an essential part of the modern human diet, being highly valuable in terms of nutrition and biology. Moreover, many components of dairy products have been shown to exhibit antioxidant properties, which provide prophylaxis against free radical-related pathologies. However, the vast assortment of dairy products poses a challenging task for consumers

to choose the most beneficial one. Additionally, the information provided by manufacturers, such as protein, fat, carbohydrate content, and additives, is insufficient for an informed decision on choosing a higher quality product. Therefore, there is a need for a new quality indicator for food products, including dairy products, which can be the measure of integral antioxidant activity (IAA), determined by coulometric titration with electrogenerated bromine. To assess the quality and integrity of the product, it is necessary to determine the changes in this indicator during the declared shelf life of the product. Therefore, the objective of this research was to study the changes in integral antioxidant activity of dairy products during storage.

Keywords: antioxidant activity, dairy products, lipid peroxidation, shelf life.

Кисломолочные продукты в питании ребенка первых лет жизни играют немалую роль. Помимо минералов, витаминов, и белков они содержат уникальные вещества – пробиотики, которые способствуют укреплению иммунитета крохи, а так же улучшают пищеварение.

Кроме того, многие из компонентов кисломолочных продуктов являются биологически активными и способны проявлять антиоксидантную активность, с чем связана их лечебно–профилактическая значимость рис.1 [1,2]:



Рис. 1. Антиоксиданты кисломолочных продуктов

Однако, огромный ассортимент кисломолочных продуктов ставит перед потребителем сложную задачу выбора более полезного продукта. Ситуация усугубляется еще и тем, что на сегодняшний день абсолютно очевидно, что инфор-

мация, приводимая изготовителем (содержание белков, жиров, углеводов, добавок) не является достаточной для обоснованного выбора потребителем более качественного продукта. Для оценки качества кисломолочных продуктов мы предлагаем использовать величину интегральной антиоксидантной активности, определяемой кулонометрическим титрованием электрогенерированным бромом, которая, согласно работам коллектива авторов кафедры промышленной биотехнологии ФГБОУ ВО «КНИТУ», может претендовать на роль нового показателя качества молочной и кисломолочной продукции [2].

В связи с вышесказанным, целью настоящей работы является определение интегральной антиоксидантной активности кисломолочных продуктов для детского питания и влияние на нее сроков хранения продукта.

В качестве объекта исследования были выбраны кисломолочные продукты для детского питания, выпускаемые ОАО «Детская молочная кухня» (таблица 1).

Таблица 1

Исследуемые кисломолочные продукты для детского питания

Продукт	Характеристика
	БИОЛАКТ - кисломолочный продукт нового поколения, предназначен для питания детей раннего возраста с неокрепшим пищеварительным трактом; детям и подросткам, страдающими дисфункцией желудочно-кишечного тракта; беременным женщинам; людям, подвергшимся стрессовым воздействиям; пожилым людям. Обладает бактерицидным действием, способствует росту нормальной микрофлоры кишечника.
	«ЛАКТ-ЭЛИТ» - коктейль кисломолочный, обогащённый кальцием и витамином D3, с наполнителем «Чернослив»: - богат клетчаткой; - помогает работе пищеварительной системы; - источник витамина А, железа и калия; - подавляет рост бактерий, которые могут вызвать пищевое отравление; - высокое содержание антиоксидантов.
	БИФИЛАЙФ - кисломолочный биопродукт, предназначенный для непосредственного употребления в пищу в качестве диетического (лечебного и профилактического) питания, с целью восстановления нарушенной и поддержания нормальной микрофлоры кишечника. Продукт рекомендован в качестве диетического питания при различных заболеваниях, а также в профилактических целях для поддержания нормальной микрофлоры кишечника.

Согласно цели работы определение интегральной антиоксидантной активности кисломолочных продуктов осуществляли в следующих контрольных точках:

1. Дата выпуска (+2 дня (для кефиров, производство которых находится в других городах)).
2. Конец срока годности.
3. Спустя неделю после срока годности.

Дополнительно изучалось содержание в продукте малонового диальдегида (МДА) – показателя интенсивности развития перекисного окисления (порчи) липидов, и содержание доступных сульфгидрильных групп белков, которые являются одними из основных компонентов молочных и кисломолочных продуктов, способных проявлять антиоксидантные свойства.

Полученные результаты показали, что при хранении кисломолочных продуктов для детского питания происходит снижение антиоксидантной активности с одновременным накоплением малонового диальдегида.

Список литературы

1. Остроумова Т.А. Химия и физика молока: Учебное пособие. – Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2004.– 196 с.
2. Балакирева Ю.Б., Лапин А.А., Ахмадуллина Ф.Ю., Зеленков В.Н., Каримова Ф.Г. Гальваностатическая кулонометрия для оценки антиоксидантной активности молока и молочных продуктов (Научно– методическое пособие) – М.:РАЕН, 2009. – с. 60.

СРАВНЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ЗЕЛЕНОГО И ЧЕРНОГО ЧАЯ

А. Ф. Аитова, М. С. Исупова, К. М. Рева, А. С. Станкова, О. А. Решетник,
Т. А. Ямашев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Российская Федерация
e-mail: yamashev555@mail.ru

Аннотация: проведен сравнительный анализ содержания биологически активных соединений и антиоксидантных свойств экстрактов зеленого и черного пакетированного чая. В качестве экстрагентов использовались дистиллированная вода и раствор этилового спирта 70 об. %, нагретые до температуры кипения. Показано, что раствор этилового спирта 70 об. % лучше, по сравнению с дистиллированной водой, экстрагирует антиоксидантные вещества из чая, как зеленого, так и черного. По антиоксидантным свойствам и содержанию биологически активных соединений зеленый чай превосходил черный. Особенно это касалось водных экстрактов, имитирующих заваренный чай.

Ключевые слова: зеленый чай, черный чай, антиоксиданты, хлорофиллы, каротиноиды, фенольные соединения, флавоноиды

COMPARISON OF THE ANTIOXIDANT PROPERTIES OF GREEN AND BLACK TEA

A. F. Aitova, M. S. Isupova, K. M. Reva, A. S. Stankova, O. A. Reshetnik, T. A. Yamashev

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: A comparative analysis of the content of biologically active compounds and antioxidant properties of extracts of green and black tea bags was carried out. Distilled water and 70 vol. % ethanol solution heated to the boiling point were used as extractants. It is shown that a solution of ethyl alcohol 70 vol. % better than distilled water, extracts antioxidant substances from tea, both green tea and black tea. In terms of antioxidant properties and the content of biologically active compounds, green tea was superior to black tea. This was especially true of aqueous extracts simulating brewed tea..

Keywords: green tea, black tea, antioxidants, chlorophylls, carotenoids, phenolic compounds, flavonoids.

Люди издревле использовали листья чайного куста (*Camellia sinensis*) для приготовления тонизирующих напитков. За многовековую историю было создано множество технологий подготовки чайного листа, позволяющих удовлетворить вкус самого искушенного потребителя.

Потребление чая составляет более 40 млн. т в год и постоянно растет [1]. Наиболее востребованными в мире являются зеленый и черный чай [2, 3]. И, как

следствие, споры о том какой из этих чаев более полезный не утихают. Ускоряющийся темп жизни современного человека требует постоянного сокращения продолжительности бытовых операций, в том числе и заваривания чая. Ответом на данный вызов стала разработка пакетированных быстро заваривающихся чаев, которые можно приготовить непосредственно в чашке за короткое время. Однако бытует мнение, что пакетированные чаи не несут никакой пользы. Хорошим индикатором полезности растительного сырья является наличие у него антиоксидантных свойств. Чай лист содержит много антиоксидантов различной химической природы, но при переработке листа, они могут быть разрушены вследствие воздействия неблагоприятных факторов: температура, окисление.

Целью данной работы было сравнение антиоксидантных свойств черного и зеленого пакетированного чая.

Нами были исследованы две популярные в Российской Федерации марки пакетированного чая. Мы не стали раскрывать их дабы исключить обвинения в заказном характере статьи или в рекламе. В этой работе мы обозначили их, как зеленый чай и черный чай.

Для достижения поставленной цели мы проводили экстракцию биологически активных веществ из чайных листьев. В качестве экстрагентов использовали дистиллированную воду и водный раствор этилового спирта 70 об. %. Чай освобождали от пакетиков, отбирали навеску, которую заливали экстрагентом, нагретым до температуры кипения. Соотношение сырье : экстрагент составляло 1 : 20. Затем сосуд с экстракционной смесью помещали на магнитную мешалку с подогревом и проводили экстракцию в течение 10 мин при постоянном перемешивании. Экстракты охлаждали до температуры $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, центрифугировали для отделения осадка при 8000 об./мин в течение 15 мин. Надосадочную жидкость сливали в мерную колбу, доводили до первоначального объема соответствующим экстрагентом и использовали в дальнейших исследованиях.

Содержание фенольных соединений определяли взаимодействием экстрактов с реактивом Folin и Ciocalteu результат выражали в мг-экв. галловой кислоты [4]. Для определения флавоноидов проводили реакцию между экстрактами и 10 % раствором хлорида алюминия результат выражали в мг-экв. кверцетина [5]. Восстановительную силу экстрактов определяли феррицианидным методом согласно Oyaiizu M. результат выражали в мкмоль-экв. аскорбиновой кислоты [6]. Для определения антирадикальной активности проводили реакцию между экстрактами и 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом (DPPH) результат выражали в мкмоль-экв. синтетического аналога витамина E – Trolox [7].

Результаты представлены в таблице 1.

К наиболее распространенным фенольным кислотам чайных листьев относятся хлорогеновая и галловая кислоты. Обнаруживаются также кофейная, феруловая, коричная, *p*-кумаровая, протокатеховая и другие кислоты [8]. Данные соединения лучше растворяются в этаноле, чем в воде [9], поэтому экстракты, сделанные 70 об. % раствором этилового спирта, содержали больше фенольных соединений для обоих типов чая. Из зеленого чая экстрагировалось больше фе-

нольных соединений, чем из черного. Меньшее содержание фенольных соединений в черном чае вероятно обусловлено окислением их в процессе ферментации, либо полимеризацией, снижающей их растворимость.

Таблица 1

Антиоксидантные свойства экстрактов черного и зеленого чая

Наименование показателя	Экстрагент			
	Дистиллированная вода	Раствор этилового спирта 70 об. %	Дистиллированная вода	Раствор этилового спирта 70 об. %
	Зеленый чай		Черный чай	
Фенольные соединения, мг-экв. галловой кислоты / г чая	65,87±0,33	99,37±0,35	50,26±0,27	82,78±0,34
Флавоноиды, мг-экв кверцетина / г чая	2,92±0,04	4,00±0,07	1,69±0,07	5,95±0,06
Восстановительная сила, мкмоль-экв. аскорбиновой кислоты / г чая	298,1±0,6	445,3±0,9	242,5±0,5	349,7±0,8
Антирадикальная активность мкмоль-экв. Trolox / г чая	143,0±0,5	189,6±0,7	98,7±0,4	141,7±0,5

Содержание флавоноидов в водном экстракте зеленого чая практически в два раза превышало данный показатель для черного чая, но для экстрактов, сделанных 70 об. % раствором этилового спирта, наблюдалась обратная картина. К основным флавоноидам чайных листьев относятся катехин, эпикатехин и их производные, а также процианидины, гликозиды кверцетина и рутина. Согласно литературным данным содержание флавоноидов в черных чаях обычно меньше, чем зеленых, что связано с их окислением на стадиях завяливания и ферментации черного чая, тогда как при производстве зеленого чая данные операции отсутствуют [8].

Восстановительная сила и антирадикальная активность экстрактов зеленого чая превышали аналогичные показатели для черного чая на 50-100 мкмоль-эквивалент антиоксиданта, взятого как образец, а антиоксидантные показатели этанольных экстрактов были выше чем у водных, что было обусловлено более высоким содержанием в них фенольных соединений и флавоноидов.

Таким образом, по содержанию биологически активных соединений и антиоксидантным свойствам зеленый чай в нашем исследовании превосходил черный, однако черный чай также показал достаточно высокую антиоксидантную

активность и в нем также обнаруживались исследованные БАВ. В связи с чем любителям черного чая, сомневающимся в его полезности, можно не отказываться от него. Данная работа также показала, что пакетированные чаи тоже обладают функциональными свойствами, и не являются бесполезным вкусоароматическим напитком.

Мы сознаем, что, полученные результаты недостаточны для того чтобы однозначно ответить на поставленные выше вопросы, и желательно сравнивать зеленый и черный чай, приготовленные из растения одного сорта, а еще лучше сделать такой сравнительный анализ для нескольких сортов чайного куста. Однако данная работа позволит потребителю, регулярно выпивающему по несколько чашек пакетированного чая в день, лучше разобраться в проблеме и сделать осознанный, независимый от общественного мнения, выбор чая, который ему больше нравится.

Список литературы

1. Liang S. Processing technologies for manufacturing tea beverages: From traditional to advanced hybrid processes / S. Liang, D. Granato, C. Zou, Y. Gao, Y. Zhu, L. Zhang, J.-F. Yin, W. Zhou, Y.-Q. Xu // Trends in Food Science & Technology. – 2021. – Vol. 118. – Part A. – P. 431-446. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.016>.
2. Peluso I. Antioxidants from black and green tea: from dietary modulation of oxidative stress to pharmacological mechanisms. / I. Peluso, M. Serafini // British Journal of Pharmacology. – 2017. – Vol. 174. – № 11. – P. 1195-1208. doi: 10.1111/bph.13649.
3. Zhang, L. Chemistry and Biological Activities of Processed *Camellia sinensis* Teas: A Comprehensive Review / Zhang, L., Ho, C., Zhou, J., Santos, J. S., Armstrong, L., Granato, D. // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2019. – Vol. 18. – №. 5. – P. 1474-1495. 178-182doi:10.1111/1541-4337.12479.
4. Singleton, V.L. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent / V.L. Singleton, R. Orthofer, R.M. Lamuela-Raventos // Method. Enzymol. – 1999. – Vol. 299. – P. 152-178.
5. Chang, C.-C. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods / C.-C. Chang, M.-H. Yang, H.-M. Wen, J.-C. Chern // Journal of Food and Drug Analysis. – 2002. – Vol. 10. – №. 3. – P. 178-182.
6. Oyaizu, M. Antioxidant activity of browning products of glucosamine fractionated by organic solvent and thin-layer chromatography // Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi. – 1986. – Vol. 35. – № 11. – P. 771-775.
7. Brand-Williams, W. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity / W. Brand-Williams, M.E. Cuvelier, C. Berset // Food Science and Technology. – 1995. – Vol. 28. – №. 1, P. 25-30.
8. Vu D.C. Phenolic, Carotenoid and Saccharide Compositions of Vietnamese *Camellia sinensis* Teas and Herbal Teas. / D.C. Vu, S. Alvarez // Molecules. – 2021. – Vol. 26. – №. 21, P. 6496. doi: 10.3390/molecules26216496.
9. Khoddami A. Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. / Khoddami A. , Wilkes MA, Roberts TH. // Molecules. – 2013. – Vol. 18. №2 –P. 2328-2375. <https://doi.org/10.3390/molecules18022328>.

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ХАЛЯЛЬНОГО МАРМЕЛАДА

А. Р. Ахмадеева, Г. А. Давлетшина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
alinamadeself@yandex.ru

Аннотация: Рассмотрены особенности технологии производства и ингредиентного состава мармелада категории «Халяль». Предложены варианты компонентов для разработки рецептуры мармелада, подходящего под категорию халяль.

Ключевые слова: мармелад, пектин, мармелад халяль.

FEATURES OF THE HALAL MARMALADE PRODUCTION

A. R. Akhmadeeva, G. A. Davletshina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: The features of "Halal" category marmalade production technology and the ingredient composition are considered. Components variants for the marmalade formulation development suitable for the halal category are proposed.

Keywords: marmalade, pectin, halal marmalade.

По данным анализа потребительского рынка России пищевая продукция со знаком «Халяль» является востребованной и активно пользуются потребительским спросом. Халяль - сертификат – документ, который требуется для подтверждения соответствия продуктов стандартам «Халяль». Маркировка «Халяль» подразумевает, что продукция в составе не содержит ингредиенты, которые запрещены исламом, что это экологически чистый продукт и только натуральный состав, что произведена продукция в соответствии с нормами ислама. Надо отметить, что в настоящее время халяль продукция пользуется спросом не только из религиозных убеждений, но и приверженцами диетического и здорового питания [1–4].

В ассортименте халяльной продукции кондитерские изделия не обделены вниманием потребителя. Их востребованность обосновывается положительным эмоциональным влиянием на самочувствие и, как правило, сладости являются неотъемлемой частью ассортимента восточных национальных кухонь. Мармелад – лакомство, которое помимо прекрасных вкусовых свойств обладает и полезным воздействием на организм человека. Главным в производстве мармелада, будь то пластовый, или жележный, или жевательный, является использование в рецептуре желирующих агентов или студнеобразователей. К таким относят желатины, ингредиенты животного происхождения и растительные полисахариды – агар-агар, агароид, желирующий крахмал, пектин, фуцеларан, камеди.

Желатин, используемый на пищевых производствах, получают из соединительной ткани, которая содержится в шкурах, костях, хрящах и жилах скота и рыб. Если желатин получен из разрешенного животного, например, говяжий желатин, то его можно использовать для производства продукции «халяль». Такого рода информация может быть не напечатана на упаковке, но можно запросить ее у производителя, указанного на этикетке. В пищевой индустрии стран Дальнего и Ближнего Востока в качестве альтернативы рассматривается производство верблюжьего желатина. Кондитерская продукция, содержащая желатин, обладает более нежной консистенцией и характерным вкусом, поскольку в отличие от растительных полисахаридов, желатин является белоксодержащим компонентом. Недостатком кондитерских изделий на основе желатина является их температурная зависимость – застывание желатина происходит только при низких температурах, и, соответственно, высоких температур готовая продукция не выдержит, потребительский вид заметно ухудшится.

Мармелад может быть халяльным, если для его производства используют студнеобразователь растительного происхождения, например, агар-агар или пектин. Пектин – вещество, которое получают из яблочных или цитрусовых выжимок, жома сахарной свёклы. Сам готовый продукт получается постным, диетическим и не содержит животных ингредиентов. Основное свойство пектина – способность сгущать структуру продукта. Пектин как натуральное вещество, используется в различных областях пищевых производств, в том числе и в халяльном производстве. Различают несколько видов пектина:

- НМ – высокоэтерифицированные (высокометоксилированные),
- ЛМ – низкоэтерифицированные (низкометоксилированные),
- LMA – низкоэтерифицированные амидированные.

Высокоэтерифицированный пектин (НМ) образует прочное желе при высококислотной смеси и при высоких содержаниях сухих веществ. Особенно при большом количестве сахара. Такой пектин быстрее сгущает смеси, нежели другие. Такого вида пектин используют на многих пищевых производствах. Рабочий диапазон $pH > 5.5$ при температуре 75-85 °С.

Низкоэтерифицированный пектин (ЛМ) образует желе вне зависимости от кислотности основного вещества и сахара. Для создания желе ему необходимы ионы кальция. Такого вида пектин работает с низким содержанием сахара. Это переработанный пектин, отлично подходит для производств низкокалорийных продуктов. Рабочий диапазон широкий при температуре 62-70 °С.

Низкоэтерифицированные амидированные пектины (LMA) образуют желе с небольшой порцией кальция в нейтральной среде ($pH = 7$) при температуре 45-60 °С.

Каждый вид пектина стандартизируют по разным функциям [5, 6]. Высокоэтерифицированные пектины оценивают по качеству студня, низкоэтерифицированные – по реакции с кальцием. Исходя из характеристик можно сделать вывод, что у более этерифицированного пектина самая высокая скорость студнеобразования и технологически необходима более высокая температура. Немаловажным является также и природа пектина – яблочный, цитрусовый, свекловичный или др. То есть для каждого вида изделий необходимо подбирать пектин или

его смеси в зависимости от свойств, составлять рецептуру и отрабатывать технологию на производстве.

Что касается агар-агара, то его преимуществом в технологии производства кондитерских изделий несомненно является застывание при комнатной температуре, устойчивость при высоких климатических температурах, нейтральность запаха и вкуса. Агар получают из полсахарида агарозы, который является структурным компонентом клеточных стенок некоторых водорослей. Агар-агар образует гель даже в очень разбавленных растворах с содержанием его от 0,5 до 1 %. Желирующие свойства агар-агара не зависят от количества сахара, в отличие от пектина. Как правило, в рецептурах для соответствия религиозным требованиям, рекомендуется замена желатина именно агар-агаром. Агар-агар может быть единственным структурообразующим агентом в рецептуре, однако благодаря сильной желирующей способности, изделия могут быть хрупкими и легко «ломаться», крошиться, поэтому необходим тщательный подбор его процентного соотношения в рецептуре. Прочность агарового геля сильно зависит от pH, при его снижении текстура будет разжижаться и в изначально кислых жидкостях гелеобразование будет затруднено.

Кроме загустителей в рецептуру мармеладных изделий могут входить и пищевые добавки, которые могут негативно сказываться на халальности продукта. Пищевые добавки на производстве нужны для повышения длительности хранения изделия и сохранения товарного вида. Пищевые добавки подразделяются на: вкусоароматические добавки, ферментные препараты и другие типы пищевых добавок. При производстве пищевых добавок для халальной продукции – оборудование, камеры хранения, складские помещения должны соответствовать стандарту «Халаль ППТ-СМР». Например, в производстве жевательного мармелада для сохранения заданной формы готовое изделие глазируют пчелиным или карнаубским воском или шеллаком. Если в отношении пчелиного и карнаубского воска вопросов не возникает, они относятся к халаль-ингредиентам, то шеллак является предметом рассуждений. Данный компонент широко используется в производстве кондитерских изделий. Им так же покрывают свежие фрукты, чтобы увеличить срок хранения. Зачастую орехи, жевательные резинки и сыры глазируются составами, содержащими шеллак. Спорным моментом является природа происхождения шеллака. Это природная смола, которая синтезируется насекомыми – лаковыми червецами. Смола выделяется из кожных желез насекомых, которые обитают на деревьях. Таким образом, смола застывает на древесной коре, ее соскабливают и подготавливают для дальнейшего использования. Исламом разрешено использование ингредиентов из насекомых только для наружного пользования, для пищевых продуктов такие компоненты запрещены. Однако, часть исламских ученых, принимая во внимание, что сама смола является продуктом переработки насекомыми сока растений и не содержит части самих насекомых, допускает использование шеллака в продуктах питания, если при производстве шеллак не растворяли в спиртовых растворах. Ученые ссылаются на аналогию получения меда пчелами.

Также немаловажный критерий при определении халальности продукта – отсутствие каких-либо последствий для организма после употребления готового

продукта. Использование пищевых добавок не должно снижать органолептические свойства продукта и скрывать в технических целях порчу готового продукта. На халяльном производстве разрешено применение пищевых добавок в виде комплексных смесей. Запрещается смешивать халяльные продукты с запретными и с нехаляльными. Не допускается добавление ароматизаторов в натуральные продукты для усиления вкуса и аромата.

Поверхность оборудования и инвентаря должна быть продезинфицирована и помыта еще до начала работы. Должны использоваться дезинфицирующие средства, разрешенные Госкомсанэпиднадзором России. Производство халяльной продукции полностью обязано производиться на отдельном оборудовании в изолированном предприятии или цехах. Производственные инструменты должны быть промаркированы со словом «Халяль». Работники обязаны знать и соблюдать должностные инструкции, санитарные нормы и правила. Персонал должен пройти инструктаж и обучение перед трудоустройством, а затем пройти аттестацию в установленное время. За счет таких норм и правил, пищевая продукция категории халяль является высококачественным продуктом с хорошим натуральным составом. Данный вид производства мармелада позволяет повысить потребительские свойства готового продукта.

Таким образом, данный вид продукта набирает все большую популярность на рынке и уже давно приобретает не только из-за религиозных намерений. Халяльный мармелад отлично подойдет и для людей, кто заинтересован в натуральности продукта. Данная ниша является очень перспективной и с каждым днем набирает все большие обороты.

Список литературы

1. Шевченко Н.В. Состояние рынка сахаристых кондитерских изделий // Современные проблемы товароведения, экономики и индустрии питания. Саратов, 2018. С.198.
2. Асенова Б. К., Амирханов К. Ж., Ребезов М. Б. Технология производства функциональных продуктов питания для экологически неблагоприятных регионов. Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства. 2013. № 1. С. 313–316.
3. Спиричев В. Б. Проблемы: эффективность и безопасность обогащения пищевых продуктов микронутриентами / В. Б Спиричев., Л. Н. Шатнюк // Сб. материалов VII Всероссийского конгресса «Здоровое питание населения России». – М., 2003. – С. 491-492.
4. Whistler L. R , Bemiller N.J Industrial gums polysaccharides and Their Derivatives Book. - Whistler Center for Carbobydrate Research Purdue Univercity, 1993. - 224.
5. ГОСТ 31642-2012. Добавки пищевые. Натрий молочнокислый (лактат натрия) E325. Технические условия = Food additives. Sodium lactate T325. General specifications: межгосударственный стандарт ГОСТ 31642-2012: введен впервые: введен 01.07.2013 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 11 с.
6. ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»: утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 880: с изменениями на 08.08.2019.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТИРОВАННОЙ БИОМАССЫ *ARCTIUM LAPPA* L. В КАЧЕСТВЕ ПРОДУКТА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Л. В Волкова, Р. Г. Хайбуллин, Р. Г. Волков

ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, Россия,
e-mail: wolkowalw@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается перспектива ферментации биомассы лопуха большого для получения продуктов функционального назначения. Отмечается наличие широкого спектра биологически активных веществ в его биомассе, а также разнообразная биологическая активность, в том числе гипогликемическая, пребиотическая, антиоксидантная.

Ключевые слова: продукты функционального питания, *Arctium lappa* L., ферментация, биологически активные вещества.

PROSPECTS FOR FERMENTED *ARCTIUM LAPPA* L. BIOMASS APPLICATION AS A FUNCTIONAL FOOD PRODUCT

L. V. Volkova, R. G. Khaibullin

Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education "Perm National Research Polytechnic University", Perm, Russia, e-mail: wolkowalw@mail.ru

Abstract. This article discusses the prospect of *Arctium lappa* L. biomass fermentation to obtain functional products. The presence of a wide range of biologically active substances in its biomass is noted, as well as a variety of biological activities, including hypoglycemic, prebiotic, antioxidant.

Keywords: functional nutrition products, *Arctium lappa* L., fermentation, biologically active substances.

Введение

Продукты функционального питания – это пищевые продукты, обладающие специфическими свойствами, которые благотворно влияют на здоровье человека [1]. Данные продукты могут содержать биологически активные компоненты, такие как антиоксиданты, полифенолы, пробиотики и прочие, которые способствуют укреплению иммунной системы, профилактике заболеваний и улучшению общего состояния организма [2]. Ферментированные продукты, в свою очередь, являются одним из наиболее популярных источников биологически активных компонентов, так как при ферментации происходят процессы превращения сырья в более полезный и усваиваемый для человека продукт [3].

Лопух большой (*Arctium lappa* L.) – это растение, которое издавна использовалось в народной медицине как лекарственное средство при различных забо-

леваниях [4]. В листьях лопуха содержатся биологически активные вещества, такие как полифенолы, алкалоиды, триглицериды, флавоноиды и другие [5]. Ферментация листьев лопуха может стать эффективным способом получения биологически активной субстанции, которая может быть использована в качестве продукта функционального питания [6].

Основная часть

Одним из исследований, посвященных получению биологически активной субстанции из лопуха большого, является работа, проводимая на кафедре «Химия и биотехнология» ФГАОУ ВО ПНИПУ (г. Пермь), посвящённая разработке технологии микробной ферментации листьев *Arctium lappa* L. В данном исследовании авторы разработали технологию получения микробно-ферментированной субстанции из листьев лопуха с помощью пробиотических микроорганизмов *Lactobacillus plantarum*. Анализ биологической активности полученной субстанции показал, что она обладает антибактериальными свойствами, проявляет гипогликемическую и пребиотическую активности [7, 8]. Эти свойства являются важными для здоровья человека и могут быть использованы при дальнейшей разработке продуктов функционального питания на основе ферментированного лопуха.

К примеру, одним из возможных применений может быть использование ферментированной биомассы *A. lappa* L. в качестве источника белка, также лопух содержит значительное количество аминокислот, необходимых для полноценного питания человека [9]. При ферментации происходит гидролиз белков, что позволяет увеличить доступность и усвояемость белка для организма человека [10].

Кроме того, ферментированная биомасса *A. lappa* L. может быть использована в качестве источника биологически активных веществ. Изучение биоактивных свойств лопуха показало наличие в нем флавоноидов, каротиноидов, танинов, фенилпропаноидов, фенольных соединений и других [9, 11]. В процессе ферментации происходит образование биологически активных метаболитов, таких как молочная кислота, антиоксиданты, пептиды, которые способствуют улучшению здоровья и профилактике различных заболеваний [6, 10, 12]. Также, ферментированный лопух может быть использован в качестве источника пребиотиков, то есть пищевых волокон, которые не усваиваются организмом человека, но способствуют росту полезных микроорганизмов в кишечнике и улучшению пищеварения. Исследования показали, что биомасса лопуха содержит значительное количество пищевых волокон, таких как инулин, пектин, клетчатка [13].

Таким образом, использование ферментированной биомассы *A. lappa* L. в качестве продукта функционального питания представляет перспективное направление исследований. Это обусловлено высоким содержанием белка в его биомассе, а также биологически активных веществ.

Другие исследования также обнаружили потенциал *A. lappa* L. в качестве ингредиента для функционального питания. Например, исследование 2015 года, опубликованное в журнале "The Korean Journal of Food And Nutrition" [14], сооб-

щает о том, что экстракт ферментированного лопуха содержит большое количество полифенолов, которые обладают антиоксидантными свойствами. Кроме того, лопух содержит инулин, нерастворимые диетические волокна, которые могут способствовать нормализации кишечной микрофлоры и улучшению пищеварения.

Другое исследование, опубликованное в журнале "Shahid Sadoughi University of Medical Sciences" [15] в 2013 году, показало, что экстракт лопуха может помочь снизить уровень глюкозы в крови и повысить чувствительность к инсулину у мышей с диабетом. Это свойство может быть полезным для людей, страдающих диабетом или предрасположенных к развитию этого заболевания.

Кроме того, лопух содержит витамин С, каротиноиды и другие антиоксиданты, которые могут помочь защитить клетки от повреждений, вызванных свободными радикалами. Исследование 2023 года, опубликованное в журнале "Biomedicine & Pharmacotherapy" [16], показало, что экстракт лопуха может помочь защитить клетки печени от повреждений, вызванных токсинами.

Конечно, как и с любым продуктом функционального питания, перед его широким внедрением в рацион питания требуется проведение дополнительных исследований для определения оптимальной дозы и способа употребления, а также оценки его эффективности и безопасности. Тем не менее, на основе имеющихся данных, можно сделать вывод, что ферментированная биомасса *A. lappa* L. может представлять собой многообещающий источник биологически активных веществ, которые могут быть полезны для здоровья человека.

Ферментированная биомасса лопуха большого также может быть использована для создания косметических продуктов, таких как шампуни, маски и кондиционеры для волос, а также кремы для лица и тела. Исследования показывают, что лопух может быть полезен для укрепления волос, уменьшения выпадения волос и ускорения их роста [17]. Кроме того, лопух может оказывать антиоксидантное и противовоспалительное действие на кожу [11, 18, 19].

Заключение

Таким образом, имеющиеся данные позволяют классифицировать ферментированную биомассу *A. lappa* L. как субстанцию, имеющую большой потенциал для применения в качестве продукта функционального питания, а также компонента косметических продуктов, благодаря своему богатому химическому составу, а также широкому спектру биологически активных свойств. Дальнейшие исследования могут раскрыть новые возможности использования ферментированной биомассы *A. lappa* L. и помочь в разработке эффективных технологий её производства и применения.

Список литературы

1. Hasler CM. Functional foods: benefits, concerns and challenges — a position paper from the American Council on Science and Health. J Nutr 2002;132(12):3772-81.
2. Roberfroid M. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? Am J Clin Nutr 2000;71(6 Suppl):1682S-7S.
3. Tamang JP, Shin DH, Jung SJ, Chae SW. Functional properties of microorganisms in fermented foods. Front Microbiol 2016;7:578.

4. Bone K. The Ultimate Herbal Compendium: The ultimate herbal compendium : A Desktop Guide for Herbal Prescribers. Warwick, Australia: Phytotherapy Press; 2007.
5. Petkova, N.; Hambarlyiska, I.; Tumbarski, Y.; Vrancheva, R.; Raeva, M.; Ivanov, I. Phytochemical composition and antimicrobial properties of burdock (*Arctium lappa* L.) roots extracts. *Biointerface Res. Appl. Chem.* 2022,12, 2826–2842.
6. Хайбуллин, Р. Г. Перспективы получения биологически активных субстанций из биомассы растений методом микробной ферментации (обзор) / Р. Г. Хайбуллин, Л. В. Волкова // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. –2021. –Т. 24. – № 4. – С. 3-8. –DOI : 10.29296/25877313-2021-04-01.
7. Хайбуллин, Р. Г. Влияние ферментированной субстанции биомассы листьев *A. lappa* L. на кинетику роста *L. plantarum* / Р. Г. Хайбуллин, Е. Р. Ахмадулина, Л. В. Волкова // Международный научно-исследовательский журнал. —2022. —№ 5 (119). Часть 2. —С. 202-206. –DOI : 10.23670/IRJ.2022.119.5.038.
8. Khaibullin, R.G. Research of *A.lappa*L. leaves microbial-fermented biomass hypoglycemic activity / R. G. Khaibullin, A. A. Burluckaya, L. V. Volkova, G. P. Vdovina // Proceedings of the XIX International Multidisciplinary Conference «Innovations and Tendencies of State-of-Art Science». Mijnbestseller Nederland. —2022. —Iss. 19, № 5. —P. 61-66. — DOI: <https://doi.org/10.32743/netherlandsconf.2022.5.19.339225>.
9. Коломиец, Н. Э. Химический состав и биологическая активность метаболитов видов рода *Arctium* L. [Текст] / Н. Э. Коломиец [и др.] // Химия растительного сырья. – 2021. – № 2. – С. 29-57. – DOI : 10.14258/jcprm.2021 028315.
10. Терёшина, Н. С. Ферментация и получение лекарственных препаратов / Н. С. Терёшина, И. А. Самылина, З. П. Костенникова // Фармация. – 2012. – № 3. – С. 53-56.
11. Chan, Y.S; Cheng, L.N.; Wu, J.H.; Chan, E.; Kwan, Y.W.; Lee S. M.; Leung, G.P.; Yu, P.H.; Chan, S.W. A review of the pharmacological effects of *Arctium lappa* (burdock). *Inflammopharmacology*. 19(5):245-54, 2011. doi: 10.1007/s10787-010-0062-4.
12. Хайбуллин, Р. Г. Методики количественного определения короткоцепочечных жирных кислот в экстрактах биомассы листьев *Arctiumlappa*L. [Текст] / Р. Г. Хайбуллин, Е. Ю. Тумилович, Л. В. Волкова, Т.Л. Малкова // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2022. –Т. 25. –№ 11. –С. 16-22. –DOI : 10.29296/25877313-2022-11-03.
13. Marins, A. R. de .; Campos, T. A. F. de .; Gomes, R. G. .; Feihrmann, A. C. .; Prado, I. N. do. Extraction methods, composition and biological activity of polysaccharides from *Arctium lappa* L. – Short review. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 17, p. e90101724283, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i17.24283.
14. Kim MH, Jong GK and Jae HC, 2015. Antioxidant and Anti-Obesity Activity of Ethanol Extracts from Fermented *Arctium lappa* L. *Korean J Food Nutr*, 28: 752-758.
15. Ahangarpour, A. et al. Effect of *Arctium lappa* root extract on glucose levels and insulin resistance in rats with high sucrose diet //SSU_ Journals. – 2013. – Vol. 21. – No. 2. – P. 179-188.
16. Nermeen Yosri, Sultan M. Alsharif, Jianbo Xiao, Syed G. Musharraf, Chao Zhao, Aamer Saeed, Ruichang Gao, Noha S. Said, Alessandro Di Minno, Maria Daglia, Zhiming Guo, Shaden A.M. Khalifa, Hesham R. El-Seedi. *Arctium lappa* (Burdock): Insights from ethnopharmacology potential, chemical constituents, clinical studies, pharmacological utility and nanomedicine / *Biomedicine & Pharmacotherapy*. V. 158. 2023/ <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.114104>.
17. Özliman S, Moradi SH, Pirhadi M, Rabeea Banoon SH. An Overview of the Most Important Medicinal Plants with Effect on Hair Growth and Treatment of Alopecia. *Plant Biotechnology Persa* 2021; 3(2): 63-67.
18. S. Conea, C. Mogosan, O. Vostinary, C.C. Toma, I.C. Hepcal, I. Cazacu, C. Pop,L. Vlase, Polyphenolic profile, anti-inflammatory and antinociceptive activity of anextract from *Arctium lappa* L. Roots, *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj*. 45 (2017) 59–64,<https://doi.org/10.15835/nbha45110549>.
19. Wang, J., Hu, S., Nie, S., Yu, Q., Xie, M. (2014). Reviews on mechanisms of in vitro antioxidant activity of polysaccharides. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВВЕДЕНИЯ КОНОПЛИ В КОМПОЗИЦИЮ ПРОБИОТИЧЕСКОГО МОРОЖЕНОГО

В. И. Гавриленко, А. А. Короткова, Е. Д. Мокроусова

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,
г. Волгоград, Россия
varya6696@gmail.com

Аннотация: Разработано кисломолочное мороженое с повышенным содержанием белка и благоприятным алиментарным действием на организм человека, благодаря подбору заквасочных культур и сочетанию кисломолочной основы с суперфуд-ингредиентом растительного происхождения.

Ключевые слова: кисломолочное мороженое, урбеч конопли, белковая недостаточность, пробиотический эффект, функциональный продукт.

FUNCTIONAL POTENTIAL OF INTRODUCING CANNABIS TO THE COMPOSITION OF PROBIOTIC ICE CREAM

V. I. Gavrilenko, A. A. Korotkov, E. D. Mokrousova

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia
varya6696@gmail.com

Annotation: Abstract: A fermented milk ice cream has been developed with a high protein content and a favorable alimentary effect on the human body, thanks to the selection of starter cultures and the combination of a fermented milk base with a superfood ingredient of origin plant.

Keywords: fermented milk ice cream, hemp urbech, protein deficiency, probiotic effect, functional product.

Распространение алиментарных недостаточностей, в частности, угроза глобального белкового дефицита – в настоящее время он достигает 15-20% рекомендуемой нормы, – стала предпосылкой поиска перспективных растительных источников белка и их использования в рецептурных решениях традиционных продуктов. Наряду с этим часто выявляют нарушения работы пищеварительной системы, обмена веществ, дисбактериоз и, как следствие, расстройства желудочно-кишечного тракта.

В соответствии принятой Стратегии повышения качества пищевой продукции до 2030 г., одним из основных векторов пищевой промышленности является развитие производства пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами. Несмотря на активный прирост населения научные исследования должны быть направлены на проектирование продуктов с прогнозируемыми свойствами, т.е. конструирование их состава и структуры, а не на увеличение их выпуска. Особенно актуальным становится повышение биологической ценности

продуктов десертного характера, как изначально бедных белком, при сопутствующем формировании их пробиотических свойств, необходимых для поддержания микробиома организма. [5–7]

Ассортимент мороженого как самого популярного холодного десерта среди всех слоев населения России расширяется за счет введения в рецептуры разнообразного сырья, оригинальных наполнителей и использования привлекательной упаковки. Однако функциональность мороженого можно расширять применением альтернативных ингредиентов, оказывающих физиологический эффект. Так добавление растительных компонентов позволит увеличить биологическую ценность и сбалансировать продукт по содержанию физиологически функциональных веществ, систематическое употребление которых позволит в достаточной мере удовлетворить суточную потребность человека в белках, аминокислотах, эссенциальных полиненасыщенных жирных кислотах, витаминах и минеральных веществах. [1–3]

Цель исследования состояла в разработке рецептурного решения кисломолочного мороженого, предусматривающего повышение адекватности белкового состава стандартной композиции рекомендуемой норме, и являющегося источником пробиотической микрофлоры.

Для достижения поставленной цели, во-первых, скорректирована белковая обеспеченность рецептуры мороженого путем подбора ингредиентов, содержащих повышенную долю полноценного белка, во-вторых, в смеси мороженого предложено заменить основное молочное сырье вторичным – обезжиренным молоком и сывороткой, в-третьих, предусмотрено биологическое созревание смеси в присутствии пробиотических культур. Для полной натуральности состава из него исключены искусственные красители и ароматизаторы, а формирование приятного вкуса и аромата достигнуто всех ингредиентов будет и так давать, что позволит сделать продукт полностью полезным и вкусным. В свете переработки вторичного молочного сырья производство продукта из сыворотки и обезжиренного молока повысит глубину передела, откроет дополнительный источник прибыли, при этом значительно сократит объемы стоков, загрязненных органическими отходами, что уменьшит углеродный след хладокомбинатов, фабрик и молокоперерабатывающих предприятий.

Для коррекции нутриентного состава мороженого перспективен суперфуд из семян культурной конопли – урбеч, Конопляный урбеч содержит высокое – порядка 30%, – количество белка, полноценного по незаменимым аминокислотам. Уникальность конопляного семени составляет присутствие компонента, идентичного белку крови человека. Помимо ценного белка в семенах конопли 49% масел, богатых полиненасыщенными жирными кислотами омега-3 и омега-6, присутствующими в идеальном для суточного рациона соотношении, а также жирорастворимые витамины: Е, D, пигменты каротиноиды, хлорофиллы, а также витамин С, группы В, антиоксиданты и минералы. В отличие от стеблей и листьев, в семенах культурной конопли отсутствует каннабинол, что делает их абсолютно безопасными для употребления. Известен успешный опыт их применения в кулинарии, медицине и косметологии.

Нутриентная обеспеченность урбеча из семян конопли в расчете на норму физиологической потребности (ФП), согласно МР 2.3.1.0253-21 [6] представлена в таблице 1.

Таблица 1

Нутриентная обеспеченность урбеча из семян конопли

Нутриент	Содержание на 100 г	% от дневной нормы
Белки	30,9	20,3
Липиды	49	43,5
Углеводы	18,6	4,56
Витамин В ₁	2,1	98
Витамин В ₂	1,4	93
Минеральные вещества:		
магний	874,4	97
железо	11,16	64
медь	2,32	58
марганец	10	90

Семенах конопли сбалансированное (1: 3) соотношение незаменимых жирных кислот Омега-3 и Омега-6 и полный набор жизненно важных аминокислот - заменимых: аланин - 1,22 %, цистин/цистеин - 0,39 %, глицин - 1,21 %, метионин - 0,57 %, фенилаланин - 1,14 %, серин - 1,60 %, тирозин - 1,04 %; незаменимых: гистидин - 0,90 %, изолейцин - 1,14 %, лейцин - 1,88 %, лизин - 0,91 %, треонин - 1.03 %, триптофан - 0,39 %, валин - 1,42 % и условно-незаменимых: аргинин - 3,35 %, аспарагиновая кислота - 2,97 %, глутаминовая кислота - 5,31 %. Белок конопляного семени на 35% представлен легко усвояемыми альбуминами и на 65% - эдестином. Такой продукт не будет содержать в своем составе нежелательных для человеческого организма веществ, как холестерин и транс-изомеры жирных кислот [8].

Протеины конопли усваиваются хорошо, к тому же коноплю легко выращивать, поэтому она не требует применения химикатов или генетической модификации. Семена конопли безопасны для беременных, не вызывают аллергии и не содержат глютен. Включение в пищу конопли полезно для вегетарианцев, в период диеты, а также в спортивном питании для быстрого набора мышечной массы. [8]

Добавление урбеча из очищенных семян конопли в продукт повышает биологическую ценность кисломолочной основы, получаемой ферментацией обезжиренного молока в смеси с молочной сывороткой пробиотическими культурами *Lactobacterium bulgaricum*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium*

bifidum. Благодаря реализации продукта в замороженном состоянии, кисломолочная основа мороженого выступает средой, обеспечивающей жизнеспособность вводимой заквасочной и пробиотической микрофлоры в течение длительного срока. Пробиотики являются важным элементом современного рациона адекватного питания, а при ферментации смеси мороженого и последующем употреблении они синтезируют некоторые незаменимые аминокислоты, витамины, антибиотические вещества, препятствующие росту гнилостной микрофлоры. В результате биологического созревания смеси в условиях, оптимальных для развития заквасочных микроорганизмов увеличивается содержание конечных продуктов их метаболизма – органических и летучих жирных кислот, ацетальдегида, – усиливающих вкус и аромат мороженого перед фризированием.

По результатам опытных выработок кисломолочного мороженого обогащенного белкового состава, проведенных на лабораторном оборудовании кафедры технологии пищевых производств ВолгГТУ, признано оптимальным внесение урбеча из очищенных ядер конопли в количестве от 5 до 8%.

Технология нового кисломолочного мороженого с коноплей предусматривает следующие стадии: фильтрация сыворотки, составление смеси, пастеризация, охлаждение до температуры созревания, заквашивание, сквашивание, биологическое созревание, физико-химическое созревание, фризирование с одновременным внесением растительного наполнителя. [2]

Мороженое, выработанное по оригинальной авторской рецептуре, отличается высокая биологическая ценность, функциональность и профилактическое действие. Урбеч конопли не только устраняет белковую недостаточность традиционной рецептуры мороженого, но и улучшает его консистенцию, обеспечивая взбитую кремообразную текстуру, снижая риск возникновения порока снежистости и пустого вкуса, характерного для низкожирного ассортимента. Предлагаемое рецептурное решение позволяет заменить ценный молочный жир сливок и коровьего молока на конопляное масло в урбече. Пробиотическая кисломолочная основа стимулирует секреторную деятельность желудка, оздоравливает микробиом человека полезной микрофлорой, что позволяет рекомендовать продукт при дисбактериозе, коликах и приеме антибиотиков. Кисломолочное мороженое с коноплей обладает высокими органолептическими показателями и привлекательно для систематического употребления всеми группами населения. [4]

Список литературы

1. ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые функциональные.
2. ГОСТ 32939-2014 Мороженое кисломолочное.
3. ГОСТ 31457-2012 Мороженое молочное, сливочное и пломбир.
4. Абдувохидов А., Кароматов И. Д., Хамроева А. Х. Перспективное лечебное растение конопля // Биология и интегративная медицина. 2016. №6. С. 243-256.
5. Монастырский К. Функциональное питание // Правильное питание.
6. Попова, А.Ю. О новых (2021) нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации / Попова, А.Ю., Тутельян, В.А., Никитюк, Д.Б. // Вопросы питания. – 2021. – Т. 536, № 4. – С. 6-19. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19>.

7. Короткова, А.А. Формирование потребительских свойств взбитых творожных продуктов с семенами масличных культур / А.А. Короткова, Д.Р. Великоднева // Перспективные аграрные и пищевые инновации : материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Волгоград, 6-7 июня 2019 г.). В 2 ч. Ч. II / под общ. ред. И. Ф. Горлова ; ФГБНУ «Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции», ВолгГТУ. - Волгоград : ООО «Сфера», 2019. - С. 221-224.

8. Посокина Н. Е. Разработка функционального напитка на основе растительного сырья / Посокина Н. Е. Алабина Н.М., Давыдова А.Ю. // Инновации в производстве продуктов питания: от селекции животных до технологии пищевых производств: материалы международной научно-практической конференции, 7-8 февраля 2019г. - Персиановский : Донской ГАУ, 2019. С.318– 319.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

К. А. Гладышева, Е. В. Крякунова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
kristina050799@icloud.com

Аннотация: Морские водоросли богаты фитохимическими веществами, обладающими антиоксидантными и противомикробными свойствами. Употребление морских водорослей в пищу позволяет не только замедлить процессы окисления в организме человека, но и повысить усвоение минеральных веществ и снизить потребление соли. Кроме того, использование морских водорослей или их экстрактов в качестве пищевой добавки позволит увеличить сроки хранения продукта и сократить использование химических консервантов.

Ключевые слова: каррагинаны и альгинаты, диетический йод, нутрицевтик, вторичные метаболиты, антиоксиданты.

THE APPLICATION PROSPECT OF SEA ALGAE EXTRACTS TO IMPROVE THE QUALITY AND CONSUMER PROPERTIES OF FOOD PRODUCTS

K. A. Gladysheva, E. V. Kryakunova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: Sea algae are rich in phytochemicals with antioxidant and antimicrobial properties. The use of seaweed in food allows not only to slow down the oxidation processes in the human body, but also to increase the absorption of minerals and reduce salt intake. In addition, the use of seaweed or seaweed extracts as a food additive will increase the shelf life of the product and reduce the use of chemical preservatives.

Keywords: carrageenans and alginates, dietary iodine, nutraceutical, secondary metabolites, antioxidants.

Появление прогорклого привкуса и запаха из-за процессов окисления, протекающих в пищевых продуктах, может привести к снижению органолептических свойств, показателей качества и безопасности пищевых продуктов. Высокий спрос на антиоксиданты, которые можно безопасно применять в качестве пищевых добавок, породил интерес к получению натуральных «зеленых» добавок из растительного сырья. Известно, что морские водоросли богаты полифенольными соединениями, обладающими антиоксидантными свойствами, а также минеральными веществами (натрий, калий, йод) и клетчаткой [1]. Кроме того, экстракты морских водорослей также обладают подтвержденной противомик-

робной активностью по отношению как к микроорганизмам порчи продуктов питания, так и к патогенным микроорганизмам пищевого происхождения [3]. Использование экстракта морских водорослей в качестве пищевой добавки, улучшающей текстуру пищевых продуктов, также является перспективным научным направлением.

Целью данной работы являлось изучение возможности использования экстракта морских водорослей в качестве пищевой добавки, обладающей антиоксидантной и противомикробной активностью.

Пища – это источник не только необходимых для организма человека питательных веществ, но и других биологически активных соединений, играющих немаловажную роль в укреплении здоровья населения и профилактики различных заболеваний, в том числе и массовых инфекционных болезней. Биологически активные вещества, придающие продукту антиоксидантную, противомикробную, противораковую и противовирусную активность, относятся к разным группам химических соединений: фенольные соединения, сульфитированные полисахариды, органические кислоты и т.д.

Антиоксиданты представляют собой вторичные метаболиты, которые защищают клетки организма человека от повреждения активными формами кислорода. Антиоксиданты передают свободным радикалам электроны, а пероксильным радикалам ионы водорода, переводя их в неактивную форму. Активные формы кислорода появляются в процессе метаболической активности клеток и имеют тенденцию накапливаться с возрастом, вызывая старение организма человека в результате окислительного стресса клеток и тканей. Активные формы кислорода в пищевых продуктах приводят к окислению липидов, что является основной причиной ухудшения качества и порчи жиросодержащих пищевых продуктов. Применение антиоксидантов в пищевой промышленности является общепринятым способом замедления процессов окисления липидов в пищевых продуктах с образованием токсичных продуктов окисления, что позволяет продлить срок годности пищевых продуктов с сохранением их потребительских свойств.

Синтетические противомикробные препараты (бензоат натрия, нитрит натрия, сорбиновая кислота), синтетические антиоксиданты (бутилгидроксанизол, бутилгидрокситолуол, трет-бутилгидрохинон) широко применяются в пищевой промышленности в качестве консервантов, позволяющих продлить срок годности, предотвратить появление микроорганизмов порчи, а также сохранить пищевую ценность, вкус и аромат продукта. Однако давно известно, что эти вещества оказывают токсичный, канцерогенный и терратогенный эффект на организм человека, поэтому их применение в пищевой промышленности строго нормируется. К тому же общественные тенденции последних лет диктуют пищевой промышленности необходимость изготовления пищевых продуктов, подвергающихся минимальной обработке и содержащих природные консерванты, антиоксиданты и противомикробные соединения. Поэтому все чаще проводятся исследования возможности применения экстрактов фруктов и овощей, а также мор-

ских водорослей в качестве альтернативных природных антиоксидантных и противомикробных соединений, оказывающих положительный эффект на здоровье человека [1, 2].

Антиоксиданты, производимые растениями, представлены такими полифенольными соединениями, как флавоноиды, коричная кислота, бензойная кислота, галловая кислота, танины и др. Среди растений водоросли представляют собой один из самых богатых источников природных антиоксидантных и противомикробных веществ. Также водоросли богаты такими витаминами, как А, В₁, В₁₂, С, D, Е, рибофлавин, ниацин, пантотеновая кислота, фолиевая кислота, а также минеральными веществами, в частности кальцием, фосфором, натрием, калием и йодом [3]. Известно, что полисахариды морских водорослей могут служить источником пищевых волокон и пребиотиков в питании человека, которые способствуют росту и укреплению кишечной микрофлоры и снижают риск развития рака толстой кишки. Таким образом, применение морских водорослей в качестве пищевой добавки функциональной направленности приобретает все большую актуальность [6].

Получение экстрактов из морских водорослей с целью использования содержащихся в них биологически активных соединений в медицине и фармацевтике находится в центре внимания ученых всего мира на протяжении последних десятилетий. Известно, что как неочищенные, так и очищенные экстракты морских водорослей обладают антиоксидантной, противомикробной, противоопухолевой, антикоагулянтной и противовирусной активностью [3]. Полисахариды морских водорослей, такие как каррагинаны и альгинаты, также находят широкое применение в пищевой промышленности для изготовления биоразлагаемого упаковочного материала [1].

Были проведены исследования антиоксидантной активности экстрактов водорослей *Fucus serratus* по их способности восстанавливать стабильный радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил [4]. Выделение и сушку экстракта из водорослей проводили по методике Е.Д. Облучинской [5]. Содержание полисахаридов в экстракте определяли спектрофотометрическим методом [6]. Было установлено, что в экстракте водорослей *Fucus serratus* содержится 58,3 % полисахаридов, представленных фукоиданом и альгиновой кислотой. Антиоксидантная активность сухого экстракта водорослей *Fucus serratus* составила 0,059 мг/мл, что практически в 2 раза превышает антиоксидантную активность кверцетина – контрольного образца, стандарта для растительных антиоксидантов.

Перспективной является возможность применения в пищевых продуктах экстракта морских водорослей в качестве источника пищевых волокон и йода. Добавление экстракта морских водорослей в качестве гелеобразователя в такие мясные продукты, как паштет и колбаса, позволит обогатить эти продукты клетчаткой, что улучшит текстуру продукта [1]. Применение в мясоперерабатывающем и сыродельном производстве экстрактов морских водорослей, обладающих противомикробной и антиоксидантной активностями, позволит снизить содержание нитрита натрия в продуктах, повсеместно используемого в современном производстве в качестве консерванта для подавления роста патогенных микроорганизмов и процессов окислительной порчи продуктов. Добавление экстракта

морских водорослей в такие пищевые продукты, как соль и сахар, позволит обогатить продукты йодом, таким образом снизив риск развития йододефицитных состояний у населения.

Заключение

Существующая в современном мире тенденция применения натуральных растительных экстрактов в различных пищевых продуктах и напитках инициирует множество научных исследований в данной области. Морские водоросли, богатые разнообразными биологически активными веществами с ценными нутрицевтическими свойствами, могут стать перспективным источником для получения пищевых добавок, придающих функциональные свойства различным видам пищевых продуктов. Кроме того, добавление морских водорослей в пищевые продукты в виде порошка или экстракта позволит сократить применение химических консервантов в пищевой промышленности, что послужит удовлетворению спроса потребителей на так называемые «зеленые» продукты. Пищевые добавки на основе экстракта морских водорослей имеют большие перспективы для применения в мясной промышленности, так как позволяют обогатить мясные продукты пищевыми волокнами и снизить в них содержание нитритной соли.

Список литературы

1. Промышленное изготовление новых специализированных и диетических продуктов на основе морских водорослей / Л.С. Абрамова [и др.] // Материалы XVI Международной конференции и дискуссионного научного клуба «Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии» (Ялта-Гурзуф). – 2008. – С. 160-162.
2. Федотова, Е.Е. Перспективы использования экстрактов бурых водорослей для приготовления функциональных напитков / Е.Е. Федотова, В.П. Корчагин // Альманах мировой науки. – 2019. - № 3. – С. 41-47.
3. Абрамова, Л.С. О перспективах использования морских водорослей / Л.С. Абрамова, В.В. Гершунская, Т.В. Гержова // Рыбное хозяйство. – 2014. – № 2. — С. 117-121.
4. Облучинская, Е.Д. Антиоксидантные комплексные экстракты из фукусковых водорослей Баренцева моря / Е.Д. Облучинская // Вестник МГТУ. – 2018. – Т. 21. - № 3. – С. 395-401.
5. Патент РФ № 2016148563, 17.04.2018. Сухой экстракт из фукусковых водорослей, обладающий антиоксидантным действием, и способ его получения / Патент России № 2650808. 2018. Бюл. № 11 / Е.Д. Облучинская.
6. Усов, А.И. Полисахариды водорослей. 55. Полисахаридный состав некоторых бурых водорослей Камчатки / А.И. Усов, Г.П. Смирнова, Н.Г. Ключкова // Биоорганическая химия. – 2001. – Т. 27. – № 6. – С. 444–448.

РОСТ ЛАКТОБАКТЕРИЙ НА ОВСЯНОМ ЭКСТРАКТЕ

А. В. Ерофеева, М. А. Бурмасова, М. А. Сысоева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
anastasiya.erofeeva@inbox.ru

Аннотация: Проведено исследование по культивированию лактобактерий на овсяном экстракте, полученном из пророщенного зерна. Определены физико-химические показатели исходного зерна. Показано, что на основе овсяного экстракта может быть получен пробиотический напиток.

Ключевые слова: овес, пророщенные зерна, овсяный экстракт, β -глюкан, витамины, пребиотики, лактобактерии.

GROWTH OF LACTOBACILLI IN OAT EXTRACT

A. V. Yerofeeva, M. A. Burmasova, M. A. Sysoeva

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: A study was conducted on the cultivation of lactobacilli on oat extract obtained from sprouted grain. The physicochemical parameters of the initial grain were determined. It is shown that a probiotic drink can be obtained on the basis of the extract.

Keywords: oat, sprouted grains, oat extract, β -glucan, vitamins, prebiotics, lactobacillus.

Все большее внимание исследователей и производителей привлекает растительное сырье, как источник пищевых волокон и многих биологически активных веществ. Одним из таких перспективных объектов является овес. В большинстве случаев овес производится как зернофуражная культура, но за последние десятилетия он стал широко использоваться для получения пищевых продуктов для здорового и диетического питания.

Овес – растение, в состав которого входят витамины А, В1, В2, В6, Е, К, микроэлементы: цинк, кобальт, железо, йод, марганец, магний, сера, фтор, липотропные вещества, которые нужны для борьбы с вредным холестерином, а также жизненно важные органические кислоты. Он богат полноценным растительным белком и растительным жиром. Основным растворимым компонентом пищевых волокон является β -глюкан [1]. Бета-глюкан представляет собой водорастворимый полисахарид, который обладает свойством набухать, тем самым продлевая чувство насыщения и предотвращая скачки глюкозы в крови. Бета-глюканы способствуют уменьшению усвоения холестерина, получаемого с пищей, и снижают его уровень в крови. В толстом кишечнике β -глюканы метаболизируются микробиотой с образованием короткоцепочечных жирных кислот и других важных метаболитов. Кроме того, имеются исследования о том, что β -

глюкан является пребиотиком, стимулирующим рост некоторых полезных микроорганизмов [2].

Увеличению биологически активных веществ в зерне способствует прорастание. Именно во время прорастания росток обладает наибольшей пищевой ценностью. Пророщенные зерна овса содержат небольшое количество жиров, что позволяет применять их в диетологии. Продукт богат клетчаткой, которая не только очищает кишечник, а также выводит токсины из организма. Употребление проросших зерен значительно снижает нагрузку на пищеварительную систему организма, так как в организм поступают уже расщепленные простые вещества и дополнительные ферменты [3].

Для придания функциональных свойств продукту, в него добавляют пробиотические микроорганизмы, например, лактобактерии. В процессе метаболизма лактобактерий образуется молочная кислота, которая является важным антимикробным фактором, а также бактериоцины. Есть предположения, что выработка бактериоцинов происходит в те периоды, когда увеличивается конкуренция за питательные вещества. Лактобактерии играют важную роль при патологиях желудочно-кишечного тракта, так как, благодаря своей высокой способности к адгезии на слизистые оболочки, способствуют образованию поверхностного защитного биослоя. Было установлено, что некоторые виды лактобактерий снижают риск камнеобразования в почках, благодаря своей оксалатмодифицирующей активности [4].

Все это обуславливает повышенный интерес к использованию зерновых культур, в частности зерна овса и пробиотических микроорганизмов, для разработки функциональных продуктов питания.

Цель работы – оценить возможность культивирования лактобактерий на овсяном экстракте, полученном из пророщенного овса, для разработки, в дальнейшем, пробиотического овсяного напитка.

В исследовании использовали зерна овса, производитель: ООО «Алтайкруп.РФ» урожая 2022 г. Содержание сухих веществ определяли весовым методом [5]. Определение влажности проводили гравиметрическим методом. Содержание крахмала в зерне определяли спектрофотометрическим методом [6]. Рассчитывали концентрацию сахаров по калибровочной кривой, полученной с использованием глюкозы. Определение β -глюкана в зерне проводили методом, рекомендованным в работе [7]. Все измерения проводили не менее 3 повторов и выражали как среднее значение и стандартное отклонение ($m \pm SD$).

Для получения овсяного экстракта зерно промывали и дезинфицировали раствором перманганата калия, заливали водой и настаивали сутки с целью дальнейшей обработки зерна. Затем проводили проращивание для активации биохимических превращений в течение 25-30 часов при температуре 22 °С. Полученную массу вновь обрабатывали 2 % раствором перекиси, промывали, измельчали до состояния кашицы, добавляли фильтрованную воду, и проводили стерилизацию в автоклаве при температуре 121 °С в течение 20 мин. В полученный жидкий овсяный экстракт вносили препарат «Лактобактерин» (производитель: АО «НПО «Микроген»). Оценка степени адаптации молочнокислых микроорганизмов проводилась путем высева на плотную питательную среду (MRS). Посевы

инкубировали в анаэробных условиях при температуре 37 ± 1 °С в течение 72 ч. Отбор проб проводили через каждые 3 часа в течение 24 часов. Контролировали процесс посредством микроскопии.

В исходном зерне овса были определены физико-химические показатели (табл. 1). Влажность используемого зерна составила $10,28 \% \pm 0,06$, что соответствует нормативно технической документации. Физико-химические показатели овса приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели овса

Объект	Содержание сухих веществ	Содержание крахмала	Общее содержание сахаров	Содержание β -глюканов
Исходное зерно овса	$89,52 \% \pm 0,36$	$58,4 \% \pm 0,5$	$63,4 \text{ мг/мл} \pm 0,2$	$4,17 \% \pm 0,55$

Из результатов, представленных в таблице 1, видно, что концентрация сухих веществ в зерне имеет высокое значение и, соответственно, может угнетать рост микроорганизмов. Поэтому для составления питательной среды овсяный экстракт разбавляли. При прорастании зерна происходит ферментация углеводов и белков, вследствие чего улучшается доступ к питательным элементам. Крахмал распадается на более простые соединения, которые способствуют повышению сахара и увеличению содержания β -глюкана в ростках при проращивании. Эти компоненты необходимы для развития лактобактерий на подготовленной среде.

Далее проводили культивирование лактобактерий на полученном овсяном экстракте. В ходе культивирования определили фазы роста: лаг-фаза составляет 3 часа, далее наступает логарифмическая фаза и длится порядка 4 часов. Затем наступает слабо выраженная стационарная фаза и фаза отмирания. Максимальный титр клеток лактобактерий наблюдается на 12 часах культивирования. Число клеток лактобактерий за 12 часов культивирования увеличилось на 2 порядка. Определено, что для получения пробиотического напитка длительность сквашивания достаточно проводить 7 часов.

Таким образом, разработанный овсяный экстракт перспективно применять для получения пробиотического напитка функционального назначения.

Список литературы

1. Урбанчик Е. Н. Изучение возможности использования овса как основы для создания натуральных косметических средств / Е. Н. Урбанчик, М. Н. Галдова, А. Е. Шалюта // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник статей III Международной научно-практической конференции, Минск, 23-24 марта 2017 г. – Минск: БГАТУ. – 2017. – С. 191-192.

2. Попова Н. В. Исследование степени адаптации молочнокислых микроорганизмов в системе растительных напитков / Н. В. Попова [и др.]. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2020. – Т.8. – №1. – С. 66-73.

3. Шаршунов В. А. Комплексная оценка качества и интенсификации процесса проращивания овса голозерного белорусской селекции / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, А. И. Масальцева, М. Н. Галдова // Вестник белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №3. – С.144-148.

4. Асташкина А. П. Современные взгляды на биологическую роль бифидо- и лактобактерий / А. П. Асташкина // Вестник ВГУ, Серия: Химия, биология, фармация. 210. – №1. С. 133-139.

5. ГОСТ 31640-2012. Корма. Методы определения содержания сухого вещества. – введ. 2013-07-01. – М.: Стандартиформ, 2021.

6. Технология и оборудование для переработки растительного сырья / УГЛТУ; сост. Т. М. Панова, А. А. Щеголев. – Екатеринбург, 2010. – 17 с.

7. Попов В. С. Гравиметрический метод количественного определения растворимых β -глюканов в зерне овса / В. С. Попов, И. Н. Перчук, В. И. Хорева // Биотехнология и селекция растений. – 2021. № 4(1). – С. 5-12.

ОЦЕНКА СОСТАВА И СВОЙСТВ ГИДРОЛАТА

А. В. Жихрева, Ю. В. Куликова, С. А. Сухих

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,
г. Калининград, Россия
anastasiazhikhreva@gmail.com

Аннотация: В данном исследовании был получен гидролат мяты перечной, состав которого был идентифицирован с использованием методов ГХ-МС и ВЭЖХ. В результате полученных данных гидролат обладает определенной активностью, являясь продуктом с широкой областью применения.

Ключевые слова: *Mentha piperita*, гидролат, ВЭЖХ, ГХ-МС.

Гидролат (так же называемый гидрозоле́м) является побочным продуктом процесса дистилляции растительного сырья при получении эфирного масла. Во время этого процесса все жирорастворимые и легкоусвояемые растительные ингредиенты образуют концентрат в масле. Однако растения также содержат ряд водорастворимых компонентов, которые остаются в дистиллированной воде, образуя так называемые гидролаты. Хотя гидрозоли получают с помощью того же процесса, что и эфирные масла, их анализу посвящено ограниченное количество публикаций. Считается, что, как и в случае с эфирными маслами, состав гидрозолей, полученных из частей растений одного и того же вида, различается при сборе в разных странах, в разных географических точках страны, в разные сезоны или на разных стадиях роста растений, что, следовательно, изменяет их биологическую активность [1].

Известно, что гидролаты широко применяются в косметической промышленности. Но также интересно изучить возможность применения гидрозолей в медицине, в качестве компонентов биопленок в пищевой промышленности, как добавку в функциональное питание для животных и многие другие области применения. Поскольку для этих областей нет данных в литературе, изучение такой возможности применения также является актуальным для данного исследования.

Mentha piperita L. — травянистое растение, принадлежащее к семейству губоцветных, которое широко культивируется для получения эфирных масел. Помимо использования в парфюмерной области, мята перечная является очень ценным растением, используемым при приготовлении травяных составов, косметики, фармацевтических препаратов, а также в пищевой промышленности [2]. Это объясняется вкусовыми, ароматическими свойствами, а также одним из важных — наличие биологически активных веществ.

Мята перечная, широко применяемая с древних времен, в сушеном виде, как мятная вода, чистое эфирное масло, ментол и его производные. Научные исследования описывают использование *Mentha piperita* при лечении заболеваний органов дыхания, желудка и печени, болезней сердца и гипертонии, лихорадки,

противовирусных, противогрибковых и слизистых оболочек полости рта и воспалений горла. В частности, масло и ментол обладают антисептическими и спазмолитическими свойствами [3].

Целью данного исследования является определение компонентов в составе гидролата, полученного из мяты.

Гидролат получали с использованием экстрактора Сокслета. В экстрактор загружали 9 г сырья и 180 мл воды дистиллированной. Количество циклов - 10. Далее экстракт подвергался концентрированию путем лиофильной сушки.

У полученного гидролата исследовали химический состав методами ВЭЖХ и ГХ МС. Для анализа ВЭЖХ использовался полученный гидролат, который центрифугировали и фильтровали через шприцевый фильтр.

Результаты ВЭЖХ представлены в таблице 1. Полученные данные указывают на содержание фенольных соединений, которые сходятся с литературными данными. Присутствие ряда фенольных соединений могут отвечать за такие свойства, как антиоксидантные, осветляющие, вяжущий агент, противовоспалительные, противоатопические и другие.

Таблица 1

Результаты идентифицированных соединений методом ВЭЖХ

Сырье	Соединение	Время выхода, мин	Концентрация, мкг/мл
Мята перечная	3,4-дигидроксibenзойная к-та	5,8	4,8
	Галловая к-та	9,8	8
	Катехин	7,5	4,3
	Неохлорогеновая к-та	7,5	9
	Кафтаровая к-та	8,6	7
	Хлорогеновая к-та	10,4	13,1
	Кофейная к-та	10,6	54
	п-Кумаровая к-та	13,67	нпо
	Феруловая к-та	15,9	2,9
	Розмариновая к-та	28	450,5
	Розмариновая к-та	28,7	20,2
	производное Лютеолин-7-глюкозида	15,3	6
	производное Лютеолин-7-глюкозида	20,3	26,4
	Лютеолин-7-глюкозид	21,3	18,4

Для анализа методом ГХ МС гидролаты концентрировали путем лиофильной сушки. Полученный сухой остаток растворяли в гексане. Полученные результаты представлены в таблице 2. В результате анализа были идентифицированы соединения, относящиеся к терпеноидам. Наличие таких соединений от-

вечают не только за запах гидролата, но также и отвечают за конкретные свойства. Например, такие соединения могут обладать антимикробными, антисептическими, анестезирующими и антиоксидантными свойствами.

Таблица 2

Результаты идентифицированных соединений методом ГХ МС

Сырье	Соединение	Время выхода, мин
Мята перечная	(+)-Изоминтлактон	28,497
	2-метил-2-(3-метил-2-оксобутил)-1-Циклогексанон	33,337
	N-бутил-п-толуолсульфонамид	34,937
	β -левантенолид	38,765
	Изотерпинолен	25,744

Из полученных данных можно сделать вывод, что получаемый гидролат мяты перечной действительно может обладать рядом интересных свойств, такими как антиоксидантными, антибактериальными, антимикробными, осветляющими, антисептическими, противоаллергенными, которые могут применяться в различных областях, как было упомянуто ранее. Данный гидролат представляет большой интерес для дальнейшего исследования.

Список литературы

1. Kunc, N.; Frlan, A.; Baričević, D.; Kočevar Glavač, N.; Kokalj Ladan, M. Essential Oil and Hydrosol Composition of Immortelle (*Helichrysum italicum*). *Plants* 2022, 11, 2573.
2. Mahendran G, Rahman LU. Ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological updates on Peppermint (*Mentha × piperita* L.)-A review. *Phytother Res.* 2020 Sep; 34(9):2088-2139. doi: 10.1002/ptr.6664. Epub 2020 Mar 16. PMID: 32173933. .
3. Taglienti, A.; Donati, L.; Dragone, I.; Ferretti, L.; Gentili, A.; Araniti, F.; Sapienza, F.; Astolfi, R.; Fiorentino, S.; Vecchiarelli, V.; Papalini, C.; Ragno, R.; Bertin, S. In Vivo Antiphytoviral and Aphid Repellency Activity of Essential Oils and Hydrosols from *Mentha suaveolens* and *Foeniculum vulgare* to Control Zucchini Yellow Mosaic Virus and Its Vector *Aphis gossypii*. *Plants* 2023, 12, 1078.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПЕСОЧНОГО ПЕЧЕНЬЯ

Д. А. Орлов, Я. В. Малолеткова

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара, Россия
Yana.maloletkova@yandex.ru

Аннотация: В статье проанализированы исследования по добавлению в мучные кондитерские изделия альтернативного растительного сырья с целью повышения питательной ценности продукта. Также проведен эксперимент по добавлению в песочное печенье ячневой крупы и кукурузной муки.

Ключевые слова: функциональный продукт, мучные кондитерские изделия, альтернативное сырье.

DEVELOPMENT OF THE FORMULA FOR FUNCTIONAL SHORT COOKIES

D. A. Orlov, Ya. V. Maloletkova

Samara State Technical University, Samara, Russia

Annotation: The article analyzes studies on the addition of alternative vegetable raw materials to flour confectionery products in order to increase the nutritional value of the product. An experiment was also carried out to add barley grits and corn flour to shortbread cookies.

Keywords: functional product, flour confectionery, alternative raw materials.

В мировой индустрии питания отмечается все больший рост популярности продуктов, обогащенных питательными веществами. Это связано с тем, что при современном ритме жизни все сложнее полноценно питаться и получать из пищи необходимые организму витамины, макро- и микроэлементы.

Питание является одним из важнейших факторов, определяющим здоровье населения. Правильное питание обеспечивает нормальный рост и развитие детей, способствует профилактике заболеваний, продлению жизни, повышению работоспособности и создает условия для адекватной адаптации их к окружающей среде [1].

Мучные кондитерские изделия представляют наибольший интерес с позиции разработки функциональных продуктов, так как являются продуктами ежедневного спроса, формирующими базовый рацион всех категорий населения.

Многие ученые занимаются разработкой рецептур хлебопекарных изделий функционального назначения.

Исследователи Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I изучили возможность применения в рецептуре сдобного печенья «Взорванных зерен гречки» и отрубей пшеничных диетических.

Полученные образцы характеризуются повышенным содержанием белков, пищевых волокон, витаминов группы В, РР, кальция, фосфора. Это позволяет рекомендовать изделие для лечебно-профилактического питания [2]. Также проведены эксперименты по разработке рецептуры сдобного печенья с применением тритикалевой муки обдирной и муки из проростков нута [3].

В Высшей биотехнологической школе Самарского государственного технического университет так же проводятся исследования по разработке рецептур продуктов функционального назначения. Была изучена возможность использования муки сорго в рецептуре галет и кондитерских изделий [4,5].

Мы решили продолжить эксперименты по обогащению мучных кондитерских изделий. За основу была взята рецептура песочного полуфабриката [6].

Таблица 1

Рецептура песочного полуфабриката

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 100 г полуфабриката, г.	
		В натуре	В сухих веществах
Мука пшеничная ВС	88,50	51,54	44,06
Сахар песок	99,85	20,62	20,58
Масло сливочное	84,00	30,93	25,98
Меланж	27,00	7,22	1,94
Натрий двууглекислый	50,00	0,052	0,00
Аммоний углекислый	0,00	0,052	0,00
Эссенция	0,00	0,20	0,19
Соль	96,50	0,20	0,19
Итого	—	114,94	96,33
Выход	94,50	100,0	94,50

В качестве добавки альтернативного сырья мы использовали муку из ячневой крупы и кукурузную муку.

Ячневая крупа богата содержанием белков, с оптимально сбалансированным аминокислотным составом, большим содержанием клетчатки, а также витаминами и минеральными веществами. Но в ячневой крупе содержится достаточно много отрубистых частиц, что снижает показатель белизны при смеси муки из ячневой крупы с пшеничной мукой высшего сорта [7]. Поэтому в эксперименте мы использовали 10% данного сырья.

Кукурузная мука также богата микро и макроэлементами, такими как калий, кальций, железо, фосфор. Аминокислотный состав муки включает триптофан, лизин, валин, изолейцин [8]. Методом лабораторных выпечек было установлено, что оптимальное внесение кукурузной муки составляет 20%.

Таблица 2

Рецептура печенья

Наименование сырья	Количество, г
Мука пшеничная ВС	70
Кукурузная мука	20
Мука из ячневой крупы	10
Сливочное масло	50
Молоко	50
Сахар	50
Разрыхлитель	1

На основе проведенных экспериментов мы продолжаем разрабатывать и оптимизировать рецептуру песочного печенья с добавлением кукурузной муки и ячневой крупы. Опираясь на данные органолептического и физико-химических анализов подбираются оптимальные условия выпекания песочного печенья.

Список литературы

1. Тутельян, В.А. Государственная политика здорового питания населения: задачи и пути реализации на региональном уровне: руководство для врачей / В.А. Тутельян, Г.Г. Онищенко. - М., 2009.
2. Применение продуктов переработки гречихи в рецептурах печенья с улучшенным химическим составом / Т. Н. Тертычная, С. В. Калашникова, М. В. Аносова [и др.] // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2020. – № 2(15). – С. 75-82.
3. Натуральные биологически активные добавки в производстве сдобного печенья / Т. Н. Тертычная, И. В. Мажулина, Е. А. Горбунова, О. В. Синельникова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 127-137. – EDN YBVXKO.
4. Малолеткова, Я. В. Использование муки сорго в рецептуре галет / Я. В. Малолеткова, А. В. Зимичев // Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 28–30 апреля 2022 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2022. – С. 101-103.
5. Малолеткова, Я. В. Изучение возможности использования муки сорго в кондитерских изделиях / Я. В. Малолеткова, А. В. Зимичев // Пищевые инновации и биотехнологии : Сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 17 мая 2022 года / Под общей редакцией А.Ю. Просекова, Том 1. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. – С. 54-55.
6. Сборник рецептов мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий / Составитель : А. В. Павлов. – СПб. : ПРОФИКС, 2008. [Текст] [общественного питания – 296 с.
7. Темникова, О. Е. Использование ячневой крупы при производстве хлебобулочных изделий / О. Е. Темникова, Я. В. Шишкина // Хлебопродукты. – 2015. – № 12. – С. 57-59.
8. Химический состав российских пищевых продуктов : Справочник / Под редакцией член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. - М. : ДеЛи принт, 2002. - 236 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЕСОРОСТОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ

М. Е. Столбов, Р. К. Салихов, Л. Ю. Кошкина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
antonovme03@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрено создание приложения для расчета весоростового показателя на языке программирования Python. Применена библиотека *customTKinter*. Поэтапно расписано создание оконного приложения.

Ключевые слова. Весоростовой показатель, индекс массы тела, программа, библиотека *customTKinter*.

CREATING A SOFTWARE APPLICATION FOR CALCULATING THE WEIGHT RATE

M. E. Stolbov, R. K. Salikhov, L. Yu. Koshkina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract. We have considered the creation of an application for calculating body mass index in the Python programming language. Applied *customTKinter* library. The creation of a window application is gradually planned.

Keywords. Weight rate, body mass index, program, *customTKinter* library.

Весоростовой показатель (индекс массы тела) – величина, позволяющая оценить степень соответствия массы человека и его роста и тем самым косвенно судить о том, является ли масса недостаточной, нормальной или избыточной.

Существуют различные методики расчета. Наиболее простым доступным и достаточно объективным способом диагностики избыточной массы тела является измерение индекса массы тела (индекса Кетле), расчет которого осуществляется как отношение веса в килограммах к квадрату роста в метрах.

Индекс массы тела (индекс Кетле) = кг/м^2 .

Индекс массы тела равный 25,0—29,9 считается избыточной массой тела.

Индекс массы тела более 30,0 является ожирением.

Разработка оконного приложения для расчета весоростового показателя осуществлялась на языке программирования Python.

Для создания оконного приложения на Python необходимо использовать библиотеку, позволяющую создавать и редактировать GUI. На выбор существует множество библиотек, которые дают эту возможность, например, Tkinter, PyQt, Kivy, wxPython и т.д. [1-4].

Для старта рекомендуется начать с TKinter, поскольку данная библиотека предоставляет необходимую основу для работы с GUI. Выбран customTKinter в силу его более современного внешнего вида.

Начнем с установки библиотеки customTKinter. В настройках PyCharm выбирают вкладку project, открывают Python interpreter, в появившейся таблице вводят customtkinter, далее install package. Теперь библиотека установлена и с ней можно работать.

На первом этапе создается обычное пользовательское окно.

```
import tkinter
import customtkinter
customtkinter.set_appearance_mode("System") # установка режима
customtkinter.set_default_color_theme("blue") # выбор темы
app = customtkinter.CTk() # создает окно CTk, так же как и Tk window
app.geometry("400x240") # размеры окна в пикселях
#Интерфейс
app.mainloop() # создает непрерывный цикл для взаимодействия с программой
```

в реальном времени

Далее осуществляется работа по заполнению интерфейса окна.

Добавляется элемент «кнопка», привязывается к ней функция, например, всплывающее окно. Строчки кода приведены далее.

```
def calculate_bmi():
    tkinter.messagebox.showinfo(title="Дополнительное окно",message="button
pressed")
    button = customtkinter.CTkButton(master=app, text="CTkButton", command= calculate_bmi)
    button.place(relx=0.5, rely=0.5, anchor=tkinter.CENTER)
```

Далее следует изменение размера окна на (600x400), добавление два поля ввода для указания веса и роста пользователей. Для этого создается рамка, в которой эти элементы будут располагаться. Под каждое окно ввода создается своя рамка.

```
hgframe = ctk.CTkFrame(master=app, corner_radius=8) # создание рамки с определенными свойствами
hgframe.pack(padx=5, pady=33, anchor=tkinter.NW) # привязка к определенной точке в окне приложения
hg = ctk.CTkLabel(master=hgframe, text="Введите свой рост (в см)")
hg.grid(row=1, column=1) # расположение в рамке
hgentry = ctk.CTkEntry(master=hgframe, width=150, height=25) # добавление поля ввода в рамку
hgentry.grid(row=2, column=1) # укажем расположение поля ввода
```

Следующий шаг – добавление таблицы с возможными результатами, для этого создается и заполняется рамка (frame).

Далее добавляется окно, в котором будет отображаться результат, а также возвращается кнопка и присваивается для нее новая функция. Для того, чтобы приложение меняло цвет в таблице согласно результату и при каждом значении

стирала старое, в функцию кнопки добавляется каждое значение из таблицы. Функция кнопки будет выглядеть таким образом.

```
def calculate_bmi():
    kg = int(massentry.get())
    m = int(hgentry.get())/100
    bmi = kg/(m*m)
    bmi = round(bmi, 1)
    if (bmi > 0) and (bmi < 18.5):
        pokaz1 = ctk.CTkLabel(master=frame, text="Пониженный вес",
            fg_color="#2F4F4F", width=150)
        pokaz1.grid(row=2, column=1)
        index1 = ctk.CTkLabel(master=frame, text="Менее 18,5", fg_color="#2F4F4F",
            width=200)
        index1.grid(row=2, column=2)
        rez2 = ctk.CTkLabel(master=framerez, anchor=tkinter.W, text="Пониженный вес.
        Вам надо лучше питаться", width=550)
        rez2.grid(row=2, column=1)
    elif bmi >= 18.5 and bmi < 25:
        pokaz2 = ctk.CTkLabel(master=frame, text="Норма", fg_color="#2F4F4F",
            width=150)
        pokaz2.grid(row=3, column=1)
        index2 = ctk.CTkLabel(master=frame, text="18,5-24,9", fg_color="#2F4F4F",
            width=200)
        index2.grid(row=3, column=2)
        rez2 = ctk.CTkLabel(master=framerez, anchor=tkinter.W, text="Нормальная масса
        тела, нет оснований для беспокойства", width=550)
        rez2.grid(row=2, column=1)
    elif bmi >= 25 and bmi < 30:
        pokaz3 = ctk.CTkLabel(master=frame, text="Избыточный вес",
            fg_color="#2F4F4F", width=150)
        pokaz3.grid(row=4, column=1)
        index3 = ctk.CTkLabel(master=frame, text="25,0-29,9", fg_color="#2F4F4F",
            width=200)
        index3.grid(row=4, column=2)
        rez2 = ctk.CTkLabel(master=framerez, anchor=tkinter.W, text="Избыточный вес и
        риск развития атеросклероза, сахарного диабета и других заболеваний",
            width=550)
        rez2.grid(row=2, column=1)
    elif bmi >= 30 and bmi < 35:
        pokaz4 = ctk.CTkLabel(master=frame, text="I степень ожирения",
            fg_color="#2F4F4F", width=150)
        pokaz4.grid(row=5, column=1)
        index4 = ctk.CTkLabel(master=frame, text="30-34,9", fg_color="#2F4F4F",
            width=200)
        index4.grid(row=5, column=2)
```

```

rez2 = ctk.CTkLabel(master=framerez, anchor=tkinter.W, text="Выраженный избыточный вес (ожирение), увеличивается риск для здоровья", width=550)
rez2.grid(row=2, column=1)
elif bmi >= 35 and bmi < 40:
    pokaz5 = ctk.CTkLabel(master=frame, text="II степень ожирения",
fg_color="#2F4F4F", width=150)
    pokaz5.grid(row=6, column=1)
    index5 = ctk.CTkLabel(master=frame, text="35-39,9", fg_color="#2F4F4F",
width=200)
    index5.grid(row=6, column=2)
    rez2 = ctk.CTkLabel(master=framerez, anchor=tkinter.W, text="Выраженный избыточный вес (ожирение), увеличивается риск для здоровья", width=550)
    rez2.grid(row=2, column=1)
elif bmi >= 40:
    pokaz6 = ctk.CTkLabel(master=frame, text="III степень ожирения",
fg_color="#2F4F4F", width=150)
    pokaz6.grid(row=7, column=1)
    index6 = ctk.CTkLabel(master=frame, text="более 40", fg_color="#2F4F4F",
width=200)
    index6.grid(row=7, column=2)
    rez2 = ctk.CTkLabel(master=framerez, anchor=tkinter.W, text="Резко выраженный избыточный вес (сверхтучность). Риск для здоровья очень высокий.",
width=550)
    rez2.grid(row=2, column=1)
else:
    pass

```

Фрагмент программного кода для окна результата следующий.

```

framerez = ctk.CTkFrame(master=app, width=550, height=100)
framerez.place(relx=0.5, rely=0.9, anchor=tkinter.CENTER)
rez = ctk.CTkLabel(master=framerez, text="Ваш результат:", width=550, anchor=tkinter.W)
rez.grid(row=1, column=1)
rez2 = ctk.CTkLabel(master=framerez, anchor=tkinter.W, text="", width=590)
rez2.grid(row=2, column=1)

```

Есть возможность смены темы приложения. Для этого удаляется строка, где указывали «Режим» и добавляется сегментированная группа кнопок с вариантами режима приложения.

```

def segmented_button_callback(value):
    if segemented_button.get() == "Системная":
        ctk.set_appearance_mode("system")
    if segemented_button.get() == "Темная":
        ctk.set_appearance_mode("dark")
    if segemented_button.get() == "Светлая":
        ctk.set_appearance_mode("light")

```

```

themelabel = ctk.CTkFrame(master=app, corner_radius=8)
themelabel.pack(padx=0.5, pady=0.9, anchor=tkinter.NE)
segmented_button = ctk.CTkOptionMenu(master=themelabel, values=["Темная",
"Светлая", "Системная"],
                                command=segmented_button_callback)
segmented_button.grid(row=1, column=1)
segmented_button.set("Системная")

```

Результатом является оконное приложение для расчета весоростового показателя (рис. 1).

Показатель	Индекс массы тела (кг/м2)
Пониженный вес	Менее 18,5
Норма	18,5-24,9
Избыточный вес	25,0-29,9
I степень ожирения	30-34,9
II степень ожирения	35-39,9
III степень ожирения	более 40

Ваш результат:
Избыточный вес и риск развития атеросклероза, сахарного диабета и других заболеваний

Рис. 1. Окно приложения для расчета весоростового показателя

Преобразуем этот код в отдельное приложение формата (.exe). Для этого открываем cmd консоль с помощью комбинации win+R и пишем в графе открыть: cmd. Необходимо установить pyinstaller с помощью команды: `pip install pyinstaller`. Далее необходимо найти путь, по которому установлен customTKinter, для этого введем:

```
pip show customTKinter
```

Если система выдает ошибку, то устанавливаем также, как и pyinstaller. Теперь необходимо переместить файл с вашей программой в отдельную папку и перейти к ее расположению с помощью команды `cd «Расположение файла»`.

Поскольку был использован customTKinter, а не обычный tkinter, сохранить приложение в один файл не получится, так как используются файлы (*.json). Но если вы использовали tkinter, то достаточно ввести команду: `pyinstaller <Название программы.py> --onefile`. С версией customTKinter:

```
pyinstaller --noconfirm --onedir --windowed --add-data "<расположение customtkinter>/customtkinter;customtkinter/" "название программы.py"
```

Программа протестирована, ошибок, мешающих работе не выявлено. Созданное приложение может использоваться для быстрого расчета весоростового показателя, например, при медицинских, профилактических осмотрах.

Список источников

1. Любанович, Б. Простой Python. Современный стиль программирования / Б. Любанович. – 2-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2021. – 592 с.
2. Кольцов, Д. М. Справочник PYTHON. Кратко, быстро, под рукой / Д. М. Кольцов, Е. В. Дубовик. – Санкт-Петербург: Наука и техника, 2021. – 288 с.
3. Свейгарт, Эл. Большая книга проектов Python / Эл. Свейгарт. – Санкт-Петербург: Питер, 2022. – 432 с.
4. Титов А. Н. Python. Обработка данных : учебно-методическое пособие / А. Н. Титов, Р. Ф. Тазиева; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2022. – 104 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ЗАКВАСКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ

В. С. Трофимова, О. Е. Темникова

СамГТУ «Самарский государственный технический университет», г. Самара,
Россия

vichka.trofimova.99@bk.ru

Аннотация: рассмотрены перспективные направления расширения ассортимента хлебобулочных изделий за счёт введения в рецептуру нетрадиционного сырья, а именно псиллиума. Определено влияние псиллиума на физико-химические, органолептические и микробиологические показатели хлебобулочных изделий. Обосновано, что с помощью введения в рецептуру нетрадиционного сырья можно достичь следующий эффект: повысить пищевую ценность хлеба, улучшить его физико-химические и органолептические показатели, увеличить срок сохранения свежести, стабилизировать качество изделий при переработке муки с пониженными хлебопекарными свойствами, а так же расширить ассортимент хлебобулочных изделий и разработать виды хлеба с измененным химическим составом – лечебно-профилактической направленности изделия, обеспечить экономию основного и дополнительного сырья.

Ключевые слова: хлеб, нетрадиционное сырьё, псиллиум, лечебно-профилактическая направленность.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF BAKERY PRODUCTS ON SOURDOUGH WITH THE USE OF NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS

V. S. Trofimova, O. E. Temnikova

Samara State Technical University, Samara, Russia

vichka.trofimova.99@bk.ru

Abstract: promising directions of expanding the range of bakery products due to the introduction of non-traditional raw materials, namely psyllium, into the formulation are considered. The influence of psyllium on the physico-chemical, organoleptic and microbiological parameters of bakery products has been determined. It is proved that by introducing non-traditional raw materials into the formulation, the following effect can be achieved: increase the nutritional value of bread, improve its physico-chemical and organoleptic characteristics, increase the shelf life of freshness, stabilize the quality of products when processing flour with reduced baking properties, as well as expand the range of bakery products and develop types of bread with a modified chemical composition – therapeutic and preventive orientation of the product, to ensure the economy of the main and additional raw materials.

Keywords: bread, non-traditional raw materials, psyllium, therapeutic and preventive orientation.

Хлебобулочные изделия в России составляют основу рациона питания людей. В настоящее время наиболее используемым видом мучного сырья при производстве хлебобулочных изделий являются пшеничная мука высшего сорта. Данное сырье не содержит оболочек зерна, характеризуется высокой степенью очистки и белизной [1]. Применение такой муки позволяет получить хлебобулочные изделия высокого качества. Недостатком таких продуктов питания, однако, является отсутствие полезных соединений, малая питательная ценность. При чрезмерном употреблении хлебобулочных изделий, в состав которых входит пшеничная мука высшего сорта, у человека могут развиваться заболевания желудочно-кишечного тракта [2].

Псиллиум – натуральная добавка для поддержания здорового пищеварения. Его получают из измельченной шелухи семян подорожника овального (*Plantago ovato*). Это родственник того подорожника, который растет в России и заживляет раны. Он считается более «благородным» и добывается в Индии, в штате Гуджарат [3].

Считается, что он помогает очистить организм от токсичных отходов, которые прилипают к стенкам кишечника. Все благодаря клетчатке – шелуха семян индийского подорожника на 80 % состоит из этого вещества. При этом в ней практически нет усваиваемых углеводов и жиров.

Растворимая клетчатка, которой богат псиллиум, важна для здоровья кишечника. Она поглощает воду и превращается в киселеобразную массу. Вещество, похожее на гель, мягко обволакивает стенки желудка и кишечника, замедляет пищеварение и оказывает детокс-эффект. В результате снижается всасывание сахара, жиров и холестерина, а также уровень триглицеридов в крови, избыток которых негативно влияет на сердце и сосуды. Кроме того, псиллиум действует как пребиотик, стимулируя развитие полезной микрофлоры.

Действие псиллиума рассмотрено во множестве научных исследований. Так, исследователь Пьяных Ольга Павловна, в своей работе указывает, что «пищевые волокна оказывают гипогликемическое и гипохолестеринемическое действие» [4].

Регулярный прием псиллиума нормализует работу пищеварительной системы, помогает контролировать вес и общее состояние организма. Поэтому эту добавку часто используют в программах для похудения, а также советуют тем, кто хочет улучшить работу ЖКТ [5].

Псиллиум может быть не только биодобавкой, но составной частью разных блюд. Его ценят за отсутствие собственного яркого вкуса и способность придавать продуктам вязкость и клейкость.

Псиллиум является ключевым ингредиентом низкоуглеводной и безглютеновой выпечки. Благодаря своим уникальным абсорбирующим свойствам шелуха превращается при добавлении жидкости в клейкую желеобразную массу, скрепляющую тесто и делающую его эластичным. Псиллиум можно также добавлять и в традиционную выпечку для придания ей большей воздушности, повышения в ней содержания клетчатки и снижения калорийности.

Целью данной работы является разработка хлеба на закваске с повышенной пищевой и биологической ценностью с добавлением нетрадиционного сырья.

Данные исследования были проведены на базе кафедры «Технология пищевых производств и биотехнология» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

При создании функционального хлеба за основу были взята рецептура ржано-пшеничного хлеба на ржаной закваске. В состав данной рецептуры входила жидкая закваска. Рецептура приведена в табл. 1.

Таблица 1

Рецептура ржано-пшеничного хлеба

Компонент	Масса компонента по рецептуре, г
Мука пшеничная в.с.	75
Мука ржаная обдирная	57
Дрожжи прессованные	1,5
Вода	120
Закваска	105
Соль	2,2

Образцы хлеба, полученные в результате лабораторной выпечки, были исследованы. Определены органолептические и физико-химические показатели качества в соответствии с ГОСТами [6,7,8].

Органолептические и физико-химические показатели качества представлены в табл. 2 и 3, где образец 1 – ржано-пшеничный хлеб с добавлением псиллиума (30 % от массы муки в тесте), образец 2 – ржано-пшеничный хлеб без добавления псиллиума.

Таблица 2

Органолептические и физико-химические показатели качества хлебобулочного изделия

Наименование показателей	Данные анализов по примерам	
	Образец 1	Образец 2
Органолептические показатели		
Внешний вид: форма поверхность	Правильная, соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка	
	Гладкая, без трещин и подрывов	Шероховатая, без подрывов и трещин
Цвет	Светло-коричневый	
Состояние мякиша	Эластичный, с равномерной пористостью	Эластичный, с равномерной пористостью и с включениями мелких частиц псиллиума
Вкус и запах	Свойственные данным хлебобулочным изделиям, без посторонних	
Физико-химические показатели		
Кислотность, град	4,2	4,6
Удельный объем хлеба, см ³ /100 г	264	337
Пористость хлеба, %	60	65
Срок сохранения свежести упакованного изделия, ч	72	84

Была рассчитана пищевая ценность полученных образцов хлебобулочных изделий в соответствии со справочником Скурихина [9], которая приведена в табл. 3.

Таблица 3

Пищевая ценность хлебобулочного изделия

Наименование показателей	Значение показателей для изделий, приготовленных по примерам	
	Образец 1	Образец 2
Белок, г	6,00	6,20
Жир, г	0,80	0,94
Углеводы, г	41,30	36,1
Пищевые волокна, г	2,6	3,4
Минеральные вещества, мг:		
кальций	18,90	28,8
железо	1,3	1,7
Биологическая ценность, %	69,61	74,22
Энергетическая ценность, кДж	828,40	767,80

Данные расчета показывают, что при внесении при замесе теста с добавлением псиллиума в количестве 10 кг на 100 кг муки содержание в хлебе пищевых волокон и кальция увеличивается на 31,0-52,0 %, железа – на 31,0 %, энергетическая ценность уменьшается на 7,3 %, биологическая ценность повышается на 6,6 %.

Если количество псиллиума взять более 30 % на 100 кг муки повышается пищевая ценность изделий, наблюдается ухудшение их физико-химических показателей качества.

Предложенный способ производства хлеба повышенной пищевой ценности позволяет:

- повысить качество хлеба,
- повысить пищевую и биологическую ценность,
- снизить энергетическую ценность,
- повысить содержание пищевых волокон в изделиях,
- повысить профилактическую направленность и лечебный эффект,
- увеличить выход хлеба,
- увеличить срок сохранения свежести,
- снизить себестоимость продукции.

Дальнейшие исследования будут направлены на усовершенствование рецептуры с целью получения функционального хлеба высокого качества.

Список литературы

1. Бобренева И.В. Функциональные продукты питания: учебное пособие. СПб.: ИЦ Интермедия, 2012, – 180 с.
2. Теплов В.И., Белецкая Н.М., Догаева Л.А. Функциональные продукты питания: учебное пособие. М.: А-Приор, 2008, – 240 с.

3. Бобренева И.В. Подходы к созданию функциональных продуктов питания: монография. СПб.: ИЦ Интермедия, 2012, – 465 с.
4. Брыксина К.В. Расширение ассортимента хлебобулочных изделий с функциональной направленностью // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. – №4. – С. 65-69.
5. Пьяных О. П. Роль псиллиума в лечении метаболического синдрома // Эндокринология: Новости. Мнения. Обучение. – 2020. – Т9, №1. – с. 87-91.
6. ГОСТ 5669-96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости». М.: Издательство стандартов, 2006. – 3 с.
7. ГОСТ 5670-96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности». М.: Издательство стандартов, 2006. – 5 с.
8. ГОСТ 21094-75 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности». М.: Издательство стандартов, 2002. – 6 с.
9. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских продуктов питания. М.: ДеЛи Принт, 2002. – 236 с.

РАЗРАБОТКА ШОКОЛАДА, ОБОГАЩЕННОГО ЭКСТРАКТОМ ГАРЦИИ КАМБОДЖИЙСКОЙ

А. А. Хумышева, Г. А. Бобожонова

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова»,
г. Москва, Россия,
ann141973@gmail.com

Аннотация: В современном мире на качество здоровья людей влияют множество факторов, которые оказывают положительное или отрицательное воздействие. Уменьшает продолжительность жизни человека ожирение или избыточная масса тела. Среди растительных добавок, введение которых в рацион питания помогает сократить лишний вес у людей, особого внимания заслуживают плоды гарции камбоджийской, содержащие гидроксимионную кислоту. Цель работы - разработка рецептуры горького шоколада с добавлением экстракта гарции камбоджийской для достижения адекватного и допустимого уровней суточного потребления гидроксимионной кислоты.

Ключевые слова: шоколад, экстракт гарции камбоджийской, избыточная масса тела, гидроксимионная кислота

DEVELOPMENT OF CHOCOLATE ENRICHED WITH GARCINIA CAMBOGIA EXTRACT

A. A. Humysheva, G. A. Bobozhonova

Russian Economic University. G.V. Plekhanov, Moscow, Russia,

Abstract: In today's world, the quality of people's health is influenced by many factors that have a positive or negative impact. So, reduces the life expectancy of a person obesity or overweight. Among herbal supplements, the introduction of which into the diet helps to reduce excess weight in people, the fruits of garcinia cambogia, containing hydroxycitric acid, deserve special attention. The aim of the work is to develop a recipe for bitter chocolate with the addition of garcinia cambogia extract to achieve acceptable and adequate levels of daily consumption of hydroxyl citric acid.

Keywords: chocolate, garcinia cambogia extract, overweight, hydroxycitric acid.

Ожирение остается главной проблемой современного здравоохранения из-за его распространения. Согласно данным ВОЗ, в России в 2022 больше 65% людей имели избыточный вес или ожирение. Избыточный вес и ожирение являются причиной развития многих заболеваний, таких как сахарный диабет, сердечно-сосудистые заболевания, депрессия, некоторые виды рака и другие. Кроме того, негативный аспект ожирения связан с увеличением затрат на здравоохранение и снижением продолжительности жизни. Проблема избыточного веса и ожирения требует комплексного подхода, включающего изменение образа жизни, правильное питание и физическую активность. Необходимо осознанное питание, отказ

от быстрого питания и газированных напитков, увеличение потребления фруктов и овощей. Физическая активность также важна для контроля веса и улучшения здоровья. Таким образом, борьба с проблемой избыточного веса и ожирения требует совместных усилий общества в целом и каждого человека в отдельности [1].

В связи с вышеизложенным для решения глобальной проблемы, обусловливающей повышение массы тела человека, необходимо осуществлять поиск компонентов, ингибирующих липогенез в организме. В качестве способа нормализации массы тела чаще применяется диетотерапия, преимуществом которого является наличие в рационе здоровых продуктов.

К перспективному сырьевому источнику относится экстракт гарцинии камбоджийской, в котором присутствует гидроксимилимонная кислота, участвующая в метаболизме липидов и углеводов в организме человека.

Проведены исследования на лабораторных животных и установлено, что экстракт гарцинии камбоджийской способствует подавлению аппетита [2]. В работе [3] подтверждаются свойства гарцинии камбоджийской по снижению массы тела. Установлено, что вещества, содержащиеся в экстракте гарцинии камбоджийской влияют на уровень серотонина, который способен усиливать перистальтику желудочно-кишечного тракта и его секреторную активность, что приводит к снижению потребляемой пищи [4].

Во многих исследованиях, которые приведены в литературе, показаны примеры практического применения экстракта гарцинии в составе пищевых продуктов и биологически активных добавок [5]. В Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (утв. решением комиссии ТС от 28.05.2010 г № 299) внесены нормы потребления гидроксимилимонной кислоты, которые составляют 100 – 300 мг в сутки [6].

К первостепенным причинам набора лишнего веса относят злоупотребление простыми углеводами. Существенный вклад в указанную проблему вносят кондитерские изделия. Данные изделия относятся к одному из основных источников питания самых разных слоев населения, в результате чего становится актуальным производство такой продукции, обладающей лечебно-профилактическими свойствами. Данные полезные свойства в свою очередь являются важным резервом по увеличению здоровья населения. Использование в рецептуре кондитерских изделий экстракта плодов гарцинии камбоджийской может увеличить ассортиментную матрицу продуктов питания, актуальность производства которых обусловлена увеличивающимся спросом у потребителей, желающих снизить свой вес.

Цель исследования - разработка шоколада с использованием экстракта гарцинии камбоджийской для достижения адекватного и допустимого уровней суточного потребления гидроксимилимонной кислоты.

Объектом исследования являлись экспериментальные образцы горького шоколада, обогащенные экстрактом гарцинии и контрольный образец, изготовленный по рецептуре и технологии классического горького шоколада.

В исследовании применяли экстракт плодов гарцинии камбоджийской, содержание гидроксимионной кислоты 60,56%, порошок светло-бежевого цвета. Использован экстракт в количестве 0,15 мг и 0,3 мг на 100 г продукта.

Определяли влияние экстракта плодов гарцинии камбоджийской на физико-химические и технологические свойства шоколадных масс.

Массовую долю влаги определяли методом высушивания по ГОСТ 5900-2014; вязкость определяли на вискозиметре «Brookfield ametek». Активность воды (A_w) находили как отношение парциального давления водяного пара над поверхностью продукта к давлению насыщенного водяного пара при той же температуре. Активность воды (A_w) измеряли на приборе «АКВАЛАБ».

В результате исследования физико-химических характеристик шоколадных масс, полученных в лабораторных условиях, выявлено, что массовая доля влаги соответствует норме

не превышая 2%. В данных, представленных в таблице 1, обнаружено увеличение показателя вязкости при повышении концентрации экстракта гарцинии в шоколадной массе.

Таблица 1

**Влияние экстракта плодов гарцинии камбоджийской
на физико-химические и технологические свойства шоколадных масс**

Наименование показателей	Контрольный образец	Экспериментальные образцы, обогащенные экстрактом, мг на 100 г	
		0,15	0,3
Влажность, %	0,4	0,3	0,2
Активность воды, A_w	0,219	0,207	0,192
Пластическая вязкость, сР	37,68	53,44	55,68

По показателю A_w экспериментальные образцы обладают низкой $A_w < 0,6$. С увеличением A_w растёт вероятность роста жизнедеятельности разных микроорганизмов. В продуктах питания с пониженной активностью воды процессы жизнедеятельности организмов отсутствуют. В данных изделиях сохраняются их качества продолжительное время, в результате этого наблюдения можно сделать вывод, что реально увеличить срок хранения обогащенного шоколада.

Расчетным методом установлено, что в шоколаде с добавлением экстракта плодов гарцинии камбоджийской в количестве 0,15 мг на 100 г содержание гидроксимионной кислоты составляет 90 мг, 0,30 мг на 100 г – 180 мг.

Рекомендуемый уровень потребления гидроксимионной кислоты в соответствии с [6] составляет от 100 мг/сут (адекватный уровень потребления) до 300 мг/сут (допустимый уровень потребления), следовательно введение экстракта плодов гарцинии камбоджийской в рецептурный состав шоколада в количестве 0,3 мг обеспечивает поступление в организм действующего активного вещества – гидроксимионной кислоты в адекватном уровне при употреблении шоколада в количестве 100 г.

Многие биологически активные вещества подвержены разложению при термической обработке. Вследствие этого факта в обогащенном экстрактом гарцинии шоколаде исследована сохранность гидроксимионной кислоты. Содержание гидроксимионной кислоты определяли на жидкостном хроматографе «Agilent 1100» с детектором «VWD» методом определяли методом ВЭЖХ, установлена сохранность гидроксимионной кислоты (96%) (рис. 1).

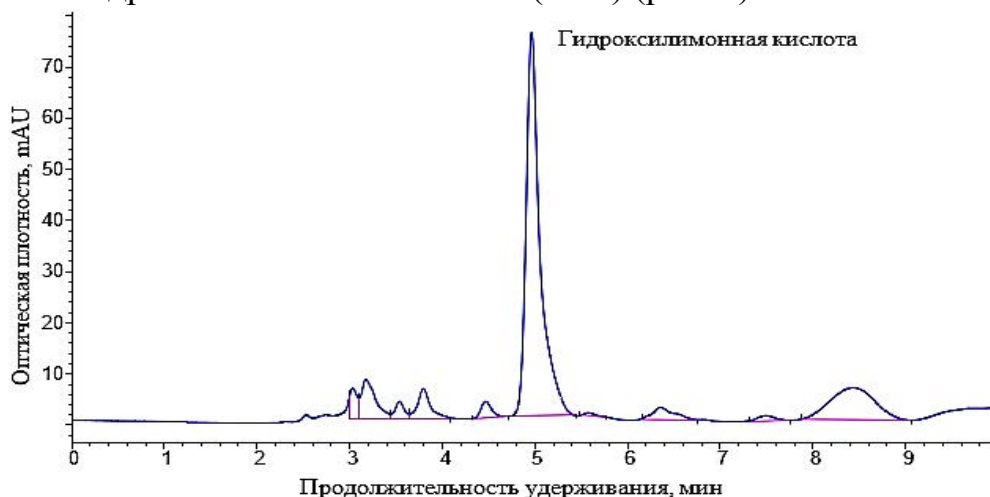


Рис. 1. Содержание гидроксимионной кислоты в шоколаде, содержащем экстракт плодов гарцинии камбоджийской

Таким образом, разработан шоколад, обогащенный биологически активным компонентом экстракта гарцинии камбоджийской – гидроксимионной кислотой, что может увеличить ассортиментную матрицу здоровых продуктов, которые помогают уменьшить массу тела.

Список литературы

1. Драпкина О.М., Самородская И.В., Старинская М.А., Ким О.Т., Неймарк А.Е. Ожирение: оценка и тактика ведения пациентов. Коллективная монография. М.: ФГБУ «НМИЦ ТПМ» Минздрава России; ООО «Силиция-Полиграф». 2021. -174 с.
2. Yimam M. Evaluation of natural product compositions for appetite suppression / Mesfin Yimam, Ping Jiao, Mei Hong, Lidia Brownell, Young-Chul Lee, Eu-Jin Hyun, Hyun-Jin Kim, Tae-Woo Kim, Jeong-Bum Nam, Mi-Ran Kim & Qi Jia // Journal of dietary supplements. - 2019. - №16 (1). - P. 86-104.
3. Tharachand C. Comparative evaluation of anthelmintic and antibacterial activities in leaves and fruits of garcinia cambogia (gaertn.) desr. and garcinia indica (dupetit-thouars) choisy / C. Tharachand, C. Immanuel Selvaraj, Z. Abraham // Braz. Arch. Biol. Technol. - 2015. - Vol.58. - №3. - P. 379-386.
4. Балуюн Х.А. Разработка технологий экструзионных и хлебобулочных изделий с применением экстракта гарцинии камбоджийской: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Балуюн Хачатур Александрович. – Москва, 2017. – 160 с.
5. Semwal, R.B. A comprehensive scientific overview of Garcinia cambogia / R.B. Semwal, D.K. Semwal, I. Vermaak, A. Viljoen // Fitoterapia. - 2015. – V. 102. – P. 134-148.
6. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю): утверждены решением Комиссии таможенного союза от 28.05.2010 года №299. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. - 707 с.

ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИКОВ НА ЖКТ ДАНИО РЕРИО (*DANIO RERIO*)

Е. В. Шаля, М. М. Серeda

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
г. Ростов-на-Дону, Россия
shalyaeg.16@gmail.com

Аннотация: Исследование посвящено лечению заболеваний желудочно-кишечного тракта рыб на примере Данио рерио (*Danio rerio*) с помощью пробиотиков. Определение влияния пробиотиков производили на дочери от матери при создании запора.

Ключевые слова: пробиотики, данио рерио, желудочно-кишечный тракт, флуоресцентный краситель, запор.

EFFECT OF PROBIOTICS ON THE GIT OF ZIBRAFISH (*DANIO RERIO*)

E. V. Shalya, M. M. Sereda

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract: The study is devoted to the treatment of diseases of the gastrointestinal tract of fish on the example of *Danio rerio* using probiotics. Determination of the effect of probiotics was performed on the daughter from the mother when creating constipation.

Keywords: probiotics, zebrafish, gastrointestinal tract, fluorescent dye, constipation.

Питание любого существа напрямую влияет на его здоровье. От влияния еды зависит все вплоть до самой жизни. При неправильном питании можно получить отравление. При употреблении пищи нарушающую пищеварение, могут образоваться симптомы: вздутие живота, нерегулярное испражнение и чрезмерное газообразование.

Необходимо проводить оценку кормов прежде, чем выпускать в продажи [1]. Собственно оценка кормов на пробиотический состав и его качество следует проверять на данио рерио. Т. к. у мальков этих рыб прозрачное тело.

Объектом исследования были несколько образцов рыб данио рерио. Данио рерио – это рыбы семейства карповых, которые относятся к наиболее узнаваемым и очень популярным аквариумным видам рыб.

Из способов определения пригодности пробиотиков существует два метода. Определение по рецептуре, нужный пробиотик выписывается в нужной концентрации. Тестирование одно из не менее важных деталей способа определения пригодности.

В нашем эксперименте тест объектом были рыбы данио рерио (*Danio rerio*). Чтобы понять токсичность их влияния на живых существ и понять может ли привести они к гибели.

Рыбы данио широко используются для экспериментов нейробиологических также является хорошим тест объектом для фармакологических исследований. Данный вид выбран из-за его хорошей пропускной способности [2].

Из оборудования мы использовали аквариумы 10 шт 75,5х33х39,5–100 л (рис 1,2); 50 Вт аквариумный светодиодный светильник, светильник для аквариума, полный спектр, подвесной светильник с регулируемой яркостью 10 шт; фильтр внутренний, т.е. помпа аквариумная + фильтр 10 шт; фильтр обратного осмоса; стойки-стеллажи, уголок стальной. стеллаж на два-три аквариума, верх- низ 4 шт; нагреватель, 100 л 10 шт; электрическая развязка; шланги для обслуживания; ведра; термометры; рыбы данио 20 шт.

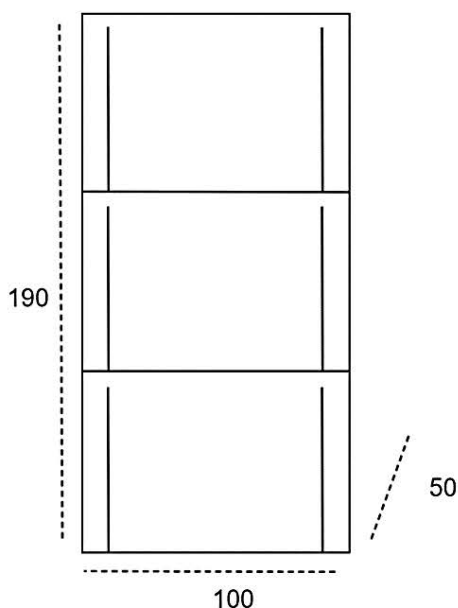


Рис. 1. Схематичное изображение стеллажа с 3 аквариумами



Рис. 2. Фото установки аквариума

Пробиотики: *Bacillus subtilis*; *Bifidobacterium animals*; *Bacillus coagulans*; *Lactobacillus acidophilus*; *Enterococcus faecium*; *Saccharomyces cerevisiae*; *Kluyveromyces marxianus*; *Bifidobacterium lactis*; *Bacillus spp*; *Saccharomyces cerevisiae*.

Раствор для фиксации клеток ткани с концентрацией 4%. Набор для мечення клеток CM-DiI FastKing RT Kit компании Fisher. Набор липазы (LPS).

Для анализа поведения рыб была задействована установка исследования кормления гидробионтов [3], разработанная на кафедре ТСА ДГТУ, позволяющая анализировать сосояние гидробионтов в зависимости от различных факторов.

После сбора пробиотиков флуоресцентным красителем метили путем инкубации 10 мкг/мл CM-DiI (хлорметилбензамидные производные 1,1'-диоктадецил-3,3,3',3'-тетраметилиндокарбоцианина перхлората, Molecular Probes, Eugene, OR), содержащие 0,5% Диметилсульфоксид (DMSO) в сульфите свинца (PBS) при 37°C в течение 20 мин. После трехкратной промывки в PBS меченые личинки данио обрабатывали пробиотиками для определения времени их удер-

жания в кишечном тракте и для его влияния на перистальтику кишечника и функции пищеварения. Краситель передающийся от матери к дочери в бактерии был хорошо виден в кишечном тракте рыбок данио [4].

Мечение пробиотиков флуоресцентным красителем

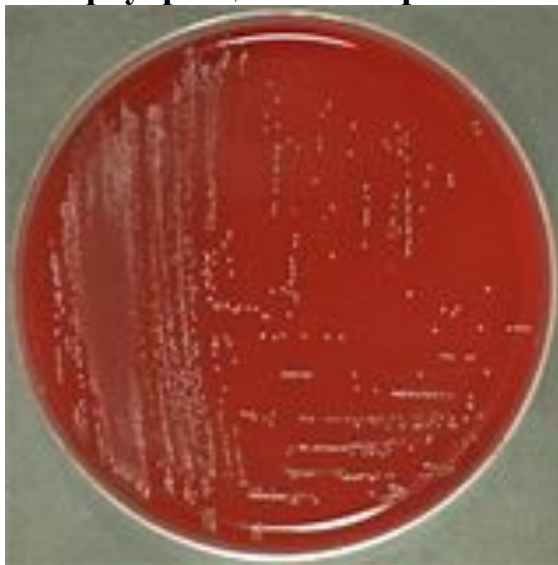


Рис. 3. Культура *Enterococcus faecium*

Оценка терапевтического воздействия пробиотиков на запор личинок рыбок данио

Личинки рыб данио штамма В через 5 дней после оплодотворения были распределены в аквариумы, всего 200 рыбок данио. Модель запора у рыбок данио была создана путем лечения с 1 мкг/мл сульфата алюминия при 28°C в течение 6 часов и 50 нг/мл нильского красного (кишечный хромогенный агент), который добавляли в лечебный раствор в течение последних 3 часов. После удаления сульфат алюминия и нильский красный, рыбок данио непрерывно обрабатывали пробиотиками при концентрации $2,42 \cdot 10^6$, $2,42 \cdot 10^7$ и $2,42 \cdot 10^8$ КОЕ/мл соответственно в течение 24 часов. В качестве положительного контроля использовали мотилиум. Рыбки данио, обработанные сульфатом алюминия и красным нилом служили только в качестве контроля модели. Рыбок данио без какой-либо обработки использовали в качестве отрицательного контроля. По окончании лечения рыбок данио визуализировали под флуоресцентным прибором. Терапевтические эффекты пробиотиков влияющие на запор личинок рыбок данио определяли на основе флуоресцентного анализа кишечника и количественных анализов.

Вывод

На данном этапе исследования мы работаем с пробиотиками, которые могут вылечить животных от таких заболеваний как гастрит и прочие желудочные заболевания. А также улучшать иммунитет пациента. Если данные вещества добавлять в корма животных ожидается уменьшение их смертности или постепенное преобразование больного стада в здоровое.

Список литературы

1. Tkacheva, I., Neidorf, A., Kokhanov, Y., Pavlikov, A. (2023). Research of the Possibility of Improving the Aquatic Environment with Probiotics in the Keeping of Golden Malawi Cichlid (*Melanochromis Auratus*). In: Beskopylny, A., Shamtsyan, M., Artiukh, V. (eds) XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022". INTERAGROMASH 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 574. pp 3228–3238, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_357
2. Kazama JJ. Oral phosphate binders: history and prospects. Bone. 2009; 45 Suppl 1: S8–12. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2009.01.005> PMID: 19442621.
3. Коханов, Ю. Б. Разработка установки исследования кормления гидробионтов / Ю. Б. Коханов, А. Д. Лукьянов, Н. А. Абросимова // Актуальные проблемы науки и техники. 2020 : Материалы национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 25–27 марта 2020 года / Отв. редактор Н.А. Шевченко. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2020. – С. 347-348. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15532.74883> – EDN MZSXJL.
4. Zhou J, Guo SY, Zhang Y, Li CQ. Human prokinetic drugs promote gastrointestinal motility in zebrafish. Neurogastroenterol Motil. 2014; 26(4): 589–595. <https://doi.org/10.1111/nmo.12306> PMID: 24533865.

Секция 6

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ

ПИТАНИЯ ЖИВОТНОГО

ПРОИСХОЖДЕНИЯ

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ НА УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА СОСИСОК С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ФОСФАТОВ

М. В. Бутусов, В. М. Гематдинова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
mbutus@yandex.ru

Аннотация: В работе изучалось влияние обработки под высоким давлением на колбасные изделия, которое впоследствии использовалось для получения трех рецептур колбасных изделий с пониженным содержанием фосфатов и сравнивалось с контрольными (традиционными) рецептурами колбасных изделий. Результаты показали, что обработка под высоким давлением привела к значительным интерактивным положительным изменениям влагоудерживающей способности, потерь при приготовлении, показателей стабильности эмульсии. Значения текстуры, цвета, цвета и стабильности эмульсии для рецептур колбасных изделий не показали значительного интерактивного воздействия. Общее сравнение рецептур обработанных колбас с контрольными рецептурами с мясом, не обработанным высоким давлением, показало, что эта обработка улучшает общие показатели качества колбасы, где рецептура колбасы с использованием мяса, обработанного давлением считалась оптимальной рецептурой колбасы. В заключение, существует потенциал для производства сосисок с пониженным содержанием фосфатов с использованием новых технологий обработки.

Ключевые слова: обработка под высоким давлением, фосфаты, органолептические свойства.

THE EFFECT OF HIGH-PRESSURE PROCESSING ON IMPROVING THE QUALITY OF SAUSAGES WITH A REDUCED PHOSPHATE CONTENT

M. V. Butusov, V. M. Gematdinova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: In this work, the effect of high-pressure processing on sausage products was studied, which was subsequently used to obtain three recipes of sausage products with a reduced phosphate content and compared with control (traditional) recipes of sausage products. The results showed that high-pressure treatment led to significant interactive positive changes in moisture retention capacity, losses during preparation, and stability indicators of the emulsion. The values of texture, color, color and stability of the emulsion for sausage recipes did not show a significant interactive effect. A general comparison of the recipes of processed sausages with control recipes with meat not treated with high pressure showed that this treatment improves the overall quality of sausage,

where the sausage recipe using meat treated with pressure was considered the optimal sausage recipe. In conclusion, there is a potential for the production of sausages with a reduced phosphate content using new processing technologies.

Keywords: *high pressure treatment, phosphates, organoleptic properties.*

В последние годы мировая пищевая промышленность претерпела огромные изменения в отношении подходов, используемых при обработке пищевых продуктов, для удовлетворения постоянно меняющихся требований потребителей. Следует особо отметить, что осознание потребителями связи между питанием и здоровьем привело к быстрому росту потребительского спроса на натуральные, высококачественные, питательные и полезные продукты питания, не содержащие консервантов или добавок, и всё доставляется устойчиво. Мясная промышленность является одним из основных секторов пищевой промышленности и сильно пострадала от этого потребительского спроса

На протяжении веков потребление мяса и мясопродуктов было частью эволюции человека. Однако в последние годы и из-за растущих потребительских тенденций, описанных выше, преобладают опасения по поводу здоровья, связанные с общим потреблением мясных продуктов [1]. Потребление традиционных мясных продуктов способствует более высокому потреблению жира, соли и синтетических добавок, в первую очередь фосфатов, что приводит к различным сопутствующим проблемам со здоровьем, таким как высокое кровяное давление, сердечно-сосудистые и сердечные заболевания. Более высокое потребление привело к сокращению и / или замене различных добавок, добавляемых в колбасу для завтрака мясной промышленностью. Снижение содержания фосфатов в колбасных изделиях является одной из таких проблем, с которыми в настоящее время сталкивается мясная промышленность, управляемая потребителями. Фосфаты представляют собой синтетические добавки, обычно добавляемые к обработанному мясу, для связывания добавленных молекул воды, повышения pH, стабилизации мясных эмульсий, уменьшения прогорклости при окислении, улучшения сочности, нежности, внешнего вида, твердости и сохранения вкуса продукт. Более высокое потребление фосфатов может вызвать гиперфосфатемию (повышенное накопление фосфатов в крови) у людей с хроническими заболеваниями почек, тем самым увеличивая уровень смертности до 40%, а также может снизить всасывание кальция в костях у здоровых людей [2]. Это указывает на важность удаления или контроля фосфатов из колбасных изделий в интересах населения в целом, но особенно для групп населения, на которые влияет присутствие фосфатов в рационе. Однако изменение или удаление фосфата из обработанных мясных продуктов является серьезной проблемой для мясной промышленности из-за критической роли, которую фосфаты играют в переработке мяса. Попытка удалить фосфаты без ущерба для пищевых качеств обработанных мясных продуктов является сложной и очень легко обнаруживается потребителями [3]. Этому изменению качества можно противостоять путем введения натуральных функциональных пищевых ингредиентов в качестве альтернатив фосфатам или с помощью передовых новых технологий нетермической обработки

пищевых продуктов, таких как; обработка под высоким давлением. Данный подход открывает ряд возможностей, которые можно использовать для замены, снижения или контроля уровня фосфатов в соответствующих мясных системах и продуктах.

В этом исследовании мы изучили возможности дальнейшего улучшения качества рецептур колбас с использованием обработки под высоким давлением.

Обработка под высоким давлением - это процесс равномерного нанесения высокого гидростатического давления (100-800 МПа) на поверхности упакованных жидких или твердых пищевых продуктов в течение от миллисекунд до нескольких минут при охлаждении или умеренных температурах ($<45^{\circ}\text{C}$) с использованием жидкой среды для передачи давления. Применение данной обработки изменяет структуру пищи, денатурирует белки и инактивирует микроорганизмы и ферменты. Эти структурные изменения способствуют увеличению скорости массообмена, проницаемости для растворителей и вторичной диффузии метаболитов в пищу. За последние два десятилетия обработка под высоким давлением превратилась в быстро развивающуюся экологически чистую технологию нетермической обработки пищевых продуктов, которая обеспечивает достаточные преимущества безопасности и качества мяса и мясопродуктов. Это можно использовать для производства мясных продуктов с минимальной обработкой и без добавок [4]. Например, исследование по разработке колбасных изделий с низким содержанием соли, устойчивых к хранению, с использованием методологического подхода показало, что значительное снижение содержания соли может быть достигнуто с помощью заменителя соли (0-100 %), при применении обработки под высоким давлением (0,1–600 МПа) и смеси органических кислот (0,2–0,4%). Аналогичным образом, способ обработки давлением, применяемый при 150 МПа (5 мин), успешно снижает концентрацию фосфата в сосисках для до 0,25 % без каких-либо существенных изменений в их физико-химических свойствах [5].

Для исследования взяли три группы колбасных изделий, в натуральной оболочке, со сроком хранения не более 5 суток.

- 1 группа – контрольная (образцы вареных колбас высоким давлением не обрабатывали);

-2 группа – опытная, образцы обрабатывали давлением в 300 МПа;

- 3 группа – опытная, образцы обрабатывали давлением в 600 МПа.

Согласно результатам исследований, сразу после изготовления и по истечении 5 суток хранения все исследуемые образцы колбасных изделий по органолептическим показателям соответствовали требованиям ГОСТ 33673-2015 (таблица 1).

Заключение: Настоящее исследование показало, что обработка под высоким давлением положительно повлияла на большинство качественных свойств рецептур колбасных изделий. Кроме того, обработка под высоким давлением не показали значительного интерактивного воздействия на значения текстуры, цвета, цвета и стабильности эмульсии для рецептур. Общее сравнение рецептур обработанных колбас с контрольными рецептурами с мясом, не обработанным

высоким давлением, показало, что эта обработка улучшает общие показатели качества колбасы, а именно положительно сказывается на сохраняемости колбасных изделий по сравнению с классической рецептурой колбасы с использованием мяса.

Таблица 1

Динамика показателей колбасных изделий в процессе хранения

Наименования показателя	Значение показателя/ Группа		
	1	2	3
После изготовления продукта			
Внешний вид	Батоны с чистой, сухой поверхностью		
консистенция	Упругая		
Цвет и вид фарша	Розовый		
Массовая доля белков, %	11,0	11,0	11,0
Массовая доля жиров, %	18,0	19,0	19,0
pH	6,2	6,2	6,2
Летучие жирные кислоты, мг щелочи / 25г	1.4	1.3	1.3
Амино-аммиачный азот, мг/ 10 см ³ вытяжки	0,16	0,27	0,26
Остаточная активность кислой фосфатазы, %	0,005	0,001	0,001
Спустя 5 суток хранения			
Внешний вид	Батоны с чистой, сухой поверхностью		
Консистенция	Упругая		
Цвет и вид фарша	Розовый		
Массовая доля белков, %	11,0	11,0	11,0
Массовая доля жиров, %	18,0	18,0	18,0
pH	6,7	6,3	6,3
Летучие жирные кислоты, мг щелочи / 25г	2.9	1.2	1.4
Амино-аммиачный азот, мг/ 10 см ³ вытяжки	1.24	1.4	0.26
Остаточная активность кислой фосфатазы, %	0,003	0,001	0,001
Спустя 8 суток хранения			
Внешний вид	Влажная поверхность, оболочка липкая	Батоны с чистой, сухой поверхностью	
Консистенция	Размягченная	Упругая	Упругая
Цвет и вид фарша	От розового до зеленоватого с серыми пятнами	Розовый	Розовый
Массовая доля белков, %	11,0	11,0	11,0
Массовая доля жиров, %	18,0	18,0	18,0
pH	6,9	6,4	6,4
Летучие жирные кислоты, мг щелочи / 25г	4,6	1,4	1.3
Амино-аммиачный азот, мг/ 10 см ³ вытяжки	1,37	0,32	0,31
Остаточная активность кислой фосфатазы, %	0,001	0,001	0,001

Список литературы

1. Yang, H. Stability improvement of reduced-fat reduced-salt meat batter through modulation of secondary and tertiary protein structures by means of high pressure processing / H. Yang *et al.*// Meat Science. - 2021. – Vol. 176. – Article 108439.

2. Zhu, Y. Effects of high pressure processing on microbial, textural and sensory properties of low-salt emulsified beef sausage / Y. *Zhu et al.* // Food Control. - 2022. – Vol. 133, Part A. - Article 108596.
3. Xue, S. Effects of high-pressure treatments on water characteristics and juiciness of rabbit meat sausages: Role of microstructure and chemical interactions / S. Xue et al. // Innovative Food Science & Emerging Technologies. - 2017. – Vol. 41. - P. 150-159.
4. Thangavelu, K.P. Novel processing technologies and ingredient strategies for the reduction of phosphate additives in processed meat / K.P. Thangavelu *et al.* // Trends in Food Science & Technology. - 2019. – Vol.94. – P. 43-53.
5. Pinton, M.B. Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: An overview / M.B. Pinton *et al.* // Current Opinion in Food Science. - 2021. – Vol. 40. – P. 1-5.

ВОДОУДЕРЖИВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ НУТОВОГО БЕЛКА В ТЕХНОЛОГИИ КИСЛОСЛИВОЧНОЙ ПАСТЫ

О. Д. Васильева, А. А. Короткова

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,
г. Волгоград, Россия, olesiavasilevasun@mail.ru

Аннотация: Приведены теоретические и экспериментальные исследования функционально-технологических свойств растительного белкового экстрадата, полученного из бобов нута, а также его композиции с облепихой. Подтверждена возможность практического применения экстрадированных функциональных белковых компонентов в производстве пастообразного сквашенного продукта на основе сливок.

Ключевые слова: нут, облепиха, экстрадат, сливки, паста, влага, консистенция.

WATER-HOLDING CAPACITY OF CHICKPEA PROTEIN FOR THE PRODUCTION OF SOUR CREAM PASTE

O. D. Vasileva, A. A. Korotkova

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia
olesiavasilevasun@mail.ru

Abstract: Theoretical and experimental studies of the functional and technological properties of vegetable protein extrudate obtained from chickpea beans, as well as its composition with sea buckthorn, are presented. The possibility of practical application of extruded functional protein components in the production of a pasty fermented product based on cream has been confirmed.

Keywords: chickpeas, sea-buckthorn, extrudate, cream, paste, moisture, consistency.

Анализ современного рынка продуктов питания показывает, что в торговой сети потребитель, в качестве первого выбора обращает внимание на продукты с высоким содержанием белка, затем следуют цельнозерновые и органические продукты. Помимо целевого физиологически функционального действия функциональные компоненты должны участвовать в формировании прогнозируемых органолептических и структурно-механических характеристик пищевых продуктов. Бобовые культуры являются перспективным источником белка, пищевых волокон, минеральных элементов и витаминов. В последние годы появляется все больше положительных фактов в пользу использования муки различных видов бобовых в пищевых системах благодаря их устойчивым функциональным и технологическим свойствам. Целью данного исследования стала оценка функционально-технологических свойств, в частности водоудерживающей спо-

способности, альтернативных белковых препаратов на основе перспективного растительного сырья применительно к производству пастообразного продукта на основе сквашенных сливок.

Производство функциональных продуктов массового потребления – актуальная задача пищевой отрасли. На ее решение направлен способ регулирования биологической ценности молочных продуктов путем разработки научно-обоснованных композиций пищевых систем на основе молочного сырья с растительными белковыми ингредиентами. Так, комбинирование сливок и белка в составе экструдированных бобов позволит получить сливочный продукт повышенной биологической ценности. Такая сливочно-растительная композиция служит источником поступлением в организм незаменимых аминокислот, пептидов и азотистых соединений, пищевых волокон, водо- и жирорастворимых витаминов, минеральных веществ. Подобное комбинирование дополняет аминокислотный состав молочного белка серосодержащими аминокислотами бобовых, обогащает продукт пищевыми волокнами и другими ценными компонентами. Комбинированный белковый модуль конечного сливочно-растительного продукта по биологической ценности превосходит белок каждого компонента в отдельности.

Практика получения белковых концентратов и изолятов из растительного сырья заключается в изолированном извлечении протеинов путем отделения сопутствующих балластных компонентов. Растительные белковые препараты для замены животных белков в продуктах питания подразделяют на несколько групп: мука содержит менее 65% белка, белковый концентрат – от 65 до 90%, изолят – более 90%. Для повышения усвояемости, устранения бобового привкуса и возможности использования в гипоаллергенных продуктах белки подвергают частичному гидролизу [1].

При подборе растительного белкового препарата для кисломолочного пастообразного продукта стоит задача не только его количественного обогащения и повышения биологической ценности, но и конструирования необходимых структурно-механических характеристик и консистенции пасты. По итогам теоретического поиска отдано предпочтение нутовому экструдату (ГНУ НИИММП, г. Волгоград), содержание белка в котором достигает 90%.

Среди других альтернативных источников нут содержит белок в достаточном количестве 17-22% и он может быть извлечен сухим или влажным способом. По питательным свойствам, белки нута обладают различной биологической активностью, соответствующим уровнем незаменимых аминокислот и средней усвояемостью. Белки нута и, в частности, гидролизаты являются многообещающей альтернативой для более широкого их использования в качестве функциональных ингредиентов.

Наряду с этим ГНУ НИИММП разработан облепиховый экструдат, позиционируемый как источник пищевых волокон, белка, макро- Na, K, Ca, P, Mg и микроэлементов Mn, Fe, Zn, Cu, витаминов B₁, B₂, C, P, PP, β -каротина, [3]. Кроме того, после извлечения липидов в жировой фракции жмыха облепихи остается достаточное количество жирных кислот. Так, в сравнении подсолнечным маслом облепиховый экструдат содержит в 2 раза больше пальмитиновой кислоты, а оле-

иновой приблизительно на 5% меньше. Основным преимуществом жирнокислотного состава облепихового экструдата является присутствие в нем линоленовой кислоты, относящийся к эссенциальным факторам питания [4]. Ввиду высокого содержания олеиновой и пальмитолеиновой кислот концентрация мононенасыщенных жирных кислот достигает 53,08% от общего количества жирных кислот [7]. Таким образом, экструдат из облепихи является ценным источником питательных и биоактивных соединений и может быть использован в качестве ингредиента для функционального питания. Экструдированная композиция из нута и облепихового жмыха представляет собой уникальный функциональный модуль, полезные вещества каждого компонента которого дополняют друг друга, улучшают органолептические свойства, устраняя специфических бобовый запах.

Поскольку в пищевых системах на молочной или сливочной основе много свободной воды, то именно взаимодействие «белок-вода» определяет функционально-технологические свойства белковых препаратов, такие как связывание и удержание воды, набухание, растворимость, эмульгирующие свойства, вязкость, гелеобразование и синерезис [5, 6]. Связывание и удержание воды белком один из ключевых факторов формирования консистенции, структурно-механических свойств и хранимоспособности пастообразных продуктов. Оно определяет порядок введения сухих ингредиентов по ходу технологического процесса, а также обосновывает порядок подготовки белкового ингредиента перед внесением в порошковом или гидратированном состоянии.

Для исследования функционально-технологических свойств нутового и нутового-облепихового экструдатов в лаборатории кафедры технологии пищевых производств ВолгГТУ изучали водоудерживающую способность (ВУС) как свойство удерживать свободную и добавленную воду после воздействия дестабилизирующих факторов: прессования, центрифугирования или нагревания.

ВУС белка как физико-химическое свойство основано на предотвращении высвобождения воды из трехмерной структуры белка. Способность удерживать воду против силы тяжести физико-механическими и физико-химическими связями является особенностью белков. ВУС определяют по количеству воды, которое препарат может связать и удержать при центрифугировании. ВУС как одно из важнейших свойств ограниченно растворимых белковых препаратов имеет значение для обеспечения требуемых реологических свойств пищевых систем, однородности консистенции продукта, а также для предотвращения потерь в ходе технологической обработки сырья.

Экструдат нута, измельченный до состояния муки, в котором белки находятся в высушенном состоянии, относится к продуктам с промежуточной влажностью. При его смешивании с водой происходит гидратация системы в несколько стадий, первой из которых является набухание, т. е. поглощения высокомолекулярным белком низкомолекулярной жидкости, которое приводит к значительному увеличению массы и объема экструдата. Неплотная структура обезвоженных белковых веществ, состоящая из нитевидных и изогнутых макромолекул, конформационно сплетенных вместе, открывает доступ проникновению растворителя в глубину структуры. Далее молекулы растворителя заполняют

пространство между макромолекулами, отодвигают их друг от друга и ослабляют межмолекулярное взаимодействие. В образованные щели проникают новые молекулы растворителя, в результате чего увеличивается объем и масса образца [2].

Исследование водоудерживающей способности как взаимодействия «белок-вода» изучают с помощью изотермы поглощения, которая показывает количество воды, сорбированной белком, в зависимости от относительного давления водяного пара. Определение ВУС основано на установлении количества воды, связанного и удерживаемого 1 г препарата после центрифугирования течение 5 минут. Этот метод удовлетворяет большинству критериев простого модельного теста.

Применительно к технологии кисломолочной пасты, ВУС каждого из образцов – нутового и нутово-облепихового экструдата, – исследовали в двух модельных средах: контрольная – питьевая вода, опытная – сливки массовой долей жира 20%. Экспериментальные водоудерживающие свойства белковых препаратов на основе нутового экструдата в изучаемых модельных системах представлены в таблице 1.

Полученные значения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Водоудерживающая способность белковых препаратов

Белковый препарат	Модельная среда	
	питьевая вода	сливки 20%
Нутовый экструдат	390%	330%
Нутово-облепиховый экструдат	250%	210%

Согласно полученным данным, независимо от модельной среды нутовый экструдат в чистом виде демонстрирует более высокие водоудерживающие свойства, чем в комплексе с облепиховым. Остаточная часть жировой фракции, ввиду гидрофобных свойств, препятствует удержанию воды белком нутово-облепихового экструдата и понижает его ВУС. По аналогичной причине оба препарата несколько снижают свои водосвязывающие свойства в сливках: жир модельной среды обволакивает белковые макромолекулы и отталкивает молекулы воды от его поверхности.

Полученные результаты, экспериментально обосновывают функционально-технологический потенциал использования нутового экструдата для формирования консистенции и структурно-механических характеристик кисломолочной пасты.

Список литературы

1. Кунижев С.М., Шуваев В.А. Новые технологии в производстве молочных продуктов. – М.: ДеЛи принт, 2004. – с. 141
2. Энциклопедия питания: справочное издание : в 10 томах / под общей редакцией А. И. Черевко, В. М. Михайлова. - 2-е изд., стер. - Москва: КноРус, 2021. - Текст : непосредственный. - Т. 6: Процессы, происходящие в продуктах при обработке. - 2021. - 535 с.

3. Никулина Е.О., Иванова Г.В., Кольман О.Я. Облепиховый шрот как функциональный ингредиент для создания продуктов функционального назначения // Вестник КрасГАУ. – 2015. – №10. – с. 98-105.
4. Чиркина Т.Ф., Золотарева А. М., Гончикова Н. Д., Карпенко Л. В. Химический состав облепихового шрота // Известия вузов. Пищевая технология. – 1994. – №1-2. – с. 24-26
5. Zayas, J.F. Water Holding Capacity of Proteins. In: Functionality of Proteins in Food. // Springer, Berlin, Heidelberg. – 1997.– с. 76
6. Boukid, F. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein as a prospective plant-based ingredient: a review. // International Journal of Food Science & Technology. – 2021. – Volume 56, Issue 11. – pp. 5435-5444
7. Nour V. et al. Nutritional and Bioactive Compounds in Dried Sea-Buckthorn Pomace // Erwerbs-Obstbau. – 2021. – T. 63. – №. 1. – с. 91-98.

СПОСОБ ПРОЛОНГАЦИИ МЯСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРИНАДА ИЗ МЕДА

М. С. Воронина, А. Н. Гуляева, П. Ю. Ачаликов, О. В. Окопная,
А. А. Титова, М. Ю. Соколова

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»
г. Самара, Россия
olga.okopnaya06@mail.ru

Аннотация: Мясо и мясные продукты имеют большое значение в рационе человека. Содержание белка и витаминов, а также незаменимых жирных кислот обеспечивает им соответствующий состав для удовлетворения потребностей в питании. Поэтому мясные продукты пользуются большим спросом среди большинства людей. Однако данные продукты являются скоропортящимися. В этой статье рассматриваются такие понятия как ферментация, автолиз, процессы, происходящие в мясе во время его созревания. Помимо этого, описываются причины окисления и его влияние на физико-химические показатели, а также способы продления срока годности мясных изделий.

Ключевые слова: жиры, шпик, автолиз, антиоксиданты, растительное сырье, продление срока годности, ферментация мяса.

METHOD FOR PROLONGING MEAT USING HONEY MARINADE

M. S. Voronina, A. N. Gulyaeva, P. Yu. Achalikov, O. V. Okopnaya, A. A. Titova,
M. Yu. Sokolova

FSBEI HE "Samara State Technical University"
Samara, Russia

Abstract: Meat and meat products are of great importance in the human diet. The content of protein and vitamins, as well as essential fatty acids, provides them with the appropriate composition to meet nutritional needs. Therefore, meat products are in high demand among most people. However, these products are perishable. This article discusses such concepts as fermentation, autolysis, processes occurring in meat during its ripening. In addition, the causes of oxidation and its effect on physical and chemical parameters, as well as ways to extend the shelf life of meat products are described.

Keywords: Fats, speck, oxidation, antioxidants, vegetable raw materials, shelf life extension, meat fermentation.

Обеспечение населения страны качественными и безопасными продуктами приобретает особую актуальность в настоящих экологических реалиях и для укрепления иммунитета. В выполнении этой задачи важную роль играет не только успешное развитие сельского хозяйства и качественное получение мяс-

ного сырья, но и дальнейшая промышленная переработка. Актуальным направлением развития технологии является обогащение мясного сырья полезными компонентами с функционально-технологическими свойствами, обладающими высокой биологической ценностью [1]. Современный потребитель мясопродуктов требует разнообразия нового ассортимента полуфабрикатов, что объясняется тем, что в приоритете не только скорость приготовления пищи, доступность и продолжительность хранения, но и полезность и наличие антиоксидантных свойств [2]. Ухудшение экологической ситуации, деформация схемы питания и чрезмерное потребление продуктов с канцерогенными веществами вызывают существенную угрозу здоровью населению Российской Федерации. Поэтому совершенствование ассортимента продуктов питания особенно порционных полуфабрикатов с высокой пищевой и биологической ценностью является весьма актуальным [3].

Целью данного исследования является изучение эффективности меда в виде маринада для пролонгации мяса.

Свинина является источником питательных веществ, богата белком для наращивания мышечной массы и служит богатым источником железа для энергии. Содержит в себе приблизительно 73% воды, 24% белка, 3,9% жира, 0,8% минералов и менее 1% питательных веществ, богатых углеводами, присутствуют в говяжьем мясе. Мясо также содержит другие элементы, такие как витамин В₁₂, ниацин, витамин В₆, витамин D, железо, цинк и фосфор. Мясо свинины сохраняет важную роль в питании человека благодаря своей особой и высокой питательной ценности. Естественно, свинина является скоропортящимся пищевым продуктом животного происхождения, поэтому легко подвергается воздействию микробной флоры, что, в свою очередь, приводит к сокращению срока годности. Перед мясной промышленностью стоит важная задача по обеспечению потребителей безопасным и полезным мясом и мясопродуктами [4].

Доступность здоровой и безопасной пищи является одним из основных прав человека и имеет важное значение для здоровья человека. Среди факторов, влияющих на срок хранения свежего мяса, рост бактерий и метаболическая активность являются наиболее важными причинами порчи мяса. Порча охлажденного мяса вызывается микробными агентами, такими как бактерии, которые вызывают нежелательные изменения в мясе, т. е. неприятный привкус, неприятный запах, газообразование, обесцвечивание и образование слизи. Такие проблемы требуют использования натуральных или искусственных консервантов для повышения безопасности и срока годности мяса [5].

Для снижения вероятности заражения на различных уровнях, сыром мясе и стадиях обработки применялись различные физические и химические методы. Среди них маринование – метод, используемый для повышения качества мяса и сохранения его пищевой ценности при хранении. Более того, из-за кислой или щелочной природы маринованного раствора срок годности мяса может положительно сказываться, а некоторые добавки к маринаду также проявляют антимикробную и антиоксидантную активность. Для предотвращения болезней пищевого происхождения и увеличения срока годности желательно использовать

натуральные консерванты, обладающие как антибактериальной, так и антиоксидантной активностью [4].

Мед может служить натуральным пищевым консервантом. Мед – это нектар, собранный с растений и обработанный пчелами (*Apis mellifera*).

Натуральный мёд представляет собой вязкий раствор с высоким содержанием сахара около 85 % углеводов (в основном глюкоза и фруктоза), содержанием воды 15-17 %, низким уровнем белка (0,1-0,4 %), золой 0,2 % и незначительным количеством другие вещества, т.е. минералы, аминокислоты, ферменты, липиды, органические кислоты, витамины, а также фенольные антиоксиданты.

В качестве консерванта выступают различные компоненты медоподобного токоферола, фенолов и флавоноидов аскорбиновой кислоты. Антибактериальные и антиоксидантные свойства меда обусловлены различными компонентами, естественным образом присутствующими в пчелином меде, полученном из разных растительных источников [5].

Мед подавляет рост микроорганизмов и грибков. Мед проявлял как бактерицидное, так и бактериостатическое действие в отношении различных штаммов, включая *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica* Ser: Typhimurium и *Helicobacter pylori*, многие из которых являются патогенными. Антимикробная активность меда в основном объясняется его кислотностью (низкий pH 3,9), осмолярностью, образованием перекиси водорода, продуктов реакции Майяра, фенольных соединений, ароматических кислот, флавоноидов, белков и высокой концентрацией сахара. Бактерицидное действие оказывали концентрации меда от 5 до 50 %.

Мед служит природным антиоксидантом, который играет важную роль в сохранении пищевых продуктов и здоровье человека, борясь с повреждениями, вызванными окислителями, например, кислородом, а именно снижая риск сердечных заболеваний, рака, снижения иммунной системы, катаракты, различных воспалительных процессов и т. д. Антиоксидантная активность меда приписывается к различным веществам, таким как каталаза, глюкозооксидаза, фенольные кислоты, альфа-токоферол, органические кислоты, флавоноиды, аскорбиновая кислота, продукты реакции Майяра, белки, аминокислоты и производные каротиноидов.

Как правило, антиоксидантная способность напрямую связана с содержанием фенолов в меде, и они больше проявляются в меде темного цвета. Доказано, что мед как источник антиоксидантов эффективен против окислительных реакций в пище, вызванных светом, теплом и некоторыми металлами, таких как окисление липидов в мясе [6].

Принимая во внимание скоропортящийся характер свинины, опасность для здоровья населения и важность меда как антимикробного и антиоксидантного средства, это исследование было разработано для изучения антимикробной и антиоксидантной активности различных концентраций меда на говяжьем мясе.

В ходе исследования мяса свинины (сырое, маринованное, жареное) определяли кислотное, перекисное, анизидиновое и тиобарбитуровое числа.

Кислотное число (КЧ) - характеристика автоокисления жира, указывающая на количество миллиграммов щелочи, необходимое для нейтрализации всех кислых компонентов, содержащихся в 1 г испытуемого вещества. Результаты опыта представлены на рис. 1.

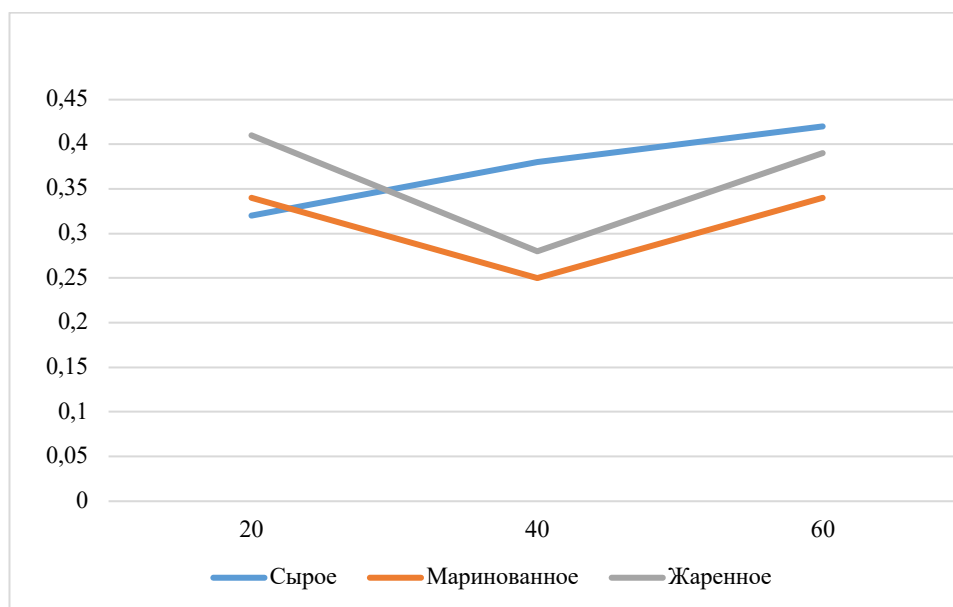


Рис. 1 - Показатели кислотного числа

Число вторичных продуктов автоокисления так называемых ненасыщенных альдегидов характеризуется анизидиновым числом (АЧ). Определяется фотометрически. Результаты опыта представлены на рис. 2.

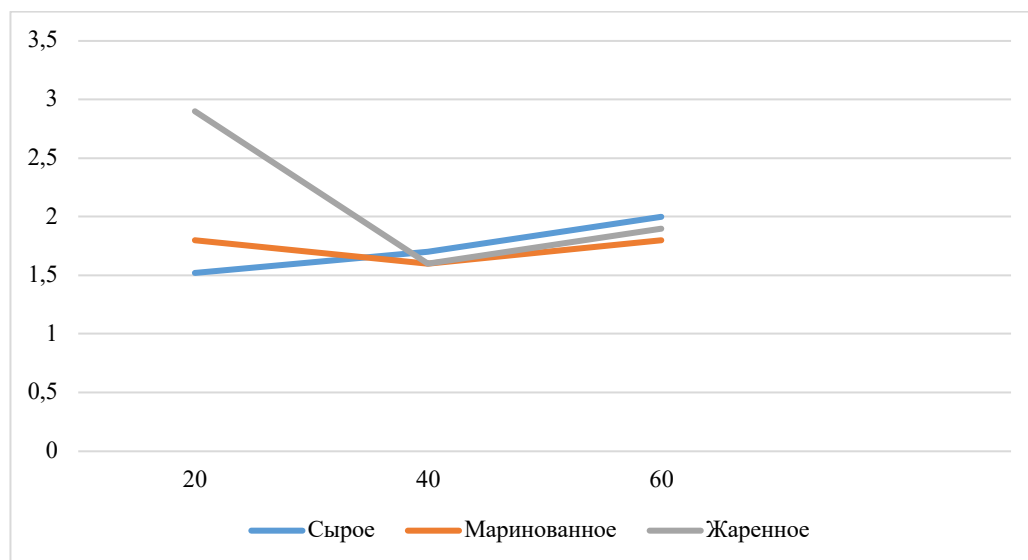


Рис. 2. Показатели анизидинового числа

Перекисное число (ПЧ) показывает степень окисления жира или масла, обусловленную накоплением перекисных соединений (пероксидов и гидроперекисей) при окислении жира или масла в течение хранения, особенно активно проходящего на свету. Результаты опыта представлены на рис. 3.

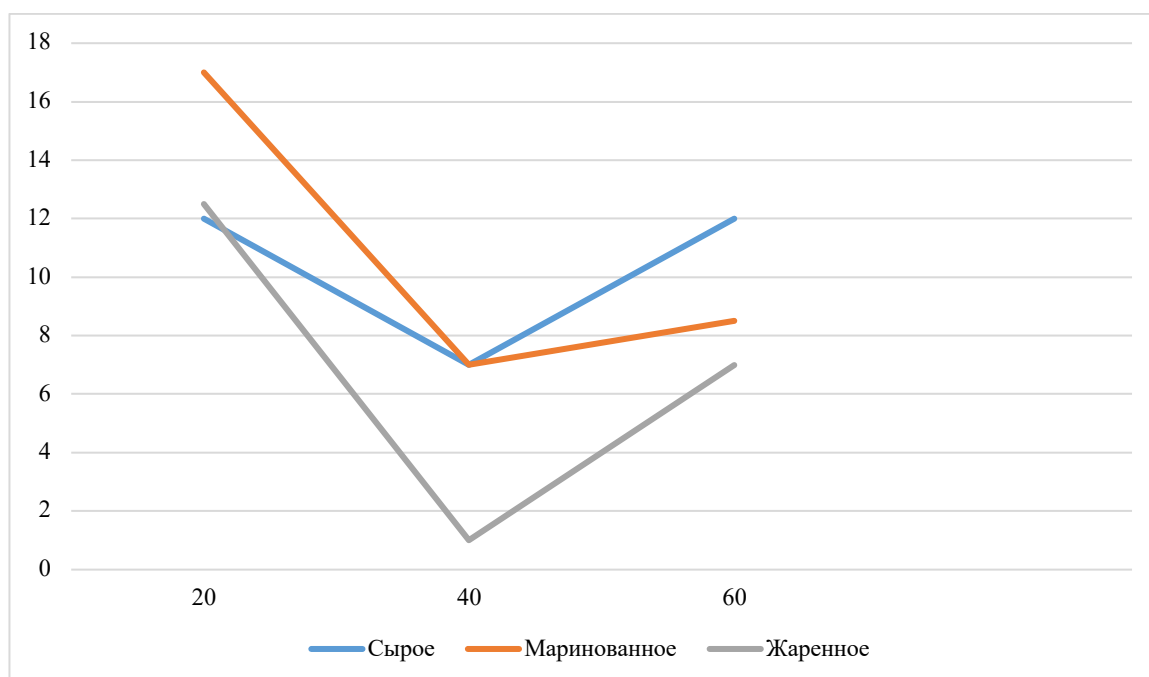


Рис. 3. Показатели перекисного числа

Тиобарбитуровое число (ТБЧ) - физическая величина, соответствующая массе малонового альдегида (МА) в миллиграммах, содержащегося в 1 кг продукта; характеризует окисление ненасыщенных жирных кислот в мясе. Результаты опыта представлены на рис. 4

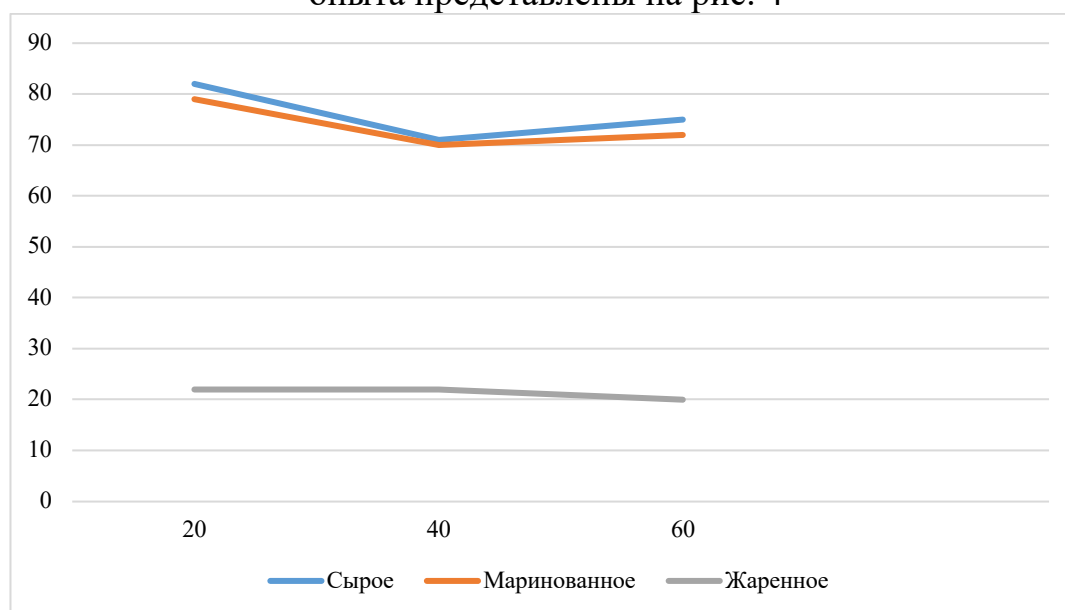


Рис. 4. Показатели тиобарбитурового числа

Из представленных диаграмм можно отметить, что кислотные числа снижаются, перекисные числа остаются приблизительно в том же диапазоне, что и контрольные значения, также уменьшаются анизидиновые числа. Тиобарбитуровые числа остаются в том же диапазоне. Следует сказать, что анизидиновое и тиобарбитуровое числа являются вторичными продуктами окисления и отвечают за придание вкуса и аромата готовому мясу.

Список литературы

1. Воронина М, Ачаликов П. Изучение влияние мёда на окисление мяса. – XXII Международный научно-исследовательский конкурс. СТУДЕНТ ГОДА 2022. 5 июня 2022 года. – Пенза. – 2022. – 35 с.
2. Фейнер Г. Мясные продукты. Научные основы, технологии, практические рекомендации. – СПб. Профессия. – 2010. – 720 с.
3. Патракова И.С, Гуринович Г.В. Влияние природных антиоксидантов на интенсивность окисление липидов замороженной свинины. - Кемеровский государственный университет: – 2018. – 135 с
4. Rubén Domínguez , Mirian Pateiro , Mohammed Gagaoua , Francisco J. Barba , Wangang Zhang and JoséM. Lorenzo . A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. Meat Sci. – 2019. – 31 p.
5. Lorenzo, J.M.; Carballo, J. Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin. Meat Sci. 2015,99, 44-51.
6. Mansoor Ayoob, Atta Hussain Shah, Zaheer Ahmed Nizamani, Muhammad Faisal Ayoob, Deepesh Kumar Bhuptani, Abdul Sattar Baloch. Antimicrobial and Antioxidative Effects of Honey Marination on Beef Meat. Pakistan Journal of Zoology. Pakistan J. Zool., pp 1-7, 2022.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУШИ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТА

А. И. Дмитриева, А. Р. Галиуллина

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
г. Казань, Россия
dmitrievaaida45@gmail.com

Аннотация. Изучена пищевая ценность и эффективность производства йогурта с добавлением груши. Лучшие показатели по органолептическим показателям и рентабельности производства получены при содержании в рецептуре йогурта 2,5-5,0% груши.

Ключевые слова: йогурт, молоко, груша, пищевая ценность, эффективность, производство.

EFFICIENCY OF USE OF PEARS IN YOGURT PRODUCTION TECHNOLOGY

A. I. Dmitrieva, A. R. Galiullina

Kazan State Agrarian University Kazan, Russia

Abstract: The nutritional value and efficiency of the production of yogurt with the addition of pears has been studied. The best indicators in terms of organoleptic indicators and profitability of production were obtained with the content of 2.5-5.0% pear in the yogurt recipe.

Keywords: Yogurt, milk, pear, nutritional value, efficiency, production.

Введение. В России, в последнее десятилетие активно развивается теория и практика производства йогуртных продуктов. В частности, значительная часть фундаментальных исследований Н.И. Дунченко посвящены технологии таких структурированных молочных продуктов, как йогурты и термизированные йогуртные продукты [2].

Рыночные отношения вынуждают производителей молочной продукции расширять ассортимент и предлагать потребителю новые конкурентоспособные продукты с оригинальными органолептическими свойствами. Таковыми являются кисломолочные продукты с растительными наполнителями. Комбинированные продукты считаются не только источником питательных веществ, но и «функциональными» продуктами [3].

Йогурт очень важен в питании человека, потому что благодаря бактериям, входящим в состав этого продукта, улучшается микрофлора кишечника человека. Поскольку йогурт играет важную роль для человеческого организма, оценка его качества имеет большое значение [1]. Йогурт содержит в своем составе ингредиенты, которые приносят пользу здоровью человека, повышают его сопротивляемость заболеваниям, способны улучшить многие физиологические процессы в

организме человека, позволяя ему долгое время сохранять активный образ жизни, нормализует работу желудочно-кишечного тракта, выводит опасные вещества из организма человека [4].

В связи с этим исследования по оценке эффективности йогурта с включением груши имеют актуальное и практическое значение.

Материалы и методы исследования. Целью исследований стало изучение пищевой ценности и экономической эффективности производства йогурта с добавлением груши. В условиях учебной лаборатории кафедры «Биотехнология, животноводство и химия» ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» была проведена контрольная выработка йогурта с грушей (в виде пюре).

Для проведения исследований было сформировано 4 образца йогурта:

- Контрольный образец – без добавления груши;
- Опытный образец №1 – с добавлением 2,5% груши;
- Опытный образец № 2 – с добавлением 5% груши;
- Опытный образец № 3 – с добавлением 7,5% груши.

Полученные опытные образцы йогурта оценивали по органолептическим показателям дегустационная комиссия с выставлением баллов. Также была рассчитана пищевая ценность и экономическая эффективность производства йогурта.

Результаты исследования. Была проведена дегустационная оценка образцов йогуртов с разным количеством в рецептуре груши.

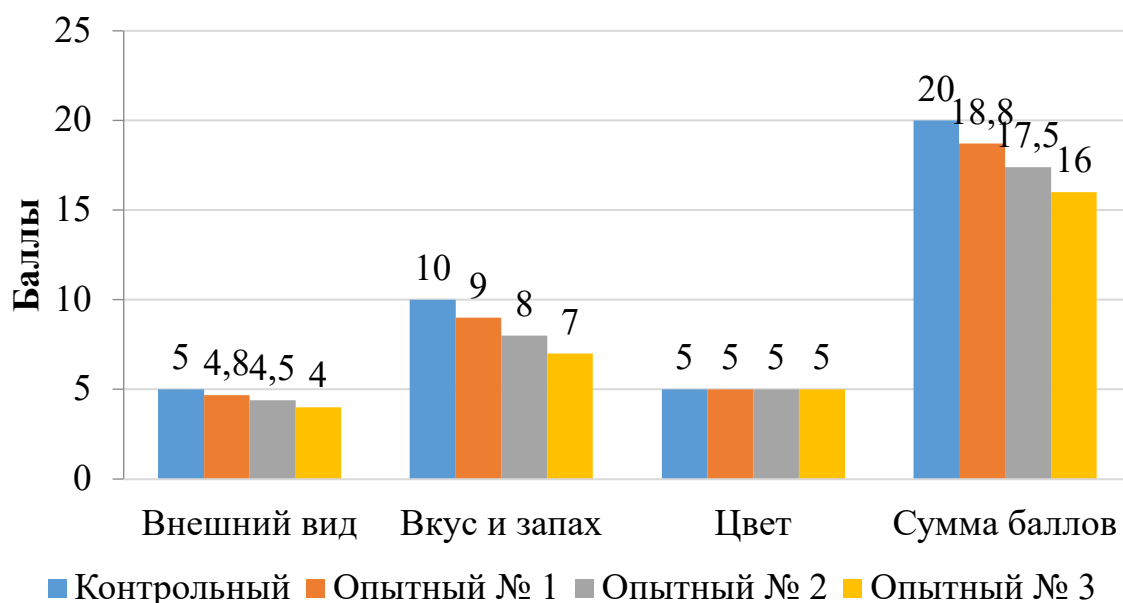


Рис. 1. Дегустационная оценка опытных образцов йогурта

Максимальное количество баллов среди опытных образцов было дано опытному образцу № 1 - 18,8, это связано с тем, что, он имеет легкий приятный привкус наполнителя, а наименьшее количество набрал опытный образец № 3 – 16 баллов (рис. 1). Образец № 2 занял промежуточное положение с балльной оценкой (17,5 баллов) и уступал образцу № 1 1,3 балла.

Наибольшее отличие по балам прослеживается по вкусу и запаху йогурта, а по цвету всем опытным образцам присвоена одинаковая оценка – 5 баллов.

Для анализа изменения калорийности йогурта в связи с добавлением разных доз груши была рассчитана пищевая ценность опытных образцов (табл. 1).

Таблица 1

Пищевая ценность в 100 г йогурта, г

Показатель	Образцы йогурта			
	Контроль- ный	Опытный № 1	Опытный № 2	Опытный № 3
Жиры	0,5	0,43	0,48	0,47
Белки	2,8	2,72	2,67	2,61
Углеводы	4,0	4,28	4,56	4,84
Калорийность, ккал	41	31,3	32,1	32,8

С увеличением концентрации груши в опытных образцах понижается содержание белков, но увеличивается содержание жиров, углеводов и калорийность. Так, контрольный образец уступает по содержанию углеводов опытному образцу № 1 на 0,28 г, образцу № 2 на 0,56 г, образцу № 3 на 0,84 г, но в целом йогурт с грушей оказался менее калорийным продуктом.

В таблице 2 приведена экономическая эффективность производства нового йогурта с грушей по сравнению с обычным продуктом.

Таблица 2

Экономическая эффективность производства йогурта с грушей (на 100 кг)

Показатель	Образцы йогурта			
	Контроль- ный	Опытный № 1	Опытный № 2	Опытный № 3
Полная себестоимость	24660	26208	27525	28290
в т.ч. 1 стаканчик 150 г, руб.	37,0	39,3	41,3	42,4
Цена реализации 1 стакана емкостью 150 г, руб.	48	52	54	56
Прибыль, руб./шт.	11,0	12,7	12,7	13,6
Рентабельность, %	29,7	32,3	30,8	32,0

Из данных таблицы 2 видно, что йогурт с грушей имеет большую себестоимость из-за вносимого компонента по сравнению с контрольным образцом. Прибыль опытных образцов выше по сравнению с контрольным образцом на 1,7-2,6 руб. При этом уровень рентабельности была наибольшей у опытных образцов № 1 и 3— 32,3 и 32,0 % соответственно.

Таким образом, среди опытных образцов образец № 1 с экономической точки зрения более выгодно производить, также учитывая органолептические показатели и дегустационную оценку образец № 1 будет обладать наибольшим спросом и будет эффективным продуктом молочной промышленности.

Список литературы

1. Богатова, О.В. Химия и физика молока / О.В. Богатова, Н.Г. Догарева. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004, - 137 с.
2. Забодалова, Л.А. Йогурты и другие кисломолочные продукты / Л.А. Забодалова, В. Ашкенази, Т. Вознесенская // Научные основы и технологии - М., 2003. – 136 с.
3. Канарейкина, С.Г. Создание молочно-растительного йогурта / С.Г. Канарейкина // Российский электронный научный журнал. - 2013. - № 6 - С. 169 -178 с.
4. Тамим, А.И. Йогурт, и другие молочные продукты / А.И. Тамим, Р.К. Робинсон - СПб. Профессия, 2003. – 108 с.

ГИПОАЛЛЕРГЕННОЕ МЯСНОЕ СЫРЬЕ

Р. А. Добрецкий, Б. А. Баженова, С. Ю. Лескова

ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», г. Улан-Удэ, Россия

tmkp@mail.ru

Аннотация: в статье приводятся данные по изучению пищевой ценности и конины бурятской породы в сравнении с говядиной. Для постановки эксперимента, образцами исследования служило мясное сырье полученное (длиннейшая мышца спины) от полутуш лошадей и бычков возрастом 3 – 3,5 года. Конина обладает выраженными антиоксидантными и гипоаллергенными свойствами, что свидетельствуют о целесообразности ее использования для детского и функционального питания.

Ключевые слова: конина, химический состав, минеральный состав, диетическое мяса, гипоаллергенные свойства

HYPOALLERGENIC MEAT RAW

R. A. Dobretsky, B. A. Bazhenova, S. Yu. Leskova

"East Siberian State University of Technology and Management", Ulan-Ude, Russia, tmkp@mail.ru

Abstract: the article provides data on the study of the nutritional value and horse meat of the Buryat breed in comparison with beef. When organizing the experiment, samples of the longissimus dorsi muscle of half-carasses of horses and bulls aged 3-3.5 years were selected. Horse meat has pronounced antioxidant and hypoallergenic properties, which indicates the expediency of its use for children's and functional nutrition.

Keywords: horse meat, chemical composition, mineral composition, dietary meat, hypoallergenic properties.

В рационе народов разных климатографических зон немалую долю занимает мясо нетрадиционных видов убойных животных. К нетрадиционным видам сырья относятся такие виды мяса, как мясо кроликов, конина, мясо верблюдов, яков и другие. Конское мясо употребляет в пищу население многих стран: Франции, Бельгии, Голландии, Словакии, Турции, Японии, Норвегии, Казахстана, Киргизии и других стран [1].

На сегодняшний день коневодство, одна из наиболее затрагиваемых тем для научных исследований, которая в тот же момент и динамично развивающаяся в сфере агропромышленного комплекса. Подтверждается, это постоянным ростом на спрос изделий, полученных из конины; замороженную и охлажденную; консервы и т.д. Продуктивное коневодство в условиях Республики Бурятия имеет

большие перспективы и резервы. С каждым годом поголовье лошадей в РФ стабильно растет, и на фоне общего роста Республика Бурятия обходит по показателям некоторые регионы России; Тюменская, Курганская, Омская и Свердловская области.

Динамика поголовья лошадей в Республике Бурятия (% от поголовья всех сельскохозяйственных животных) по годам представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Изменение доли поголовья лошадей в КФХ по годам

Следует отметить, что рост и развитие крестьянско-фермерских хозяйств в Республике Бурятия за счет государственной поддержки в виде субсидий способствует и росту поголовья лошадей с 14% в 2010 году до 27% в 2021. Продуктивное коневодство в РБ сложилось в самостоятельную отрасль животноводства. Лошади мясного направления продуктивности (бурятская порода) в условиях содержания на пастбищах, где у них выработался иммунитет к некоторым видам заболеваний, хорошо себя чувствуют и ориентируются.

Конина имеет высокую пищевую ценность, высокое содержание белка, сбалансированный аминокислотный состав, в составе жира содержатся полиненасыщенные жирные кислоты [2]. Мясо конины относят к диетическим по ряду свойств: употребление конины в пищу способствует защите стенок сосудов от холестериновых бляшек, а также обеспечивает высокое содержание белка [3, 4]. Из-за своих диетических свойств конину включают в рацион питания (диетотерапия) при таких заболеваниях, как гепатит, атеросклероз, гепатозы, алиментарное ожирение, и других нарушениях обмена веществ.

Получение конины следует осуществлять от молодых лошадей и жеребят до 3 летнего возраста. Получение мяса лучших характеристик считают от жеребят 8-9 месяцев. Преимущества получения мяса от таких лошадей, является жир, который на выходе имеет белый цвет, не успевший пожелтеть в виду возраста. Однако получение качественной конины будет зависеть не только от возраста животного, но и от его условий содержания и образа жизни.

Конина – продукт, известный своими свойствами, благодаря высокому содержанию полноценного белка и таких витаминов, как А, РР, Е, группы В. В состав конины также входят такие микроэлементы, как медь, йод, кобальт и в большом количестве железо. Если сравнивать конину и говядину, преимущество будет за кониной, так как она обладает большим содержанием белка (23,65 г) и меньшей калорийностью по сравнению с говядиной.

Целью наших исследований явилось изучение пищевой ценности конины бурятского типа для обоснования целесообразности направления его на производство гипоаллергенных мясопродуктов массового потребления.

Объекты и методы исследований

Образцом для определения необходимых физико–химических и органолептических показателей служило мясо конины бурятского экотипа.

Для определения содержащей влаги в исследуемых образцах, использовался метод высушивания при температуре 103-105⁰С до постоянной массы навески образца (ГОСТ Р 51479-99).

Общее количество белка в образце определяли методом Кьельдаля соответствующий ГОСТ 25011-2017, основанный на минерализации органических веществ.

Количество жира (липидов), определяли методом Сокслета, сущность которого заключается в многократной экстракции образца растворителем с его последующим удалением, в качестве растворителя использовали петролейный эфир (ГОСТ 23042-86).

Содержание минеральных соединений определяли методом озоления.

Для определения массовой доли гликогена (углевода) использовали антроновый метод, с превращением в фурфурол (гидроксиметилфурфурол), неорганических кислот и моносахаридов, дающие качественную реакцию в виде окрашивания. Для количественного определения гликогена использовали колориметрический метод силы окраса [5].

Для точности полученных результатов эксперименты проводили при 3-5 кратной повторности с математическими вычислениями. Исследуемые показатели подвергали обработке методами математической статистики.

Результаты и обсуждение

В пищевой промышленности при производстве продуктов питания производители опираются на его потребительские свойства, где пищевая ценность занимает одну из главных позиций, которая напрямую связана с химическим составом исходного сырья.

На первом этапе был проведен сравнительный анализ данных полученных в результате собственных исследований мяса конины бурятского типа с говядиной по пищевой ценности.

Для постановки эксперимента, образцами исследования служило мясное сырье, полученное (длиннейшая мышца спины) от полутуш лошадей и бычков возрастом 3 – 3,5 года. В таблице 1 представлен химический состав конины бурятского типа и говядины.

Сравнительный химический состав исследуемых образцов мяса

Содержание	Бурятская конина	Говядина
Массовая доля влаги, %	72,13	71,28
Массовая доля белка, %	23,65	21,57
Массовая доля гликогена, %	0,94	1,83
Массовая доля липидов, %	5,38	4,25
Массовая доля золы, %	1,09	1,1

Установлено, что уровень белка в конине выше, чем в говядине. Конина как источник белка не ограничена содержанием незаменимых аминокислот, что обеспечивает его пищевую полноценность. Аминокислотная сбалансированность белка конины не уступают мясу говядины, поэтому ее рекомендуют для быстрого пополнения белкового запаса людям с заболеваниями поджелудочной железы, печени, с нарушениями обмена веществ и другое.

Содержание липидов в мясе конины относительно выше (5,3%), если сравнивать ее с говядиной (4,25%), объясняется это тем что лошади выращиваются в более суровых природных условиях чем крупно - рогатый скот (КРС) нашего региона. Жир, полученный из конины, богат ненасыщенными жирными кислотами, их количество составляет не менее половины от общего числа, холестерина содержится меньше, чем в других животных жирах, при этом обладая повышенной усвояемостью. Конский жир имеет множество преимуществ для организма человека, например, желчегонное действие, которое усиливается благодаря высокому содержанию эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), таких как линолевая, линоленовая. Конский жир в значительной степени обуславливает пищевую ценность мяса, его нежность, повышает вкусовые качества.

Пищевая ценность мяса строится не только из белков, жиров и углеводов (БЖУ), но и содержащихся в нем минеральные вещества.

При составлении объективного химического состава продукта, учитывается его минеральный состав, где немаловажную роль играет соотношение между Са и Р, которого в мясе конины находится на уровне 1:(14), тогда как в говядине – 1:18 (рекомендуемое соотношение 1:0,8) [6].

Мясо и мясные продукты являются главным источником двухвалентного железа (гемового) для организма человека, которое усваивается примерно на 30 %. Если человек не получает нужного количества усвояемого железа (гемового), в его организме начинают происходить изменения в худшую сторону, например, вызвать анемию, снижение иммунитета, нарушение ферментативных функций организма и т.д. Из результатов исследований, полученные данные свидетельствуют о том, что в конине содержание железа больше, чем в говядине, на 17,5-18%.

Согласно исследованиям, конина обладает выраженными антиоксидантными свойствами и низкой аллергенностью. Белки конины не обладают антигенным родством с белками говядины и коровьего молока, наиболее распространенными аллергенами для человека [7].

Минеральный состав образцов мяса

Показатели, мг/ 100г	Рекомендуемая суточная доза	Говядина	Бурятская конина
Кальций	1000	10,21	13,1
Калий	2500	355,4	370,3
Магний	40	22,2	23,1
Натрий	1300	73,6	
Фосфор	800	188,2	185,1
Хлор	5500	59,1	-
Сера	1000	230,1	-

Таким образом, использование мясного сырья в виде конины с его достаточно богатым химическим составом, где выделяется большое содержание белка и повышенной усвояемостью жиров, благодаря высокому содержанию ПНЖК, и не мало важных свойств таких как, антиоксидантные свойства с низкой аллергенностью, характеризуют конину как, предпочтительное мясное сырье для использования его в специальных продуктах питания; детского, функционального и лечебно-профилактического питания.

Работа выполнена за счет средств гранта РНФ № 23-26-00058 «Разработка комплексного подхода снижения аллергенности мясных продуктов массового потребления».

Список литературы

1. Баймуканов, Д. А. Технология производства конины и верблюжатины в Казахстане / Д. А. Баймуканов, А. Р. Акимбеков, М. Тоханов // – 2017. – № 2(32). – С. 24-27.
2. Кутыбаева, А. К. Конина – полезный и диетический продукт питания / А. К. Кутыбаева // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сборник материалов LV Студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 17–19 марта 2021 года. Том Часть 3. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. – С. 282-286.
3. Лисицын, А. Б. Перспективы производства продуктов из конины / А. Б. Лисицын, В. И. Любченко, А. А. Семенова // Все о мясе. – 1999. – № 2. – С. 15-19.
4. Тулеуов Е.Т. Производство конины. – М.: Агропромиздат, 1986. – 287 с.
5. Антипова Л.В. Методы исследования мяса и мясопродуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. – М.: Изд-во КолосС, 2001. – 376 с.
6. Тутельян В.А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека / В.А. Тутельян, В.Б. Спиричев и др. – М.: Колос, 2002. – 424 с.
7. Устинова А.В., Асланова М.А. Конина - ценное сырье для производства продуктов детского питания // Мясная индустрия. 2011. № 7. С. 22-24.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЫЧУЖНОГО И МИКРОБИАЛЬНОГО ФЕРМЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРОВ

П. А. Крюкова, Е. В. Крякунова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия, polina221999@mail.ru

Аннотация: Существует несколько видов ферментов, которые позволяют запустить процесс коагуляции молока, получивших название молокосвертывающих.

Ключевые слова: сычужный фермент, микробный фермент, казеиновый комплекс, сыроварение, коагуляция.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF RENNETAL AND MICROBIAL ENZYMES IN CHEESE PRODUCTION

P. A. Kryukova, E. V. Kryakunova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: There are several types of enzymes that allow you to start the process of coagulation of milk, called milk-clotting.

Keywords: rennet, microbial enzyme, casein complex, cheese making, coagulation.

В основе технологии производства сыров лежит способность молока коагулировать в казеиновый комплекс под воздействием определенных протеолитических ферментов, получивших название молокосвертывающих [1].

Целью данной работы является сравнение сычужного и микробного ферментов в процессе сыроварения.

Наиболее известным ферментом, традиционно используемым для коагуляции молока, является сычужный фермент реннин или химозин. Фермент относится к классу аспартатных протеиназ [8], находится в соке четвертого отдела желудка телят - сычуге. Как и пепсин, он образуется в главных клетках желудка из зимогена (прореннина) и активируется катионами водорода ($\text{pH} < 7$) в присутствии ионов кальция с отщеплением 42-членного пептида. Химозин играет важную роль в пищеварении млекопитающих, способствует более медленному прохождению молока по пищеварительному тракту и более полному его усвоению [3–4].

Сычуг, полученный из желудка теленка молочного возраста, содержит 88 – 94 % химозина и 6 – 12 % пепсина. Сычуг из желудка более взрослого животного, получающего обычный корм, содержит 90 - 94 % пепсина и всего 10 % химозина [6]. Химозин, полученный из желудка молочного теленка, наиболее активен при

pH 6,2 - 6,4, а активность пепсина располагается в области повышенной кислотности при pH 1,7 - 2,3, поэтому эти ферменты дополняют друг друга, и их смеси нашли широкое применение в сыроделии.

Быстрое расширение молочного производства и нехватка животных сычужков способствовали появлению новых коагулянтов для молока микробного и растительного происхождения, при этом растительный используется значительно реже [2]. В настоящее время ферменты микробного происхождения очень распространены. Если раньше на их основе можно было изготавливать только небольшую группу сыров, то сейчас данный вид фермента стремительно сдвигает менее гуманный способ получения сыров [5]. В соответствии с большими трудностями классификации микробных протеиназ их классификация в первую очередь основана на источнике, из которого выделен фермент.

Распространенными источниками ферментов микробного происхождения являются штаммы микроорганизмов *Aspergillus niger* var. *awamori*, *Mucor miehei*, *Endothia parasitica* [7].

Протеазы препаратов, полученных на *Mucor miehei*, разрушают определенные пептидные связи: фен-вал, лей-тир, фен-фен или фен-тир. Разрушение казеина без образования горечи в сыре протекает при pH 5,5 - 7,0. На основе *M. miehei* основан выпуск целой серии молокосвертывающих ферментных препаратов микробного происхождения: *Rennilasa*, *Fromase*, *Milase*, *Meito* [9].

Также очень важно отметить, что сычужный фермент по религиозным соображениям положен не всем. Фермент микробного происхождения относится к категории Кошерного продукта и также Халяль.

Заключение

В последние годы коагулянты на микробной основе становятся все более популярными на рынке, будучи простыми в использовании и менее дорогими продуктами. Они представляют собой хорошую замену животному сычужному ферменту, удовлетворяя запросы вегетарианцев или потребности тех, кто по этическим или религиозным соображениям выбирает альтернативный коагулянт. Тем не менее, сычужный фермент вместе с молоком и солью по-прежнему остается секретом высокого качества конечного продукта, а сычуг придает вкус, запах и неповторимость каждому сыру.

Список литературы

1. Скотт Р. Робинсон Р.К., Уилби Р.А.. Производство сыра: научные основы и технологии СПб.: Профессия, 2005. 464 с.
2. Гудков А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты. 2-е изд., испр. и доп. М.: ДеЛи принт, 2004. 804 с.
3. Полковникова М.В., Азолкина Л.Н. Исследование свойств различных молокосвертывающих ферментов // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: сб. материалов международ. науч.-практ. конф. Алтай, 2012. С. 73.
4. Белов А.Н., Ельчанинов В.В., Коваль А.Д. Молокосвертывающие препараты // Молочная промышленность. 2003. № 2. С. 45-47.
5. Ларичев О.В. Влияние ферментов на качество сыров // Сыроделие и маслоделие. 2003. №3. С. 22-23.

6. Колесникова С. С. Ферменты для коагуляции молока в сыроделии // Молочное дело. 2006. № 8. С. 50-52; № 9. С. 50-51.
7. Федотова А.В. Правильный выбор молокосвертывающих ферментных препаратов-гарантия качества выпускаемых сыров // Молочное дело. Киев, 2006. № 6. С. 39.
8. Крахмалева Т.М., Манеева Э.Ш. Пищевая химия: учеб. пособие. Оренбург, 2012. 155 с.
9. Старовойтова В.В. Изучение функциональных свойств химозина телят и его рекомбинантных форм: дис. ... канд. хим. наук. Москва, 2001. 156 с.
10. Смирнова И.А., Гралева И.В., Штригуль В.К., Смирнов Д.А. Исследование способов коагуляции молока с целью формирования микропартикулятов белков молока // Техника и технология пищевых производств. Кемерово, 2012. № 3.

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАКВАСОЧНЫХ КУЛЬТУР НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ И МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ФИЛЕ ТРЕСКИ

Е. В. Лаврухина, Н. Ю. Зарубин, О. В. Бредихина, А. И. Гриневич

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии», г. Москва, Россия,
efrolenkova13@gmail.com, zar.nickita@yandex.ru

Аннотация: Изучено влияние бактериальных заквасочных культур на органолептические и микроструктурные характеристики мышечной ткани трески. Результаты исследования станут основой для последующего подтверждения ранее полученных оптимальных условий и параметров биотрансформации мышечной ткани трески по средству инокуляции бактериальных заквасочных культур, спроектированных за счет алгоритмов математического моделирования. Обработанное бактериальными заквасочными культурами рыбное сырье возможно использовать в рецептурных составах продуктов «быстрого питания» с пробиотическими свойствами, содержащих функциональные компоненты, что обосновано ускоренным ритмом жизни и желанием современного общества следить за своим питанием, употребляя продукты, соответствующие здоровому образу жизни.

Ключевые слова: мышечная ткань, филе трески, бактериальные заквасочные культуры, пробиотики, биотрансформация.

THE EFFECT OF BACTERIAL STARTER CULTURES ON THE ORGANOLEPTIC AND MICROSTRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE MUSCLE TISSUE OF COD FILLETS

E. V. Lavrukhina, N. Y. Zarubin, O. V. Bredikhina, A. I. Grinevich

Russian Federal Research Institute Of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia,
efrolenkova13@gmail.com, zar.nickita@yandex.ru

Abstract: The effect of bacterial starter cultures on the organoleptic and microstructural characteristics of cod muscle tissue has been studied. The results of the study will become the basis for further confirmation of the previously obtained optimal conditions and parameters of biotransformation of cod muscle tissue by means of inoculation of bacterial starter cultures designed using mathematical modeling algorithms. Fish raw materials processed with bacterial starter cultures can be used in prescription formulations of "fast food" products with probiotic properties containing functional components, which is justified by the accelerated rhythm of life and the desire of modern society to monitor their nutrition by eating foods that correspond to a healthy lifestyle.

Keywords: muscle tissue, cod fillet, bacterial starter cultures, probiotics, biotransformation.

Согласно Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года приоритетным направлением является разработка современных технологий производства пищевой продукции, включая биотехнологии, позволяющие создать продукты нового поколения с заданными характеристиками качества, соответствующие принципам здорового питания [1]. В связи с этим в пищевой биотехнологии особое место занимают бактериальные заквасочные культуры, которые возможно использовать в биотрансформации рыбного сырья и последующего его использования при производстве пищевой продукции [2-4].

Применение бактериальных заквасочных культур позволит биотрансформировать рыбное сырье, а именно улучшить органолептические свойства (коррекция консистенции и минимизация рыбного вкуса и запаха за счет мягкой деградации белковых компонентов и снижения уровня образования азотистых летучих оснований в мышечной ткани рыб) и повысить питательную ценность (за счет накопления белковых и эссенциальных веществ). При этом, бактериальные заквасочные культуры, как защитные микроорганизмы, положительно повлияют на сроки годности готового продукта за счет эффекта биоконсервирования, проявляющегося при образовании метаболитов (кислоты, бактериоцины), а их пробиотические свойства позволяют получить пробиотический пищевой рыбный продукт для поддержания функциональной активности органов и тканей человека, корректирования состава внутренней индигенной микрофлоры кишечной микробиоты и, как следствие, повышения иммунной защиты организма [5].

В соответствии с этим целью работы являлось изучение влияния биотрансформации с применением бактериальных заквасочных культур на органолептические и микроструктурные характеристики мышечной ткани филе трески для последующего подтверждения оптимальных условий и параметров данного процесса, спроектированных за счет алгоритмов математического моделирования.

В качестве основного объекта для изучения возможности биотрансформации рыбного сырья бактериальными заквасочными культурами было выбрано филе трески (*Gadus macrocephalus*).

В качестве штаммов бактериальных заквасочных культур использовали *Lactobacillus acidophilus* A630, *Propionibacterium freudenreichii* KM-186, *Bifidobacterium bifidum* 83.

Органолептическую оценку рыбного сырья после биотрансформации бактериальными заквасочными культурами (цвет, запах, консистенция) проводили по разработанной 5-ти бальной шкале [6].

Исследование микроструктуры образцов мышечной ткани филе рыб проводили с использованием бинокулярного микроскопа марки «Микмед-5» с оптическим увеличением X40.

На основании ранее проведенного математического моделирования, рассчитаны и подобраны оптимальные условия и параметры биотрансформации рыбного сырья с применением бактериальных заквасочных культур:

- модельными растворами среды для биотрансформации были выбраны 3,5 % раствор глюкозы и восстановленная молочная сыворотка;
- количество вносимых бактериальных заквасочных культур не менее $4,5 \times 10^8$ КОЕ/г для раствора глюкозы и 5×10^8 КОЕ/г для восстановленной молочной сыворотки;

- соотношение сырье: раствор было принято равным 1:2;
- продолжительность процесса биотрансформации – не менее 5 часов при температуре 37 °С.

Для органолептической оценки полученных обработанных образцов мышечной ткани филе трески была разработана балльная система оценки (таблица 1) [4].

Таблица 1

Балльная система оценки органолептических показателей мышечной ткани филе трески после процесса биотрансформации бактериальными заквасочными культурами

Показатель	Значение	Баллы
Запах	Рыбный с резким кислым запахом	1
	«Сладкий», рыбный	2
	Выраженный, рыбный	3
	Слабо выраженный рыбный, с лёгкой приятной кислинкой	4
	Едва уловимый рыбный, с лёгкой приятной кислинкой	5
Консистенция	Плотная	1
	Мягковатая	2
	Мягкая	3
	Рыхлая	4
	Мажущаяся	5
Цвет	Светло-серый	1
	Серый	2
	Светло-кремовый	3
	Кремовый	4
	Светло-коричневый	5

Данные по органолептической оценке в виде профилограмм запаха, консистенции и цвета образцов мышечной ткани филе трески после процесса биотрансформации БЗК представлены на рисунке 1.

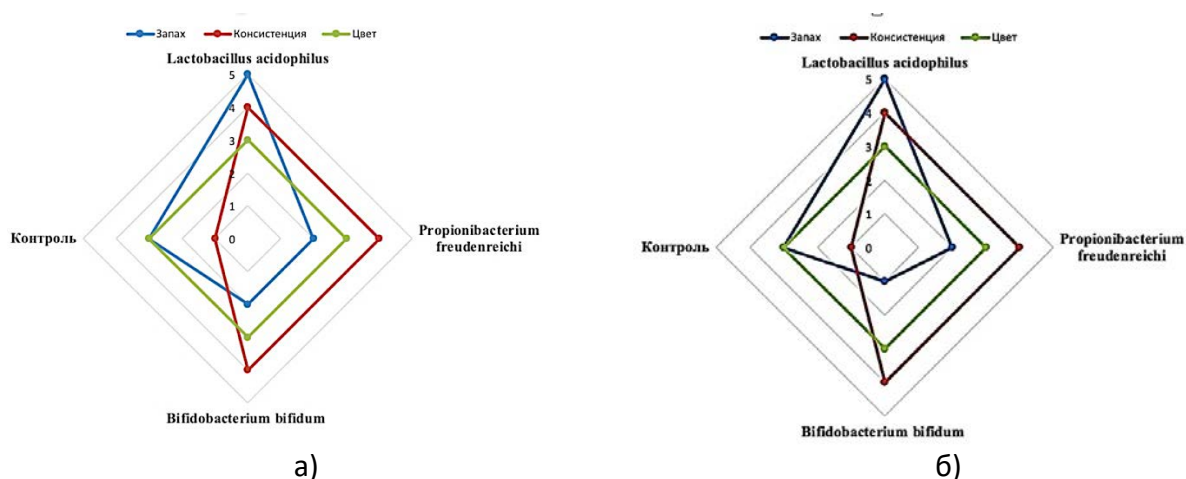


Рис. 1. Профилограммы запаха, консистенции и цвета образцов мышечной ткани трески до и после процесса биотрансформации БЗК в модельных растворах:
а – раствор глюкозы 3,5 %; б – восстановленная молочная сыворотка.

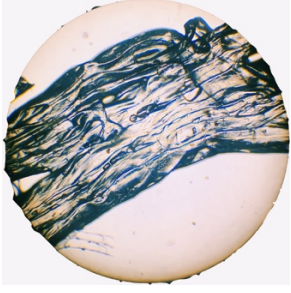
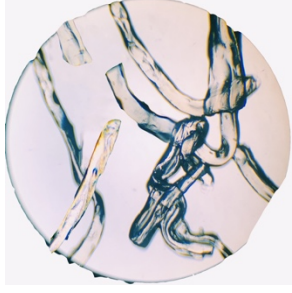
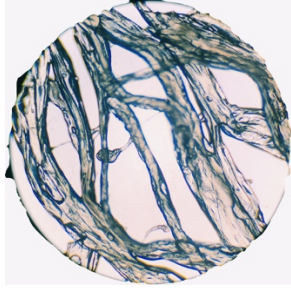
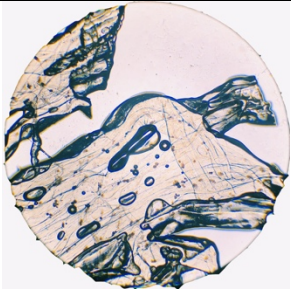
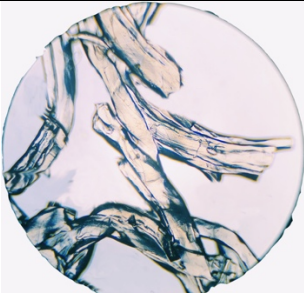
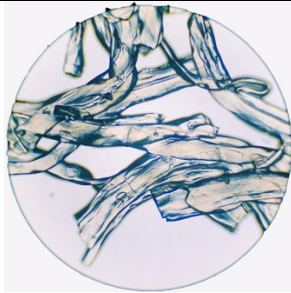
Отмечалось, что обработка растворами с *L. acidophilus* A630, кроме растворов с *P. Freudenreichii* KM-186 и *B. bifidum* 8з, положительно влияет на органолептические показатели мышечной ткани филе трески. При этом *L. acidophilus* A630 положительно себя проявляет как в модельном растворе глюкозы (3,5 %), так и восстановленной молочной сыворотке. Рыбный запах после воздействия *L. acidophilus* A630, по сравнению с контролем, практически отсутствовал и оценен в 4 – 5 баллов. Исследованные образцы имели кремовый или серый цвет и консистенцию, распадающуюся на волокна по сравнению с контролем, где консистенция была более плотной (1 балл).

Ароматические характеристики образцов с культурами *P. freudenreichii* KM-186 и *B. bifidum* 8з характеризуются как специфичные и негармоничные (2-3 балла). При обработке пропионовыми (*P. freudenreichii* KM-186) и бифидобактериями (*B. bifidum* 8з), присутствовали неприятные, несвойственные запахи, что связано со способностью данных микроорганизмов продуцировать уксусную и пропионовую кислоты, которые и обуславливают специфическое органолептическое восприятие [6-8].

Были проведены микроструктурные исследования мышечной ткани филе трески до и после процесса биотрансформации бактериальными заквасочными культурами (Таблица 2).

Таблица 2

Микроструктура мышечной ткани филе трески до и после биотрансформации бактериальными заквасочными культурами, увеличение 40х.

Треска	<i>L. acidophilus</i> A630	<i>P. freudenreichii</i> KM-186	<i>B. bifidum</i> 8з
Контроль	Раствор глюкозы 3,5 %		
			
Контроль	Восстановленная молочная сыворотка		
			

Проанализировав микроструктуру мышечной ткани филе трески до и после биотрансформации, можно сделать вывод, что после процесса волокна миофибрилл отделялись друг от друга и распадались на «нити», что вероятнее всего связано с воздействием кислот на белковую структуру самих волокон с последующей их деструкцией, приводящей к снижению прочности. Более активный распад наблюдается при обработке мышечной ткани филе трески раствором глюкозы (3,5 %), содержащим *L. acidophilus* A630. Менее активный распад на волокна мышечной ткани при обработке филе трески модельными растворами (раствор глюкозы (3,5 %), восстановленная молочная сыворотка) с наличием *B. bifidum* 83. В соответствии с этим, обработанное рыбное сырье может являться оптимальной пищевой матрицей для создания гомогенизированных и тонкоизмельченных продуктов, что позволит модернизировать параметры измельчения, за счет более мягкой структуры мышечной ткани [9].

Согласно данным исследования выявлено, что смоделированные условия и параметры биотрансформации положительно влияют на органолептические и микроструктурные характеристики мышечной ткани филе трески. Установлено, что наиболее положительное влияние на структуру и органолептические характеристики, в частности аромат, мышечной ткани филе трески оказывает *L. acidophilus* A630 в растворе глюкозы (3,5%) и в восстановленной молочной сыворотке. Наиболее отрицательное влияние было в случае *P. freudenreichii* KM-186 и *B. bifidum* 83, что говорит об их неэффективности для использования в обработке рыбного сырья, так как ухудшение аромата может привести к понижению потребительского интереса к конечному продукту.

Далее будут изучены физико-химические, функционально-технологические свойства обработанного рыбного сырья, а также количество бактериальных заквасочных культур и их выживаемость в образцах мышечной ткани при термическом воздействии. Кроме этого, будут проведены исследования по изучению изменения численности бактериальных заквасочных культур и динамики изменения микробиологических показателей безопасности в процессе модельного хранения образцов мышечной ткани филе трески после биотрансформации для последующего подтверждения эффекта биоконсервирования, а также конечных условий и параметров обработки. Данные исследования станут основой для разработки технологии пробиотических пищевых рыбных продуктов.

Список литературы

1. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года от 29 июня 2016 г. №1364-р.
2. Лаврухина Е.В. Интеграция бактериальных заквасочных культур с рыбным сырьем: подбор и обоснование / Е. В. Лаврухина, Н. Ю. Зарубин, О. В. Бредихина, А. И. Гриневич // Рыбное хозяйство. – 2022. – № 6. – С. 107-114.
3. Синбиотики в технологии продуктов питания / И. А. Рогов [и др.]. – Москва: МГУПБ, 2006. – 217 с. – ISBN 5-89168-140-4.
4. Нестеренко А. А., Акопян К. В. Биомодификация мясного сырья с целью получения функциональных продуктов // Научный журнал КубГАУ. 2014. №101.

5. Ардатская, М. Д. Пробиотики, пребиотики и метаббиотики в коррекции микробиологических нарушений кишечника / М. Д. Ардатская // Медицинский совет. – 2015. – № 13. – С. 94-99.
6. Ким Г.Н., Ким И.Н., Сафронова Т.М., Мегеда Е.В. Сенсорный анализ продуктов из рыбы и беспозвоночных. - СПб.: Лань, 2014. - 512 с.
7. Ghanbari M., Jami M., Domig K.J., Kneifel W. 2013. Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – A review. Journal of LWT – Food Science and Technology. № 54. P. 315–32. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.05.039.
8. Рябцева, С. А. Микробиология молока и молочных продуктов / С. А. Рябцева, В. И. Ганина, Н. М. Панова. – 1-е, Новое. – Санкт-Петербург: Издательство Лань, 2018. – 192 с.
9. Лаврухина Е.В. Полуконсервы рыбной паштетной группы с иммуномодулирующими компонентами / Е. В. Лаврухина, Н. Ю. Зарубин, Е. Н. Харенко [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2022. – № 2. – С. 106-114. – DOI 10.24143/2073-5529-2022-2-106-114.

ОПЫТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БИОТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА

Х. Т. Ле, Р. Э. Хабибуллин

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия, hurst@kstu.ru
Индустриальный университет Вьет Чи, г. Вьет Чи, Вьетнам,
lehuongthao2706@gmail.com

Аннотация: В работе представлен опыт усовершенствования биологической технологии очистки сточных вод промышленного предприятия по переработке цельного молока. Описаны основные задачи, которые для этого решались, примененные экспериментальные и аналитические методы. Описаны основные результаты работы, включая технологические, экологические и экономические.

Ключевые слова: сточные воды молокопереработки, анаэробно-аэробная биологическая очистка, пространственное разделение фаз процесса, экологическая эффективность, расчет предотвращенного экологического ущерба.

EXPERIENCE IN IMPROVING THE BIOTECHNOLOGY OF WASTEWATER TREATMENT OF ROW MILK PROCESSING ENTERPRISES

H. T. Le, R. E. Khabibullin

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, hurst@kstu.ru
Viet Tri University of Industry, Viet Tri city, Vietnam, lehuongthao2706@gmail.com

Abstract: The paper presents the experience of improving the biological technology of wastewater treatment of an industrial row milk processing enterprise. Paper describes the main tasks that were solved for this, experimental and analytical methods used in work. The main results of the work, including technological, environmental and economic ones, are described.

Keywords: milk processing wastewater, anaerobic-aerobic biological treatment, spatial separation of process phases, environmental efficiency, calculation of prevented environmental damage.

Современный агропромышленный комплекс России, включая предприятия по переработке мяса и молока, представляет собой мощный источник техногенного воздействия на водные и почвенные экосистемы в результате высокого водопотребления и образования сточных вод переменного состава. Основными направлениями реализации принципов рационального использования природных ресурсов являются максимальное использование вторичного сырья, минимизация отходов и усовершенствование технологий их эффективной утилизации, например, комбинированных методов биологической очистки сточных вод.

С целью усовершенствования процесса биологической очистки сточных вод были сформулированы и решены следующие задачи работы:

1. Определить эколого-токсикологические характеристики сточных вод предприятия по переработке молока.

2. Провести лабораторное моделирование процесса анаэробно-аэробной очистки сточных вод, обосновать направления совершенствования процесса.

3. Осуществить математическое моделирование анаэробно-аэробной очистки сточных вод, сформулировать и решить задачу оптимизации с целью уменьшения объема установки.

4. Оценить эколого-экономическую эффективность внедрения разработанных усовершенствований биотехнологии очистки сточных вод.

Объектами исследования являлись образцы сточной воды предприятия в РТ. Оценка потенциальной опасности проводилась на базе физико-химических свойств (таблица 1) и токсикологических характеристик (таблица 2).

Таблица 1

**Физико-химические характеристики промышленных сточных вод
(среднесуточные пробы)**

Показатель	Пробы						Среднее значение	ДКВ	Превышение, раз
	1	2	3	4	5	6			
pH	8,56	6,62	7,35	12,3	9,46	8,7	8,83	-	-
Взвеш. в-ва, мг·л ⁻¹	1262	2328	968	2117	1038	843	1426	10,0	84-233
ХПК, мгО ₂ · л ⁻¹	3613	4387	3770	3675	4190	3162	3799	15,0	211-293
БПК ₅ , мгО ₂ · л ⁻¹	2251	2610	1833	2141	1944	2008	2131	2,0	916-1305
NH ₄ , мг· л ⁻¹	82,7	93,4	54,5	85,4	75,0	65,9	76,2	0,5	109-187
Нитраты, мг· л ⁻¹	7,81	5,41	<0,5	2,88	1,30	1,59	3,79	9,0	-

ДКВ – допустимая концентрация вещества.

Таблица 2

Токсикологические характеристики промышленных сточных вод

Тест-объект	Токсичность (тест-параметр)	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5	Проба 6
<i>Paramecium caudatum</i>	Kp ₅₀	1	1	1	1	1	1
<i>Triticum vulgare</i>	Всхожесть/ингибирование роста (%)	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0
<i>Raphanus sativus</i>	Всхожесть/ингибирование роста (%)	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0
<i>E. coli</i>	Степень выживания, %	94	91	92	94	96	97
<i>Sarcina sp.</i>	Степень выживания, %	97	93	93	96	97	97
<i>Daphnia magna</i>	Kp ₅₀	1,7	12	6,2	4,7	2,5	2,0

Kp₅₀ – полулетальная кратность разбавления, вызывающая гибель 50 % тест-объектов.

Результаты указывали на отсутствие или слабую токсичность сточных вод в отношении использованных тест-организмов.

На лабораторной установке (рис. 1) варьировали расход поступающей сточной воды G и содержание органического вещества в ней S₀. Определяли расчетным путем скорость протока D, сут⁻¹, органическую нагрузку L, г·дм⁻³·сут⁻¹,

скорость деструкции органического вещества P , $\text{г} \cdot \text{дм}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$ и степень очистки (E , %) по стандартным формулам, описанным ранее [1-3].



Рис. 1. Внешний вид лабораторной установки очистки сточных вод

В ходе проведенного лабораторного моделирования экспериментально было показано, что пространственное разделение анаэробной стадии процесса в объемном соотношении 1:2-1:3 повышает эффективность очистки на 33-37 %, а иммобилизация анаэробной биомассы – еще на 35-44 %.

В процессе моделирования были получены корреляционные зависимости эффективности очистки E от органической нагрузки L на разных фазах процесса (Рис. 2), которые были положены в основу математических моделей и алгоритмов оптимизации процесса.

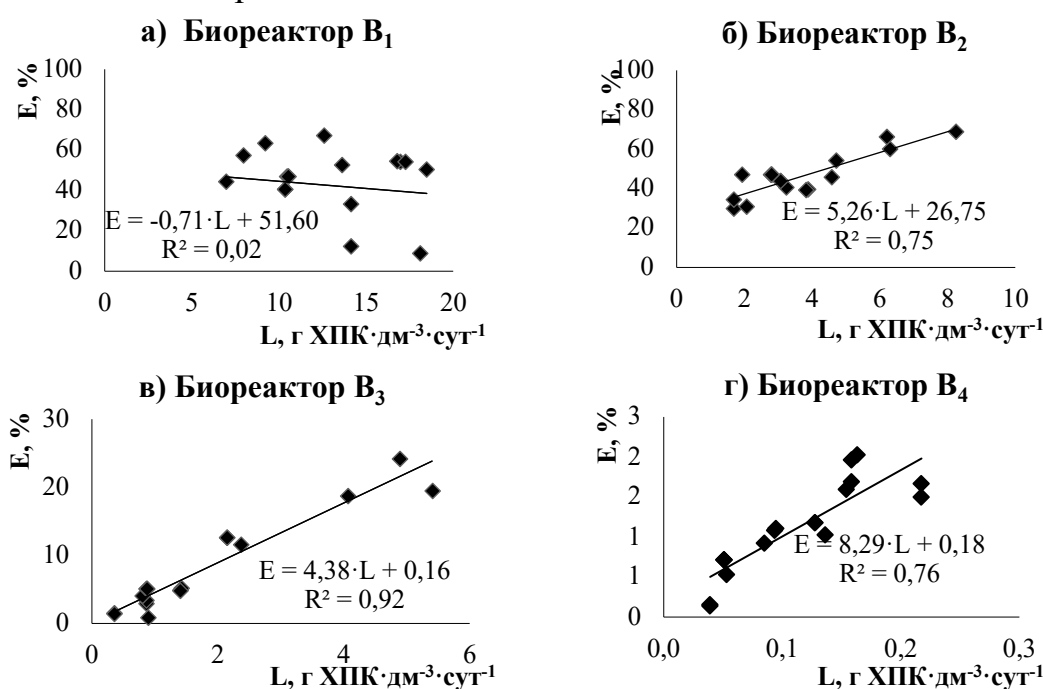


Рис. 2. Корреляции эффективности очистки E и органической нагрузки L

Постановка задачи оптимизации процесса очистки свелась к задаче минимизации общего объема установки, пропорционального общему времени обработки сточных вод:

$$\sum V_i = G \cdot \sum T_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

где V_i – объем биореактора i -ой ступени; G – объемный расход жидкости; T_i – время пребывания на i -ой ступени.

Для реализации алгоритма оптимизации были разработаны компьютерные программы как на основе инструмента «Поиск решения» табличного процессора Excel, так и в среде программирования MathCad. В результате оптимизации было показано, что заданная эффективность очистки от органических веществ может достигаться при сокращении общего объема от 5 до 40 % в зависимости от характеристик сточных вод.

Далее была разработана математическая модель анаэробной метаногенной очистки сточных вод в периодическом режиме в виде системы дифференциальных уравнений с участием биомассы двух видов и учетом двухфазного характера процесса [3-5]. Проведенная математическая оптимизация процесса очистки сточных вод с использованием верифицированной модели показала возможность снижения объема установки на 20-31 % при той же степени очистки.

Оценка эколого-экономической эффективности совершенствования анаэробно-аэробной технологии очистки сточных вод молокоперерабатывающего предприятия выявила ожидаемый эффект, превышающий 147 тыс. руб. в год, при этом на одном предприятии можно получить 104 тысячи м³ условного топлива в год с теплотворной способностью 29,3 МДж/м³, а в масштабах Республики Татарстан – 8,3 млн. м³ условного топлива в год [6, 7].

По результатам работы были сформулированы предложения по усовершенствованию технологической схемы анаэробно-аэробной очистки сточных вод (рис. 4):

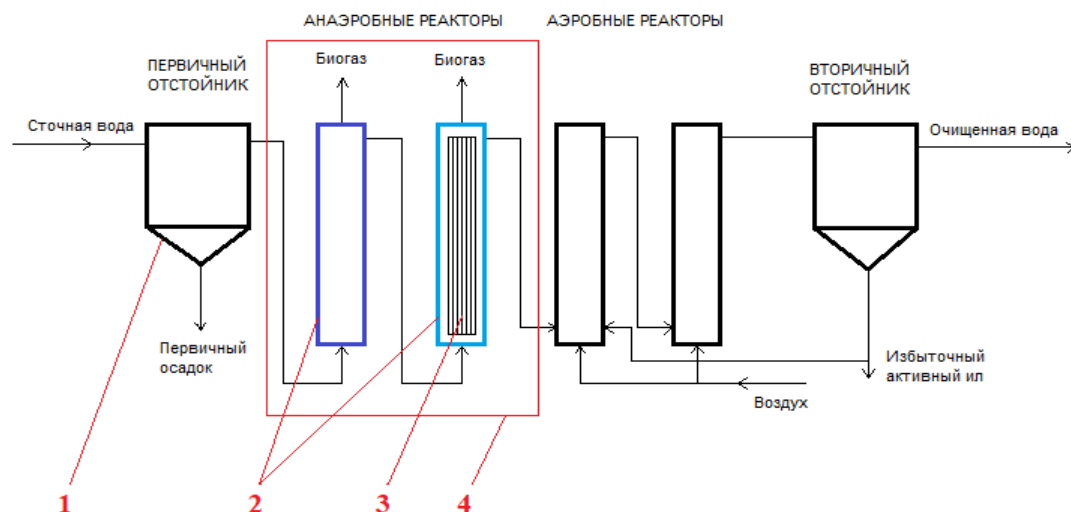


Рис. 4. Усовершенствованная технологическая схема анаэробно-аэробной очистки сточных вод молокоперерабатывающего предприятия

1. Включить в схему накопитель-усреднитель;
2. Пространственно разделить анаэробную ступень на две фазы в объемном соотношении 1:2-1:3;
3. Предусмотреть иммобилизацию микробной биомассы на инертном носителе типа «Шлейф»
4. Уменьшить объем биореакторов на 35-45 %.

Заключение

1. Проведена оценка потенциальной опасности сточных вод молокоперерабатывающего предприятия, по результатам которой сточные воды были отнесены к категории малотоксичных.
2. В ходе лабораторного моделирования экспериментально показали, что пространственное разделение анаэробной стадии процесса в объемном соотношении 1:2-1:3 повышает эффективность очистки на 33-37 %, а иммобилизация анаэробной биомассы – еще на 35-44 %.
3. Полученные корреляционные зависимости скорости потребления вещества и эффективности очистки от органической нагрузки были положены в основу математических моделей и алгоритмов оптимизации процесса. Это позволило сократить объем установки на 20-31 %.
4. Оценка эколого-экономической эффективности совершенствования анаэробно-аэробной технологии очистки сточных вод молокоперерабатывающего предприятия позволяет ожидать годовой эффект более 147 тыс. руб. в год.

Список литературы

1. Khabibullin, R. Energy efficiency of food production wastewater anaerobic-aerobic treatment / R. Khabibullin, T. Le Huong, O. Ivanchenko, A. Petrov // International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE-2019), E3S Web of Conferences. – 2019. – Vol. 140. – Art. 01001. DOI: 10.1051/e3sconf/201914001001.
2. Khabibullin, R. Influence of hydraulic and organic load on the anaerobic-aerobic dairy wastewater treatment characteristics / R. Khabibullin, T. Le Huong, A. Petrov // International Conference on Efficient Production and Processing (ICEPP-2021), E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 247. – Art. 01002. DOI:10.1051/e3sconf/202124701002.
3. Ле, Х.Т. Разработка алгоритма оптимизации процесса очистки сточных вод предприятия по переработке молока / Х.Т. Ле, Р.Э. Хабибуллин, А.М. Петров // XVII Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Пищевые технологии и биотехнологии». - Казань: КНИТУ. - 2021. - С. 637-643.
4. Ле, Х.Т. Решение обратной задачи кинетики метаногенного сбраживания органического вещества из состава сточных вод / Х.Т. Ле, Р.Э. Хабибуллин, Т.В. Лаптева, А.М. Петров // Бутлеровские сообщения. - 2022. - Т. 69. - № 1 - С. 34-44. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/22-69-1-34.
5. Хабибуллин, Р.Э. Разработка алгоритма оптимизации процесса очистки сточных вод предприятия по переработке молока / Р.Э. Хабибуллин, Х.Т. Ле, А.М. Петров // Бутлеровские сообщения. - 2022. - Т. 69. - № 1 - С. 45-51. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/22-69-1-45.
6. Ле Х.Т., Хабибуллин Р.Э., Петров А.М. Оценка экологической эффективности внедрения технологии анаэробно-аэробной очистки сточных вод молокоперерабатывающего предприятия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2022. Т. 24. № 6 (110). С. 160-164. DOI: 10.37313/1990-5378-2022-24-6-160-164
7. Ле Х.Т., Хабибуллин Р.Э., Петров А.М. Экологическая эффективность технологии анаэробно-аэробной очистки сточных вод молокоперерабатывающего предприятия // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 1 (29). С. 76-84. DOI: <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2022.1.76.84>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЛИННОСТИ И ВЫЯВЛЕНИЕ ФАЛЬСИФИКАЦИИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ РАЗНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ПРИОБРЕТЕННЫХ В МАГАЗИНАХ Г. КАЗАНИ

Н. К. Макарова, К. Г. Валеулов, Г. О. Ежкова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия, egkova@kstu.ru

Аннотация: В течение трех лет методом газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием проведены исследования молока, творога и сметаны на содержание фитостеринов. Установлено, что количество нестандартных проб молочной продукции, реализуемой в Казани, в среднем и составила 6,06-10,86 % от удельного объема исследованных проб.

Ключевые слова: молоко, молочные продукты, фальсификация, качество, биологическая безопасность.

AUTHENTICATION AND DETECTION OF FALSIFICATION OF MILK AND MILK PRODUCTS OF DIFFERENT MANUFACTURERS PURCHASED IN KAZAN

N. K. Makarova, K. G. Valeulov, G. O. Ezhkova

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Gas-liquid chromatography with mass spectrometric detection to study milk, cottage cheese and sour cream for the content of phytosterols for three years was used. The number of non-standard samples of sold in Kazan dairy products of the specific volume 6.06-10.86 % of the studied samples has been established.

Keywords: milk, milk products, falsification, quality, biological safety.

В России особое внимание уделяется производству продуктов питания животного происхождения, особенно молока и молочных продуктов. Для увеличения объемов реализуемой продукции, улучшения ее вкусовых свойств, расширения ассортимента и насыщения пищевой ценности иногда используются добавки растительных жиров [3]. Поэтому натуральность пищевых продуктов является одним из критериев, определяющих решение потребителей об их покупке. Подлинность молочной продукции стала насущной проблемой для добросовестных производителей, исследователей и потребителей из-за увеличения доли фальсифицированных молочных продуктов. В связи с чем исследование санитарного качества и безопасности молочных продуктов промышленного производства с выявлением доли нестандартных и фальсифицированных образцов, изготовленных с использованием заменителей молочного жира и реализуемых в торговых организациях г. Казани, является актуальным [1, 2].

Материалы и методы.

Объектом исследований стали образцы молочной продукции потребительского рынка РТ разных производителей, а именно молоко, творог, сметана за 2020-2022 гг.

В работе использовали методы газожидкостной и газовой хромато-масс-спектрометрии, органолептические, физико-химические, биохимические бактериологические, технологические методы исследования молочных продуктов и пищевого пальмового масла [4, 5].

Испытания молока проводили по нормативному документу на метод исследований ГОСТ 33490 «Молоко и молочная продукция. Обнаружение растительных масел методом газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием.

Молоко испытывали методом газовой хроматографии с масс-детектированием на газовом хроматографе Agilent 7890A (США) с использованием для обнаружения фитостеринов. Исследования проводили в испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)».

В качестве стандартных образцов использовали смесь фитостеринов: брасикастерин, кампестерин, стигмастерин, β -ситостерин в хлороформе с суммарной массовой концентрацией 25 мг/см³ и холестерин с массовой долей основного вещества не менее 99,0 %.

Цифровые показатели, полученные при выполнении работы, анализировали по стандартным программам вариационной статистики Microsoft Office Excel-2007.

Результаты исследований.

Динамика отбора проб молочной продукции, продаваемой в розничной сети города Казани, представлена в табл. 1. В качестве эталона сравнения использовали пищевое пальмовое масло

Таблица 1

Количество исследованных проб молочной продукции на растительные стерины

Показатели	Период исследований, гг			Итого за 2020 - 2022 гг
	2020	2021	2022	
Общее количество проб	114	281	368	763
Количество нестандартных проб	10	21	26	57
% нестандартных проб	8,77	7,47	7,06	7,47

Анализ табличных данных свидетельствует о снижении доли фальсифицированной молочной продукции на территории РТ. В 2020 году объёмная доля нестандартной молочной продукции составила 8,77 %. В 2021 она снизилась и

составила 7,47 %. В 2022 году объёмная доля нестандартной молочной продукции уменьшилась до 7,06 %. Всего же за исследуемый период 2020-2022 г. в среднем выявлено 7,47 % нестандартной продукции, содержащей незаявленные фитостерины. По этому показателю молочная продукция в республике сопоставима с показателями по РФ и не превышает 8,0 % [1].

Особый интерес представляли исследования долевого содержания нестандартных проб по видам молочных продуктов (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительные исследования нестандартных проб молочных продуктов

Показатель	Группы молочных продуктов		
	молоко	творог	сметана
	2020 год		
Количество проб	36	32	46
Количество нестандартных проб	3	2	5
% нестандартных	8,3	6,25	10,86
	2021 год		
Количество проб	86	73	122
Количество нестандартных проб	6	5	10
% нестандартных	6,9	6,8	8,19
	2022 год		
Количество проб	97	99	172
Количество нестандартных проб	8	6	12
% нестандартных	8,2	6,06	6,97
	Итого за 2020-2022		
Количество проб	219	204	340
Количество нестандартных проб	17	13	27
% нестандартных	7,76	6,37	7,94

В исследованных образцах доля нестандартных проб по содержанию фитостеринов в период с 2020 по 2022 гг. колебалось в пределах: по молоку – 6,9-8,3 %, творогу – 6,06-6,80 %, сметане – 6,97-10,86 %.

Доля нестандартных проб сметаны была наибольшей в общей массе фальсифицированных молочных продуктов и составила в среднем за три года 27,02 %. В общем объеме нестандартных проб по фитостеринам доля молока 23,40 % и творога – 19,11 %.

Таким образом, установлено, что в период с 2020 по 2022 годы удельный объем нестандартных проб молочной продукции потребительского рынка РТ составил 6,37-7,94 %. При этом, среди фальсифицированной продукции больше нестандартных проб было в образцах молока и сметаны.

На следующем этапе определяли количественное и качественное содержание стерина в молочных продуктах, результаты представлены на рис. 1, 2. При проведении испытаний молока на хроматограмме стандартной пробы отмечали наличие единственного пика, характерного для молочной продукции. Этот пик

на хроматограмме представлен с временем удерживания 19,2 мин и идентифицирует наличие холестерина, с процентным содержанием 100 % (рис. 1).

При исследовании нестандартной пробы молока на хроматограмме стеринной фракции молочного жира кроме пика холестерина выявляли три дополнительных пика с различной интенсивностью сигнала. Первый пик с временем удерживания 19,2 мин определял наличие холестерина со средним процентным содержанием 79,0 %. Второй пик со временем удерживания 21,1 мин идентифицировал наличие кампестерина со средним процентным содержанием 4,4 %. Третий пик с временем удерживания 21,8 мин показал наличие стигмастерина со средним процентным содержанием 2,9%. Четвёртый пик с временем удерживания 23 мин идентифицировал наличие β -ситостерина со средним процентным содержанием 13,6 %. (рис. 2). В образцах молока не наблюдали брасикастерина.

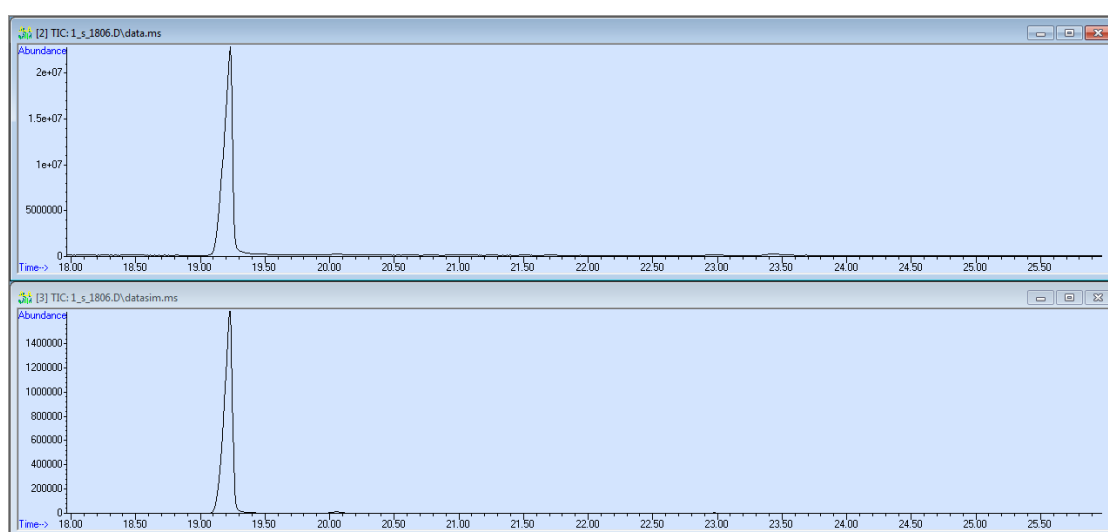


Рис. 1. Качественное и количественное содержание холестерина и растительных стерinov, %

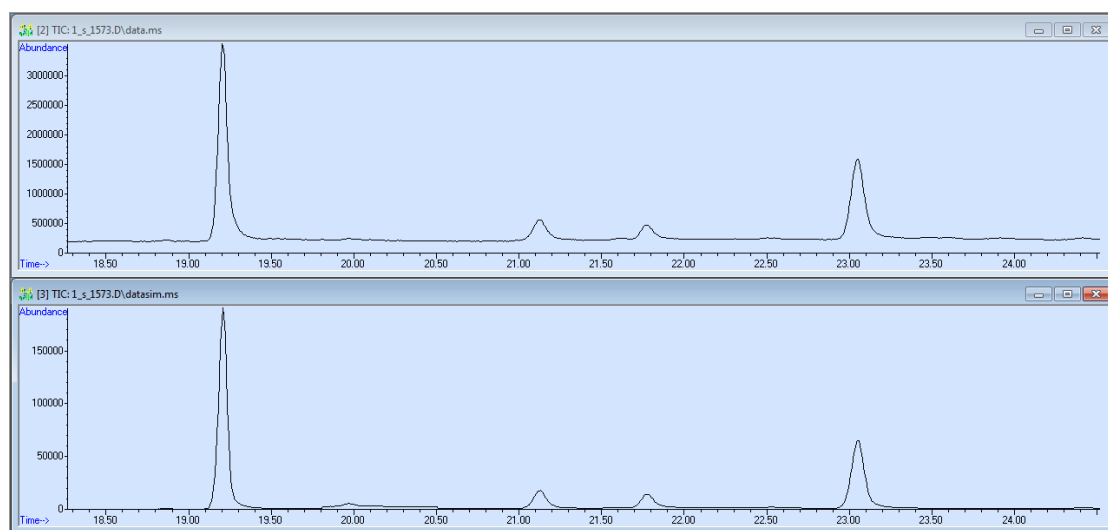


Рис. 2. Качественное и количественное содержание холестерина и растительных стерinov, %

Обсуждение результатов исследований. На потребительском рынке молока и молочных продуктов (молоко, творог, сметана) РТ в период 2020-2022 г.г. доля нестандартных проб, содержащих фитостерины, составила 7,47 %. В жидких кисломолочных продуктах (айран, ацидофилин, кефир, простокваша, ряженка, кумыс и кумысный продукт), а также в йогурте за период не обнаружены фитостерины. Наибольшей модификации растительными стеринами подверглись молоко и сметана, что составило 7,76-7,94 % от общей доли исследованных продуктов. В хроматограммах нестандартных проб молока кроме холестерина в доле $79,4 \pm 4,6$ %, были обнаружены фитостерины: кампестерин – $4,4 \pm 0,9$ %, стигмастерин – $2,9 \pm 0,8$ % и бета-ситостерин – $13,6 \pm 2,1$ %. В меньшей доле отмечали фитостерины в твороге, что составило 6,37 %.

Выводы. 1. На потребительском рынке РТ наблюдается наличие молока и молочных продуктов с содержанием растительных стерина, не заявленных производителями.

2. Качественная и количественная идентификация фитостеринов с последующим их количественным определением проведена методом газовой хроматографии с масс-детектированием.

3. Основными фитостеринами в жировой фазе молока являются: кампестерин, стигмастерин, β -ситостерин. Брасикастерин в пробах молока не выявлен.

Список литературы

1. Ежкова, А.М. Качественные и количественные показатели молока по содержанию стерина при его фальсификации растительными жирами / А.М. Ежкова, Д.И. Самигуллин, Р.А. Волков, В.О. Ежков // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. -2020. – Т.241. -№1. –С.76-79.

2. Самигуллин, Д.И. Пальмовое масло в пищевой промышленности. Проблемы и перспективы применения / Д.И. Самигуллин, Р.А. Волков, А.М. Ежкова //В книге: Проблемы и основные направления повышения эффективности функционирования АПК региона в условиях глобализации и импортозамещения. Межотраслевой научно-информационный центр ФГБОУ ВО «Пензенского государственного аграрного университета» (МНИЦ). Пенза, 2021. - С. 102-112.

3. Самигуллин, Д.И. Идентификация кисломолочных продуктов на содержание стерина / Д.И. Самигуллин // В сборнике: Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК. Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи, посвященной 90-летию образования казанской зоотехнической школы (факультет биотехнологии и стандартизации). - 2020. - С.135-1383.

4. Самигуллин, Д.И. Обнаружение фальсификации молока и молочных продуктов методом газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием / Д.И. Самигуллин, А.М. Ежкова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. -2019. - Т.238. -№ 2. - С.182-184.

5. Petrov, A.N. Indicators of quality of canned milk: Russian and International priorities / A.N. Petrov, A.G. Galstyan, I.A. Radaeva [et al]// Foods and raw materials, 2017. V. 5(2). P. 151-161.

РАЗРАБОТКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПРОДУКТА МОЛОЧНОКИСЛОГО БРОЖЕНИЯ НА РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ С ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Д. М. Миассарова, Д. В. Хрундин

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия,
khrundin@yandex.ru

Аннотация: в работе изучена возможность использования овса в качестве растительной основы для получения кисломолочных продуктов с полифункциональными свойствами.

Ключевые слова: овес, ферментация, молочнокислое брожение, кисломолочные продукты.

DEVELOPMENT OF AN ALTERNATIVE PLANT-BASED LACTIC ACID FERMENTATION PRODUCT WITH MULTIFUNCTIONAL PROPERTIES

D. M. Miassarova, D. V. Khrundin

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia,
khrundin@yandex.ru

Abstract: The paper examines the possibility of using oats as a plant base for the production of fermented milk products with multifunctional properties.

Keywords: oats, lactic acid fermentation, fermented milk products.

Развитие пищевой промышленности не стоит на месте, а находится в постоянном движении, развитии. Направление этого развития формируется под действием целого ряда факторов. Во-первых, оказывают влияния результаты исследований в области физиологии, науки о питании. Благодаря этому корректируются пищевые рационы, пересматриваются критерии оценки пищевой и биологической ценности, сбалансированности питания. Во-вторых, меняется образ жизни самих людей, их потребительские предпочтения и привычки. Люди, ведущие активный здоровый образ жизни, подходят к выбору продуктов питания более требовательно, тщательно изучают состав, свойства, «натуральность» продуктов. Потребители, придерживающиеся строгих правил религии, вынужденно ограничивают себя в потреблении ряда продуктов. Например, исключают из рационов свинину, иногда говядину, не употребляют животные продукты в определенные дни. Некоторые люди сознательно исключают животные продукты по морально-этическим соображениям, а иногда, – просто слепо следуя «модным» тенденциям, концепциям и направлениям. В-третьих, к сожалению, возрастает доля заболеваний, связанных с индивидуальными особенностями человеческого

организма. Самыми распространённым являются непереносимость отдельных компонентов пищи (некоторых белков – глютена, казеина и проч.; сахаров – лактозы). Большая доля населения, в том числе детского и подросткового возраста, страдает аллергическими реакциями на пищевые продукты. Чрезмерное употребление сахаро- (в основном безалкогольных напитков) и жиросодержащих продуктов приводит к развитию заболеваний сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, ожирению и диабету. В-четвертых, на рацион и режим питания большое влияние оказывает возраст человека. Здесь следует выделить новорожденных, детей до- и школьного возраста, подростков, взрослое население и пожилых. Для каждой из этих групп, как правило, требуется свой рацион, состав и соотношение отдельных компонентов пищи. Связано это в основном с естественным течением жизни человеческого организма, особенностями метаболизма и т.п. В-пятых, особенности питания также формируются под влиянием культурно-исторического развития многонационального народонаселения России, его традиций и культуры, а также зависят от почвенно-климатических условий, рельефа местности и других факторов. В-шестых, на питание могут оказать влияние (особенно, в последнее время) искусственно созданные внешние причины: санкции, ограничения, запреты и т.д. Наиболее уязвимыми здесь оказываются малоимущие и многодетные семьи, одинокие пожилые люди, т.к. искусственно созданный дефицит сырья и вспомогательных материалов, оборудования и запасных частей, приводит, как правило, к увеличению затрат, необходимых для поиска и замены компонентов, переналадки технологических линий и проч. [1-5]

Это далеко не полный перечень факторов-причин, оказывающих колоссальное влияние на структуру и качество питания населения, независимо от благосостояния, мировоззрения и нравственного развития в целом.

Таким образом, перед учеными, мастерами и технологами пищевой отрасли стоит непростая задача своевременного реагирования на ожидаемые и форс-мажорные обстоятельства, связанные с обеспечением населения качественным, сбалансированным и доступным питанием.

Одним из способов решения подобных проблем может явиться пересмотр традиционного сырья под новым углом зрения. Благодаря современным достижениям в области пищевой технологии, особенно биотехнологии, становится возможным существенно расширить возможности переработки сырья, направленного управления технологическими процессами.

В данной работе изучена возможность применения овса в качестве основы для производства нового вида ферментированного продукта с полифункциональными свойствами.

Овес и продукты его переработки (крупы, хлопья) давно известны и широко используется в повседневной кулинарии практически во всех субъектах Российской Федерации [6,7]

Овес имеет богатый аминокислотный состав, содержит большое количество ПНЖК и НЖК, минералов и витаминов, клетчатку.

Овсяные продукты также свободны от глютеиновой фракции белка и лактозы, что особенно важно при разработке гипоаллергенных продуктов. Кроме

того, овес, как и большинство злаков, обладает выраженными антиоксидантными свойствами, что делает его также незаменимым при проектировании геронтологического питания.

Отличительной особенностью овса и овсяных продуктов является наличие в нем бета-глюканов – природных полисахаридов, структурным звеном которых является глюкоза. Бета-глюканы, содержащиеся в овсе, находятся в активной форме, и на этом основаны некоторые терапевтические свойства овсяных продуктов. Например, обладают иммуномодулирующими, инфекционными, антидиабетическими свойствами. Воздействует на уровень холестерина в крови. Защищает организм от проникновения патогенных вирусов и микроорганизмов. Полимеры глюкозы, составляющей части бета-глюкана активизируют рост пробиотических видов бактерий [8–10].

В тоже время, несмотря на неоспоримые достоинства овса и продуктов его переработки, области его применения в кулинарии остается очень ограниченной. В основном, это каши, хлопья, снеки и т.п.

Нами предлагается обработка овса (на примере хлопьев) биотехнологическими способами для получения нового продукта питания, сочетающего в себе все перечисленные свойства и новые – за счет обогащения живыми культурами молочнокислых бактерий и их метаболитов.

В лабораторных условиях кафедры ТММП ФГБОУ ВО «КНИТУ» были изготовлены образцы овсяных вытяжек – «овсяное молоко», которые затем были подвергнуты молочнокислому брожению.

Ферментацию проводили при температуре 40 °С с временным контролем показателей титруемой кислотности и рН до достижения роста биомассы предполагаемого плато. После окончания главного брожения для формирования сгустка и замедления активности микроорганизмов, образцы помещали в холодильник на 24 ч.

Были определены органолептические, физико-химические образцов до и после брожения.

Результаты исследования показали, что кинетика ферментации в данных условиях в целом имела характер «классического» молочнокислого брожения, но с некоторыми особенностями. В начальный момент времени до 6 ч нарастание титруемой кислотности было незначительным, что соответствовало, вероятно, периоду адаптации микроорганизмов к условиям существования (лаг-фаза). Затем наблюдали рост кислотонакопления с пиком на 18-20 ч брожения (логарифмическая фаза). В последующий период времени (суммарно – до 36 ч) титруемая кислотность снизилась до некоторой постоянной величины (стационарная фаза).

Результаты физико-химического анализа приведены в таблице 1.

Следует отметить, что кислотность возросла более, чем в 3 раза. Низкое значение титруемой кислотности (по сравнению с традиционными кисломолочными продуктами) не отражает сенсорного ее восприятия. Учитывая специфичность субстрата для молочнокислых бактерий, образец после брожения имел выраженный кислый вкус, свойственный традиционным продуктам такого типа.

Таблица 1

Физико-химические свойства образцов

Показатель	До брожения	После брожения
Белок, %	2,49	3,24
Жир, %	0,12	0,94
Сухие вещества, %	8,74	10,74
Сахар, %	0,44	3,93
pH	6,80	4,96
Кислотность, град.	10,0	34,0

Результаты определения органолептических показателей даны в табл.2.

Таблица 2

Органолептические свойства образцов

Образец	Внешний вид и консистенция	Цвет	Вкус и запах
До брожения	Однородная жидкость, гомогенная	Молочно-кремовый	Нейтральный с запахом овса
После брожения	Однородная, слегка затянута жидкость, гомогенная	Молочно-кремовый	Кисло-молочный, выраженный с «фоном» овсяной основы, приятный

Таким образом, по результатам проделанной работы можно сделать выводы:

- 1) овсяное сырьё (хлопья) пригодны для получения водной основы – «овсяного молока» для последующей биотехнологической обработки;
- 2) в результате биотрансформации получается продукт с выраженными свойствами молочнокислого брожения.

Дальнейшие исследования необходимо продолжить и направить на подбор штаммов молочнокислых микроорганизмов, оптимизацию из дозировки и режимов ферментации. Кроме того, необходимо изучение состава полученных образцов, обогащенных продуктами метаболизма, а также реологических свойств и возможности из управляемой корректировки.

Список литературы

1. Reshetnik, E.I. Healthy food products with probiotic and prebiotic properties // E. I. Reshetnik, E. A. Utochkina // Foods and Raw Materials. 2015. V. 3, N 2. P. 88–95.
2. Кочеткова А.А., Тужилин В.И. Функциональные пищевые продукты: некоторые технологические подробности в общем вопросе // Пищевая промышленность. 2003. № 5. С. 25–26.
3. Ульянова, О.В., Илларионова, В.В., Губа, Е.Н., Гусева, М.В. Использование различных видов растительного сырья в производстве безлактозных продуктов питания // Известия Вузов. Пищевая технология. 2021. №2-3. С. 13–16. DOI10.26297/0579-3009.2021.2–3.3.

4. Шаззо, Р. И. Продукты функционального назначения / Р. И. Шаззо, Л. А. Русанова // Пища. Экология. Человек: материалы четвертой Междунар. конф. – М.: Изд-во МГУПБ, 2001. – С. 37–38.
5. Чурилова, Т. М. Рациональное питание как аспект физиологической экологии / Т. М. Чурилова, М. В. Топчий // Пища. Экология. Человек: материалы четвертой Междунар. конф. – М.: Изд-во МГУПБ, 2001. – С. 45–46.
6. Игорянова, Н.А. Новые свойства овса с позиции здорового питания / Н.А. Игорянова, Е.П. Мелешкина, С.Н. Коломиец // Научно-инновационные аспекты хранения и переработки зерна. – М.: ИД «Типография» Россельхозакадемии, 2014. – С. 103-105.
7. Зенкова, А.Н. Крупяные продукты как компоненты здорового питания / А.Н. Зенкова [и др.]. – М.: РАСХН, 2008. – 72 с.
8. Khrundin D., Ponomarev V., Yunusov E., Ezhkova G. The use of plant proteins in the technology of fermented dairy-free products // The 2nd International Conference on Agriculture and Rural Development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science/. – 2021. – V. 715. – p. 293–298.
9. Химический состав российских пищевых продуктов / Под ред. членкор. МАИ проф. И.М. Скурихина и акад. РАМН проф. В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
10. Зенкова, А.Н. Овсяная крупа и хлопья – продукты повышенной пищевой ценности / А.Н. Зенкова, И.А. Панкратьева, О.В. Политуха // Хлебопродукты. – 2012. - №11. – С. 60-62.

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ НЕЗАКВАСОЧНЫХ ШТАММОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ В ТЕХНОЛОГИИ СЫРОВЯЛЕННЫХ МЯСОПРОДУКТОВ

А. С. Мирзоев, Е. В. Никитина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г.Казань, Россия,
ev-nikitina@mail.ru

Аннотация: В работе проведен скрининг штаммов молочнокислых бактерий на способность ферментировать мясное сырье. В качестве мясного сырья использовали баранину – это мясо является нетрадиционным для использования для сыровяленых изделий. Штаммы *Lactiplantibacillus plantarum* AG1, *Limosilactobacillus fermentum* AG8 наиболее активно синтезировали молочную кислоту в процессе ферментации баранины. На стадии созревания более активны были штаммы *Lactiplantibacillus plantarum* AG9, *Lactiplantibacillus plantarum* AG10. Реализации кислотообразования штаммов на разных этапах технологического цикла сыровяления показывает возможность комбинирования этих штаммов при составлении стартерных культур.

Ключевые слова: лактобациллы, баранина, ферментация, химические показатели

PERSPECTIVE FOR APPLICATION OF NEW NON-STARTER STRAINS OF LACTIC ACID BACTERIA IN THE TECHNOLOGY OF CURED MEAT PRODUCTS

A. S. Mirzoev, E. V. Nikitina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia,
ev-nikitina@mail.ru

Abstract: In this work, we tested lactic acid bacteria strains for their ability to ferment raw meat. Lamb was used as a meat raw material - this meat is non-traditional for use in cured meat products. Strains *Lactiplantibacillus plantarum* AG1, *Limosilactobacillus fermentum* AG8 most actively synthesized lactic acid during fermentation of lamb. *Lactiplantibacillus plantarum* AG9 and *Lactiplantibacillus plantarum* AG10 strains were more active at the ripening stage. Realization of acid formation of strains at different stages of the technological cycle of raw meat shows the possibility of combining these strains in the composition of starter cultures.

Keywords: lactobacilli, fermentation, lamb, chemical parameters.

Молочнокислые бактерии (МКБ) представляют собой гетерогенную группу, которая широко ассоциируется со свежим мясом и приготовленными мясными продуктами. Они представляют собой противоречивую группу микроорганизмов, которые либо способствуют порче путем образования опасных метаболитов и последующего снижения органолептических свойств мяса, либо

служат в качестве биозащитных агентов, причем штаммы определенных видов вызывают незаметные изменения или вообще не вызывают их. Таким образом, значительное различие между биотипами обосновано исследованиями, определяющими потенциал порчи как штаммоспецифический признак, что подтверждает необходимость пересмотра концепции порчи [1].

Молочнокислые бактерии (МКБ) широко распространены в природе и обычно встречаются на всех видах растительных материалов, на слизистых оболочках, в слюне и в фекалиях. Следовательно, они неизбежно являются частью контаминационной флоры свежего мяса после убоя. При определенных условиях, например, в упакованном охлажденном мясе или сыром колбасном фарше, они способны эффективно конкурировать с сопутствующими микроорганизмами за питательные вещества и могут достигать значительного количества жизнеспособных особей. Их метаболическая активность может в конечном итоге привести либо к желаемому консервирующему эффекту за счет подавления патогенных и испорченных микроорганизмов, либо к желаемому вкусному мясному продукту, такому как сыровяленая ферментированная колбаса, либо к порче мяса за счет нежелательных преобразований сырого и вареного мяса [2].

Молочнокислые бактерии в целом признаны безопасными. Они используются для увеличения срока хранения ферментированных продуктов, а их противомикробное действие основано на метаболитах, выделяемых ими, таких как молочная кислота, перекись водорода, реутерин, бактериоцины и тому подобные бактериоцины. Доказано, что МКБ способны подавлять портящие бактерии сырого мяса, но неправильное обращение с живыми культурами может привести к порче [3].

В работе нам предстояло оценить способность штаммов, выделенных из силоса (растительных компонентов), ферментировать мясное сырье. В работе использовали штаммы *Lactiplantibacillus plantarum* AG1, *Limosilactobacillus fermentum* AG8, *Lactiplantibacillus plantarum* AG9, *Lactiplantibacillus plantarum* AG10, *Lactiplantibacillus plantarum* AG15 и *Lacticaseibacillus rhamnosus* AG16 (ранее идентифицированный как *L. fermentum*) были ранее выделены из силоса, обеспечивают высокую скорость подкисления молока и обладают потенциальными пробиотическими свойствами [4]. LAB хранили в бульоне де Мана, Рогозы и Шарпа (MRS) (HiMedia, Индия) с 50% глицерина при -80°C. Для получения рабочей культуры 100 мкл аликвоты каждой культуры индивидуально переносили в бульон MRS и выращивали в течение 18 ч в статических условиях при 37 °C. Ночную культуру центрифугировали, полученные клетки промывали дважды стерильным К-Na-буфером, 0,2М, рН=6,5. Получившуюся суспензию использовали для инокулирования мяса.

Мясо (баранину) измельчали на крупной мясорубке, в фарш были добавлены хлорид натрия (25 г/кг, исходя из веса фарша), сахара (40 г/кг), и 500 мг/кг NaNO₃. Мясо разделили на равные порции по 80 г, затем добавили культуры МКБ в количестве примерно 10⁷ КОЕ/г, сформировали мясо в виде плотной котлеты, ферментировали в течение 48 ч при температуре 26 °C и относительной влажности 80%. После этого сосиски созрели в течение 7 дней при темпера-

туре 10-12 °С и относительной влажности 65%-70%. Измеряли pH водной вытяжки, по завершении созревания анализировали белок, жир, влажность с помощью ИнфраЛюма.

Одним из важных показателей для МКБ является синтез молочной кислоты, ее присутствие является залогом снижения микробной обсемененности в процессе изготовления сыровяленых изделий. Анализ изменения кислотности мясного фарша выявил, что наиболее активное снижение pH происходило в варианте с использованием штамма *Lactiplantibacillus plantarum* AG1 (рис.1), но надо отметить, что в этом случае снижение pH не отмечено в стадию созревания. Видимо, сочетание значений pH ниже 4,5 и снижения температуры до 10-12°C приводит к снижению накопления молочной кислоты. Аналогично вел себя штамм *Limosilactobacillus fermentum* AG8.

Обращает на себя внимание динамика изменения pH у варианта с *Lactiplantibacillus plantarum* AG9 и AG10. В период ферментации они показывают не очень интенсивное закисление баранины, однако в процессе созревания идет более интенсивное накопление молочной кислоты, чем в других вариантах (рис.1).

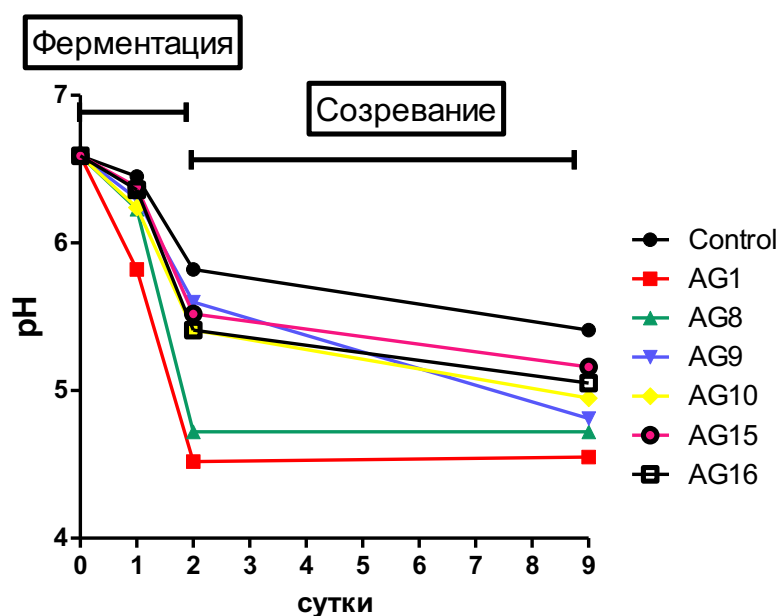


Рис. 1. Изменение pH мясного бараньего сыра в процессе ферментации и созревания в модельной фаршевой системе

Анализ мясных фаршей из баранины показал, что в процессе созревания потеря влаги происходит не одинаково. Наибольшая потеря выявлена для варианта со штаммом *Lactiplantibacillus plantarum* AG10 (табл.1). Слишком интенсивная потеря влаги может негативно сказаться на развитии МКБ и проявлению их протекторных свойств. Повышение уровня белка и жира через 9 дней эксперимента обусловлено снижением влажности, существенных протеолитических процессов не наблюдалось.

Таблица 1

Влияние льняной слизи на белковые компоненты ферментированного обезжиренного молока при варьировании МКБ

Вариант штамма	Жир, %	Белок, %	Влажность, %
Начальное значение до ферментации	13,225	16,006	71,049
Cont	16,4	17,113	63,167
AG1	16,696	15,001	63,138
AG8	16,265	16,427	63,482
AG9	17,208	16,735	64,663
AG10	18,435	18,196	60,755
AG15	14,294	17,062	67,723
AG16	16,86	16,938	61,832

Таким образом, проведённые исследования выявили кислотообразующую активность штаммов, выделенных из растительных источников. Штаммы *Lactiplantibacillus plantarum* AG1, *Limosilactobacillus fermentum* AG8 наиболее активно синтезировали молочную кислоту в процессе ферментации баранины. На стадии созревания более активны были штаммы *Lactiplantibacillus plantarum* AG9, *Lactiplantibacillus plantarum* AG10. Реализации кислотообразования штаммов на разных этапах технологического цикла сыровяления показывает возможность комбинирования этих штаммов при составлении стартерных культур.

Список литературы

1. Pothakos V. Lactic acid bacteria and their controversial role in fresh meat spoilage / V. Pothakos, F. Devlieghere, F. Villani, J. Björkroth, D. Ercolini. // Meat Science. – 2015. – V.109. P.66-74.
2. Kröckel L. The Role of Lactic Acid Bacteria in Safety and Flavour Development of Meat and Meat Products // In book: Lactic Acid Bacteria – R & D for Food, Health and Livestock Purposes. – 2013/ -Ch.5. – P.129-152.
3. Hernández-Aquino S. Antibacterial Activity of Lactic Acid Bacteria to Improve Shelf Life of Raw Meat / S. Hernández-Aquino, L. A. Miranda-Romero, H. Fujikawa, E. De J. Maldonado-Simán, B. Alarcón-Zuñiga // Biocontrol Science, 2019, Vol. 24, No. 4, 185—192.
4. Gavrilova E. Newly isolated lactic acid bacteria from silage targeting biofilms of foodborne pathogens during milk fermentation // E. Gavrilova, E. Anisimova, A. Gabdelkhadieva, E. Nikitina, A. Vafina, D. Yarullina, M. Bogachev, A. Kayumov. / BMC Microbiology. - 2019. - V.19. - P.1-12.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПЛАВЛЕННЫХ СЫРОВ

Е. М. Нагорных, О. Н. Мусина

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, Россия,
musinaolga@gmail.com

Аннотация: С целью совершенствования качества разрабатываемой молочной продукции создан новый инструмент, облегчающий поиск и исследование аналогов, в частности - база данных об отечественных плавленых сырах, в том числе с наполнителями. Информация в базе данных систематизирована за период с 1924 г. по 2022 г. (с возможностью пополнения). База данных выдает информацию о номере патентного документа, дате подачи заявки, индексе международной патентной классификации, заявителе (патентообладателе), названии патентного документа и виде плавленого сыра, виде наполнителя, его количестве в рецептуре, способах подготовки к внесению, технологической стадии внесения, а также о цели изобретения. База данных предназначена для внесения, хранения, систематизации и анализа данных об отечественных плавленых сырах, способ получения которых, устройство и/или состав обладают патентными документами.

Ключевые слова: плавленый сыр, наполнители, рецептура, технология, совершенствование, патентные документы, база данных, статистика

IMPROVING THE QUALITY OF PROCESSED CHEESES

E. M. Nagornykh, O. N. Musina

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia,
musinaolga@gmail.com

Abstract: In order to improve the quality of a new dairy products, a tool has been created that facilitates the search and exploration of analogues, in particular, a database of Russian processed cheeses. The information in the database is systematized, with the possibility of replenishment, for the period from 1924 to 2022. The database provides information about the number of the patent document, the filing date of the application, the index of the international patent classification, the name of applicant (patent holder), the name of the patent document and the type of processed cheese, the type of filler, its quantity in the recipe, methods of preparation for application, the technological stage of application, as well as the purpose of the invention. The database is intended for entering, storing, systematizing and analyzing data on domestic processed cheeses, the method of obtaining which, the device and/or the composition have patent documents.

Keywords: processed cheese, fillers, recipe, technology, improvement, patent documents, database, statistics

Для совершенствования рецептуры и технологии новых молочных продуктов, в частности – плавленых сыров, необходимо активно использовать современные интеллектуальноемкие возможности по поиску достоверной информацией об имеющихся в стране аналогах [1, 2]. Актуальным подходом к решению этой задачи является использование современных цифровых инструментов для работы с информацией об известных плавленых сырах. И, в первую очередь, такие инструменты необходимо разработать.

Одним из удобных цифровых инструментов являются базы данных, которые активно используются в молочной отрасли России и мира [1]. Так, базы, содержащие информацию о продовольственном сырье и пищевых продуктах, разработаны в США, Европе, Великобритании, России [3-8]. Подробный анализ существующих в мир баз данных по составу сырья и пищевых продуктов дан в работах [1, 2].

Для разработки новых плавленых сыров и совершенствования качества выпускаемой продукции необходима систематизированная достоверная информация об известных в России плавленых сырах-аналогах, виде наполнителя (при его наличии), его количестве в рецептуре, способах подготовки к внесению, технологической стадии внесения, а также о цели изобретения. Создание инструмента для обработки такой информации и является целью настоящей работы.

Создаваемая база данных «Плавленые сыры: отечественные патентные документы» предназначена для накопления, хранения, анализа и выдачи справочной информации об отечественных авторских свидетельствах, изобретениях и заявках на изобретения, описывающие рецептуры, устройства и способы получения плавленых сыров.

Для создания базы данных об отечественных плавленых сырах в качестве системы управления базой (СУБД) нами выбрана бесплатная редакция Oracle Database Express Edition, которая не имеет ограничений по функциональности и позволяет использовать все возможности реляционных баз данных. При этом общий размер базы данных может достигать 12 Гб что более чем достаточно для решения поставленной задачи. Такой выбор СУБД позволяет импортировать и экспортировать данные из Microsoft Excel и Microsoft Access. Информацию из базы данных можно получать как напрямую, так и реализовать веб-версию базы с доступом авторизованных пользователей по логину и паролю.

Поиск информации для наполнения базы данных «Плавленые сыры: отечественные патентные документы» проведен в базах данных Федерального института промышленной собственности (<https://www1.fips.ru/iiss/>), которые содержат опубликованные сведения о российских изобретениях за период с 1924 г. и по настоящее время. Запросы для поиска формулировались исходя из индекса Международной патентной классификации – А23С 19/08, 19/082 и 19/084. Способ получения и/или состав плавленого сыра, вошедшего в регистрируемую базу данных, обладают патентными документами Российской Федерации или СССР (авторские свидетельства, патенты, заявки на изобретение).

Логическая модель базы данных «Плавленые сыры: отечественные патентные документы» приведена на рис. 1.

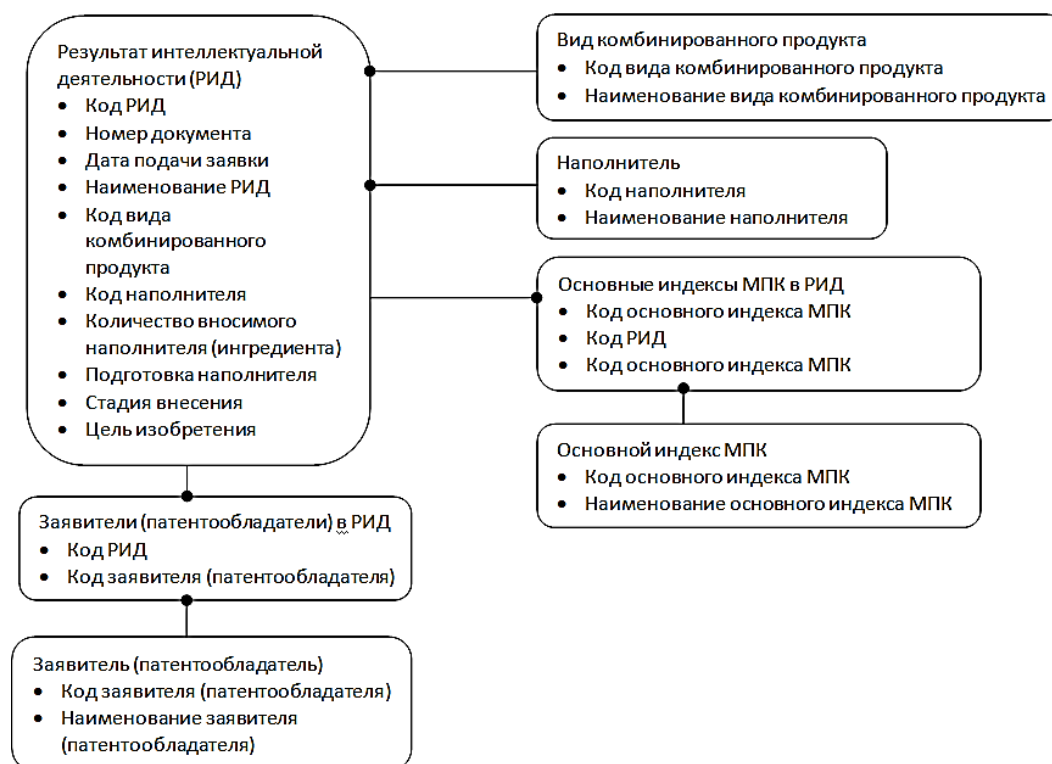


Рис. 1. Логическая модель базы данных «Плавленные сыры: отечественные патентные документы»

Физическая модель размещена на рис. 2.

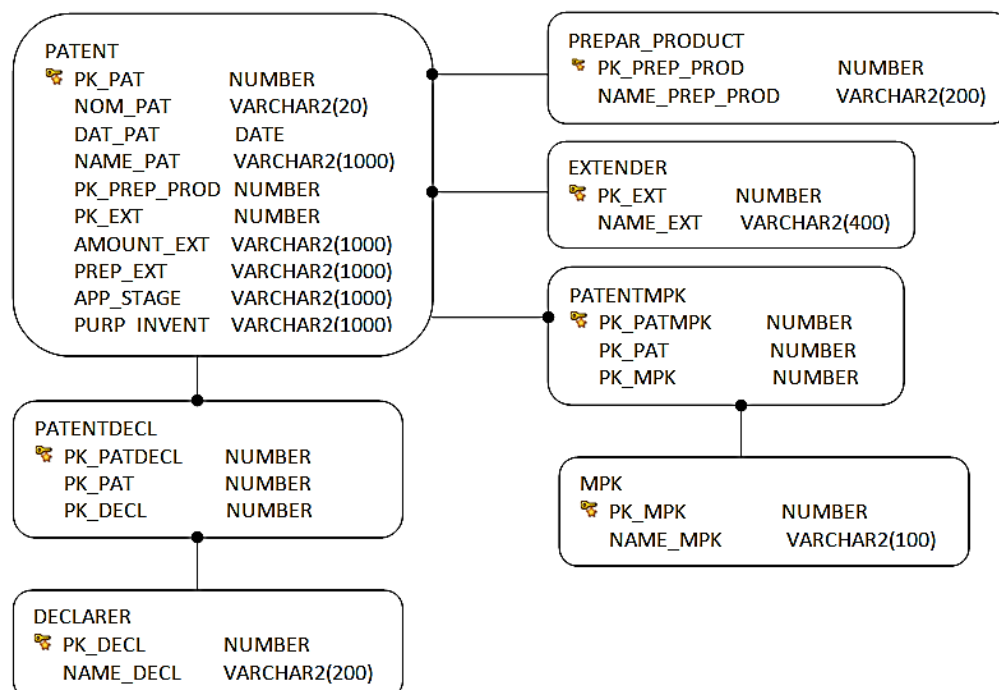


Рис. 2. Физическая модель базы данных «Плавленные сыры: отечественные патентные документы»

Размещенные предложенным образом в базе данных материалы дают возможность оперативно выбирать из зарегистрированных в России патентов в

сфере производства плавленных сыров, разработки определенного заявителя (патентообладателя), с определенным наполнителем, вносимым на определенной технологической стадии и с известной целью. База данных применима для патентного поиска в области плавленных сыров, в том числе с наполнителями.

База данных представляет собой серию электронных таблиц, связанных между собою общими ключевыми полями и предоставляющих сведения о патентных документах на плавленные сыры из перечня:

- номер патентного документа,
- дата подачи первичной заявки,
- индекс (индексы) международной патентной классификации,
- наименование заявителя (патентообладателя),
- название изобретения,
- вид плавленого сыра,
- вид наполнителя,
- количество вносимого наполнителя,
- подготовка наполнителя к внесению,
- технологическая стадия внесения наполнителя,
- цель изобретения.

Нахождение данных в базе возможно по каждому дескриптору в отдельности, а также по комбинации дескрипторов.

База данных служит для хранения, редактирования, добавления, удаления и анализа информации об отечественных плавленных сырах и может применяться как электронный справочник с возможностью выгрузки отчетов в формате Microsoft Excel. Функциональные технические возможности обработки данных, содержащихся в БД «Плавленные сыры: отечественные патентные документы» связаны с возможностями Oracle Database Express Edition.

Таким образом, поставленная цель достигнута – создана база данных «Плавленные сыры: отечественные патентные документы» и зарегистрирована в Роспатенте [9]. База данных предусматривает возможность пополнения, т.е. не закрыта от изменений, что позволяет пользователю при желании вносить информацию о новых заявках и патентах, по мере обновления информации и проводить дальнейший анализ по базе уже с учетом внесенных изменений. База данных может использоваться для проектирования рецептур новых плавленных сыров, в том числе сыров с наполнителями, а также для совершенствования выпускаемой на предприятии продукции.

Список литературы

1. Цифровая нутрициология: применение информационных технологий при разработке и совершенствовании пищевых продуктов: монография / В. А. Тутельян, О. Н. Мусина, М. Г. Балыхин, М. П. Щетинин, Д. Б. Никитюк. – Москва; Барнаул: АЗБУКА, 2020. – 378 с. ISBN 978-5-93957-969-8.
2. Musina O., Putnik P., Koubaa M., Barba F.J., Greiner R., Roohinejad S., Granato D. Application of modern computer algebra systems in food formulations and development: a case study // Trends in Food Science & Technology. – 2017– № 64. – С. 48-59. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.011>

3. База данных The United States Department of Agriculture (USDA). [Электронный ресурс]. URL: <https://fdc.nal.usda.gov/ndb/search> (дата обращения 03.10.2022)
4. Базы данных The Food and Agriculture Organization of the United Nations (International Network of Food Data Systems INFOODS). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/infoods/infoods/tables-et-bases-de-donnees/russia/en/> (дата обращения 03.10.2022)
5. База данных EuroFIR AISBL. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eurofir.org/> (дата обращения 03.10.2022)
6. База данных The Canadian Nutrient File (CNF). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/healthy-eating/nutrient-data/canadian-nutrient-file-about-us.html> (дата обращения 03.10.2022)
7. База данных Quadram Institute. [Электронный ресурс]. URL: <https://quadram.ac.uk/targets/food-composition/> (дата обращения 03.10.2022)
8. База данных «ФИЦ питания и биотехнологии». [Электронный ресурс]. URL: http://web.ion.ru/food/FD_tree_grid.aspx (дата обращения 03.10.2022)
9. База данных «Плавленные сыры: отечественные патентные документы» / Мусина О.Н., Нагорных Е.М. // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023620805. Заявл. 22.02.2023, опубли. 06.03.2023. Бюллетень программ для ЭВМ, баз данных, топологий интегральных микросхем. - 2023. - № 3.

МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШТАММОВ *L. FERMENTUM* AG8 И *L. PLANTARUM* AG9: ЛИПОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ХОЛЕСТЕРИН АССИМИЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ

Т. А. Петрова, Г. О. Ежкова, Е. В. Никитина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия,
tanya.yurtaeva.95@mail.ru

Аннотация: В работе проведены результаты исследования липолитической активности бесклеточного экстракта и клеток, а также холестерин ассимилирующей активности клеток молочнокислых бактерий. Липолитическая активность бесклеточного экстракта *Lactobacillus fermentum* AG8 и *Lactobacillus plantarum* AG9 имеет больший уровень, чем у *L. bulgaricus*. Количество холестерина, ассимилированного клетками AG8 и AG9, стремилось к 80 %. Таким образом, результаты этого исследования показывают, что штаммы обладают перспективой использования в технологии функциональных продуктов как агент с метаболическим потенциалом по снижению уровня жира, в том числе, в живом организме.

Ключевые слова: бактериальные штаммы, бесклеточный экстракт, липолитическая активность, холестерин ассимилирующая активность

METABOLIC PROPERTIES OF *L. FERMENTUM* AG8 AND *L. PLANTARUM* AG9 STRAINS: LIPOLYTIC ACTIVITY AND CHOLESTEROL ASSIMILATE ACTIVITY

T. A. Petrova, G. O. Ezhkova, E. V. Nikitina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
tanya.yurtaeva.95@mail.ru

Abstract: The paper presents the results of a study of the lipolytic activity of a cell-free extract and cells, as well as the cholesterol-assimilating activity of lactic acid bacteria cells. It was found that the lipolytic activity of the cell-free extract of *Lactobacillus fermentum* AG8 and *Lactobacillus plantarum* AG9 increased in comparison with *L. bulgaricus*. The amount of cholesterol assimilated by AG8 and AG9 cells aspired to 80%. The overall results of this study show that the isolated strains have metabolic potential and can be further used in fermented dairy products.

Keywords: bacterial strains, cell free extract, lipolytic activity, cholesterol assimilating activity

В последнее время растёт популярность молочнокислых бактерий (МКБ) и продуктов, содержащих эти микроорганизмы. Это связано с их антиоксидантными, пробиотическими, противодиабетическими и противоопухолевыми свойствами. Механизм функциональной роли кисломолочных продуктов достигается

либо непосредственно за счет взаимодействия микробиоты кишечника с потребляемыми пробиотическими микроорганизмами (пробиотический эффект), либо опосредованно через микробные метаболиты, такие как витамины, пептиды, олигосахариды и органические кислоты, образующиеся в процессе брожения (биогенный эффект). Штаммы молочнокислых бактерий также различаются по способности продуцировать экзополисахариды, которые являются антиоксидантными агентами, обладают иммунорегулирующими свойствами [1]. Учитывая большое разнообразие свойств, проявляемых различными штаммами, поиск новых МКБ, обладающих привлекательными биологическими и технологическими свойствами, до сих пор остается одним из ключевых направлений исследований в пищевой микробиологии.

Ранее были выделены штаммы *Lactobacillus fermentum* AG8 и *Lactobacillus plantarum* AG9 из силоса, определена их видовая принадлежность, показана антибактериальная активность и высокая кислотообразующая активность на лабораторных питательных средах [2].

В настоящей работе проведено исследование липолитической активности и холестерин ассимилирующей активности штаммов *Lactobacillus fermentum* AG8 и *Lactobacillus plantarum* AG9 в сравнении с *L. bulgaricus*.

Характеристика штаммов молочнокислых бактерий с высокой ферментативной активностью имеет значение в ферментативных процессах и для здоровья человека, поскольку они могут улучшить физико-химические характеристики пищевых продуктов и вытеснить штаммы с более слабой ферментативной активностью.

В процессе ферментации МКБ продуцируют различные метаболиты, тем самым изменяя органолептические характеристики субстратов. В частности, ферментация субстратов улучшает усвояемость и питательные качества конечного продукта, обогащает его витаминами, незаменимыми аминокислотами и жирными кислотами [2].

Известно, что молочнокислые бактерии продуцируют липолитические ферменты (липазы). В технологии кисломолочных продуктов благодаря липолизу формируется специфический вкус и аромат [3]. Кроме того, в организме человека под действием липаз жиры расщепляются до глицерина и жирных кислот, что позволяет поступать питательным веществам в кровь и лимфу [4].

Липазы бактериального происхождения широко используются в промышленности благодаря лёгкому экстрагированию и культивированию. Микробные ферменты более стабильны, чем соответствующие им растительные и животные ферменты и разнообразны по своим ферментативным свойствам и субстратной специфичности [5].

Результаты исследования липолитической активности бесклеточного экстракта и клеток бактерий (после выращивания на МРС) представлены на рисунке 1. Липолитическая активность проявлялась преимущественно во внеклеточной фракции. Липолитическая активность бесклеточного экстракта AG8 и AG9 была ощутимо выше в сравнении с *L. bulgaricus*.

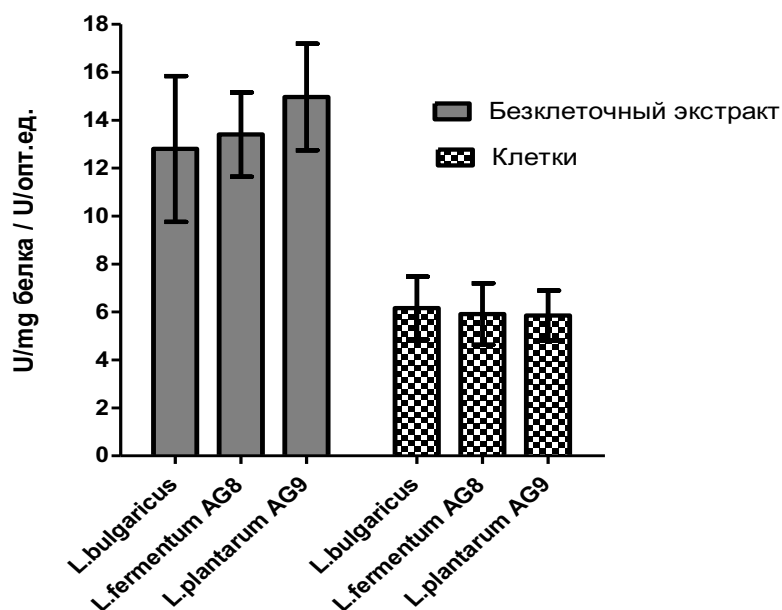


Рис. 1. Липолитическая активность бесклеточного экстракта и клеток молочнокислых бактерий после выращивания на МРС

Одним из наиболее многообещающих свойств молочнокислых бактерий с пробиотическими характеристиками является холестерин ассимилирующая активность. Повышенный уровень холестерина в сыворотке крови является основной причиной сердечно-сосудистых заболеваний. Некоторые исследования показали, что даже небольшое (1 %) снижение уровня холестерина в сыворотке может снизить риск ишемической болезни сердца на 2–3 %. Фармакологические средства, которые эффективно снижают уровень холестерина дороги и имеют побочные эффекты. В последнее десятилетие исследования были сосредоточены на снижении уровня холестерина лактобациллами [6].

Эффект снижения уровня холестерина проявляется на уровне кишечника, поэтому лактобациллы должны выдержать высокие концентрации кислот и солей желчных кислот в пищеварительном тракте и живыми достичь толстой кишки.

Холестерин ассимилирующая активность клеток МКБ при росте на МРС представлена на рисунке 2. Количество холестерина, ассимилированного клетками AG8 и AG9, стремилось к 80 %, в то время как клетки *L. bulgaricus* ассимилировали до 50 % холестерина.

Таким образом, повышенный уровень липолитической активности бесклеточного экстракта и холестерин ассимилирующей активности клеток *Lactobacillus fermentum* AG8 и *Lactobacillus plantarum* AG9 показывает перспективность дальнейших исследований данных штаммов. Эти штаммы могут быть использованы в связи с созданием кисломолочных продуктов функциональной направленности, в частности по профилактике метаболических синдромов, связанных с нарушением холестеринового и жирового обмена.

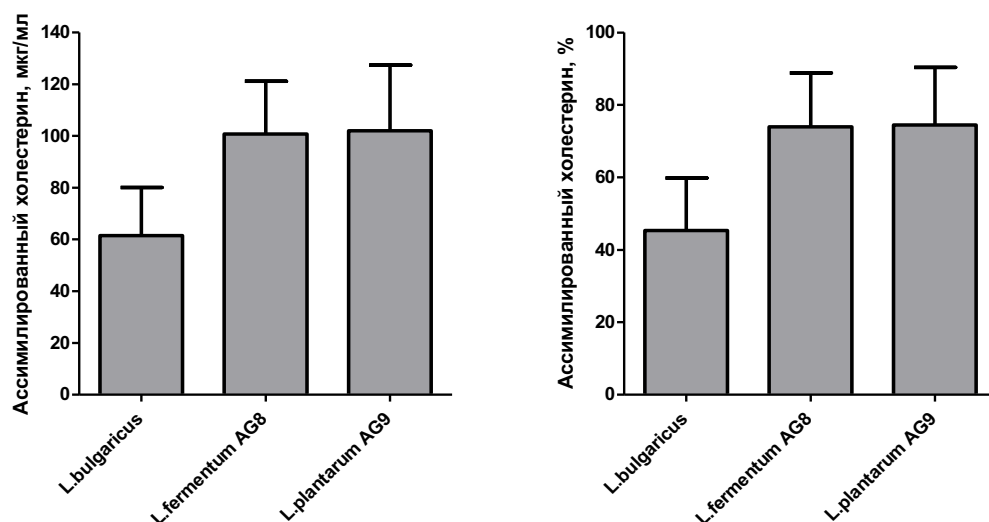


Рис. 2. Холестерин ассимилирующая активность клеток МКБ при росте на МРС

Список литературы

1. Nikitina, E. Textural and Functional Properties of Skimmed and Whole Milk Fermented by Novel *Lactiplantibacillus plantarum* AG10 Strain Isolated from Silage / E. Nikitina, T. Petrova, A. Vafina, A. Ezhkova, M. Nait Yahia, A. Kayumov // *Fermentation*. – 2022. – V. 8, N. 290. – P. 1-15.
2. Gavrilova, E. Newly isolated lactic acid bacteria from silage targeting biofilms of foodborne pathogens during milk fermentation / E. Gavrilova, E. Anisimova, A. Gabdelkhadieva, E. Nikitina, A. Vafina, D. Yarullina, M. Bogachev, A. Kayumov // *BMC Microbiology*. - 2019. - V. 19. - P. 1-12.
3. Китаевская, С. В. Изучение способности молочнокислых бактерий продуцировать липолитические ферменты / С. В. Китаевская // *Вестник технологического университета*. - 2015. - Т.18, №18. – С. 256-258.
4. Ширяева, О. Ю. Активность некоторых ферментных препаратов / О. Ю. Ширяева // *Известия ОГАУ*. - 2015. - №5 (55). – С. 196-198.
5. Dincer, E. Lipolytic activity of lactic acid bacteria isolated from turkish pastirma / E. Dincer, K. Merih // *Anadolu University Journal of Science and Technology C - Life Sciences and Biotechnology*. – 2018. – V. 7. – P. 12-19.
6. Albano, C. Lactic acid bacteria with cholesterol-lowering properties for dairy applications: In vitro and in situ activity / C. Albano, S. Morandi, T. Silvetti, M. C. Casiraghi, F. Manini, M. Brasca // *Journal of Dairy Science*. – 2018. - V. 101, N. 12. – P. 1-12.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНОГО ПРОДУКТА С БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКОЙ

Ю. Э. Почейкин, Б. А. Баязитов, В. Я. Пономарев, Э. Ш. Юнусов

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия,
v.y.ponomarev@gmail.com

Аннотация. Целью исследования являлось расширение ассортимента мясных продуктов за счет использования в качестве компонентов рецептуры нетрадиционного сырья, льняной муки: ценного продукта переработки семян льна, обогащенного макро- и микронутриентами и благоприятно влияющего на организм человека. Разработана рецептура эмульгированного мясного продукта с содержанием льняной муки 2%, определены основные функционально-технологические свойства рецептурной смеси, качественные показатели готового продукта, органолептическая оценка, проведена лабораторная апробация. По результатам проведенных исследований предложена технология производства эмульгированного мясного продукта, проведено технико-экономическое обоснование целесообразности производства мясных изделий с исследуемой добавкой.

Ключевые слова. мясное сырье, льняная мука, колбасные изделия, технология.

DEVELOPMENT OF PRODUCTION TECHNOLOGY OF MEAT PRODUCT WITH BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE

Y. E. Pocheikin, B. A. Bayazitov, V. Y. Ponomarev, E. Sh. Yunusov

Kazan national research technological university, Kazan, Russia,
v.y.ponomarev@gmail.com

Abstract. The aim of the study was to expand the range of meat products through the use of non-traditional raw materials, flaxseed flour, a valuable product of flax seed processing, which contains a significant amount of biologically active substances and has a beneficial effect on the human body, as components of the recipe. A recipe for an emulsified meat product with a flax flour content of 2% was developed, the main functional and technological properties of the recipe mixture, quality indicators of the finished product, organoleptic evaluation were determined, and laboratory testing was carried out. Based on the results of the research, a technology for the production of an emulsified meat product was proposed, a feasibility study was carried out for the feasibility of producing meat products with the additive under study.

Keywords. meat raw materials, flax flour, sausage products, technology.

Мясные продукты, и в частности колбасные изделия, имеют высокую энергетическую ценность, за счет содержания большого количества белка и жира и зачастую, в силу сложившегося потребительского поведения, являются основным источником животного белка в рационе питания.

Несбалансированное питание в сочетании с малоподвижным образом жизни приводит к увеличению таких неблагоприятных последствий для организма, как атеросклероз, диабет, заболевания сердечно-сосудистой системы.

Учитывая, что изменение потребительских предпочтений является достаточно сложной задачей, альтернативным подходом к решению данной проблемы является разработка пищевой продукции, обогащенной добавками, позволяющими сократить дефицит в рационе питания таких веществ как пищевые волокна, витамины, полиненасыщенные жирные кислоты и других макро- и микронутриентов [1].

Рецептуры вареных колбасных изделий содержат помимо мясного сырья немясные компоненты, целью использования которых является формирование структуры изделия и связывание излишков влаги, вносимой при составлении фарша. Одним из традиционных компонентов рецептуры колбас являются пшеничная мука и крахмал, которые улучшают вязкость фарша, увеличивают его влагоудерживающую способность, а также интенсивно набухают в процессе термической обработки, что позволяет избежать бульонных отеков колбасных изделий. Однако использование муки или крахмала приводит к снижению пищевой ценности продукта и появлению специфического «пустого» вкуса. Поэтому количество добавляемой муки является регламентированным параметром и не должно превышать 2-3 %.

Оценивая перспективы создания новых рецептур мясных продуктов, представляется целесообразным использование альтернативных источников гидроколлоидов, в частности, продуктов переработки льна [2].

Льняная мука успешно зарекомендовала себя при производстве обогащенных хлебобулочных изделий, а также как пищевая добавка, являющаяся источником клетчатки, растительного белка, жирных кислот и других макро- и микронутриентов [3].

Необходимо отдельно отметить, что льняная мука служит источником полиненасыщенных жирных кислот (линолевая, линоленовая), которые являются необходимым условием для нормального развития и функционирования организма, и дефицит которых оказывает негативное влияние на сердечно-сосудистую систему, внутренние органы и нервную систему. Клетчатка, входящая в состав льняной муки (до 30%) благоприятно влияет на перистальтику кишечника и способствует выведению токсинов из организма.

Целью исследования являлась разработка рецептуры колбасного изделия с использованием льняной муки в качестве компонента рецептуры и разработка технологии его производства.

Белковый комплекс льняной муки представлен альбуминами и глобулинами, которые участвуют в стабилизации структуры, так как обладают высокой гелеобразующей и эмульгирующей способностью, что способствует прочному удержанию в составе фарша животных жиров и растительных масел [4].

Растворимые углеводы, входящие в состав льняной муки, а также наличие слизей, действие которых аналогично клетчатке, камедям и пентозанам, позволит стабилизировать структуру вареных колбас более эффективно по сравнению с пшеничной мукой. Также следует отметить значительно более высокое содержание белка, жира, минеральных веществ, в том числе кальция и магния в льняной муке. Содержание пищевых волокон в льняной муке составляет 33,7 %, что в 6...8 раз превышает содержание данного компонента в муке пшеничной первого и высшего сортов.

В качестве основы производства колбасных изделий была выбрана рецептура вареной колбасы категории Б «Столыпинской». Согласно цели исследования в рецептуре была осуществлена замена муки пшеничной на льняную. Льняную муку вносили в количестве 2 кг на 100 кг несоленого сырья. Перед внесением муку гидратировали в соотношении 1:4.

Рецептура мясного продукта представлена в таблице 1.

Подготовка мясного сырья, измельчение и посол осуществлялись в соответствии с утвержденной нормативной документацией.

Таблица 1

Рецептура мясного продукта с льняной мукой

Наименование сырья	Норма для колбасы вареной
Сырье несоленое, кг (на 100 кг сырья)	
Говядина односортная	45
Свинина односортная	52
Молоко обезжиренное сухое	1
Мука льняная	2
Добавки, пряности и материалы, г (на 100 кг сырья несоленого)	
Нитритная посолочная смесь	1,7
Смесь пряностей	0,40

В ходе исследований проводили изучение влияния льняной муки на основные технологические свойства мясного сырья, модельных фаршевых систем и готовой продукции. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Использование льняной муки взамен пшеничной привело к увеличению влагосвязывающей и влагоудерживающей способностей, а также увеличило выход готового продукта на 2%, что объясняется особенностями ее компонентного состава, в частности наличия альбуминов и глобулинов, которые обладают высокой гелеобразующей и эмульгирующей способностями и растворимых углеводов, являющихся стабилизаторами.

Оценивая показатели цветности готовой продукции следует отметить, что в опытных образцах продукции незначительно увеличилось общее содержание пигментов, а также увеличение доли нитрозопигментов в готовом продукте.

Из результатов органолептической оценки готовых продуктов следует, что применение льняной муки не приводит к снижению качества готовой продукции. Полученные образцы продукции полностью соответствовали требованиям, предъявляемым к мясным продуктам и представляли собой тонкоизмельченный

фарш с характерным вкусом и ароматом. В образцах, содержащих льняную муку, было отмечено улучшение консистенции продукта и вида на разрезе, что позволило повысить итоговую оценку изделия.

Таблица 2

Оценка показателей колбасных изделий с льняной мукой

Наименование показателя	Контроль	Опыт
Влагосвязывающая способность (ВСС), %	68,1±0,2	70,3±0,2
Влагоудерживающая способность (ВУС), %	83,2±0,3	87,5±0,3
Выход готового продукта, %	111±1,0	115±1,0
Содержание влаги, %	66,0±0,5	68,0±0,5
Содержание белка, %	12,0±0,1	12,5±0,1
Содержание жиров, %	20±0,5	20±0,5
Содержание углеводов, %	3,0±0,1	2,0±0,1
Содержание нитрозопигментов, %	81,0	82,0
Энергетическая ценность, ккал	240	236

Опираясь на проведенные исследования и суммируя полученные результаты можно прийти к заключению, что введение в рецептуру льняной муки взамен пшеничной является целесообразным и не приводит к ухудшению качественных характеристик готового продукта в дозировке, рекомендованной нормативно-технической документацией на мясные продукты.

Проведенные расчеты экономических показателей позволяют судить о том, что применение льняной муки в качестве компонента рецептуры при выработке мясной продукции экономически обосновано, а практическая реализация проведенных исследований позволит расширить ассортимент выпускаемых обогащенных мясных продуктов.

Список литературы

1. Мусина О.Н., Щетинин М.Т., Сахрынин М.Н. Современные тенденции использования добавок в производстве пищевых продуктов: монография. -Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004.- 86 с.
2. Горлов И.Ф. Новое производство пищевых продуктов повышенной биологической ценности // Хранение и переработка сельхозсырья.-2005.-№3.-8 с.
3. Шалтумаев Т.Ш., Могильный М.П., Сигарева М.А. Использование продуктов переработки семян льна для производства изделий повышенной пищевой ценности // Известия вузов. Пищевая технология. 2015 № 5-6. С. 42-45.
4. Айрапетян А.А., Манжесов В.И., Глотова И.А. Влияние льняной муки на потребительские свойства фаршевых систем // Международный научно-исследовательский журнал № 6 (120) Ч. 5. С. 26-34.

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЕРМЕНТИРОВАННОГО МОЛОКА ПРИ СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛЬНЯНОЙ СЛИЗИ И РАЗНЫХ ВИДОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

А. Р. Сунгатуллина, Е. В. Никитина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г.Казань, Россия,
ev-nikitina@mail.ru

Аннотация: В работе проведено сравнения воздействия льняной слизи на качество кисломолочного напитка при варьировании используемого штамма. Выявлено, что введение в обезжиренное молоко малого количества льняной слизи положительно влияет на кислотообразующую способность молочнокислых бактерий независимо от штамма. Особенностью сквашенного молока с льняной слизью является повышения уровня белков в сыворотке, что свидетельствует о перераспределении белковых фракций между нерастворимыми казеиновыми молочными белками и альбуминовыми сывороточными. Стимулирование продукции молочной кислоты в совокупности с ранее показанным положительным влиянием на текстурные свойства показывает перспективность применения льняной слизи в технологии кисломолочных продуктов.

Ключевые слова: лактобациллы, льняная слизь, ферментация молока, химические показатели

CHANGES IN THE CHEMICAL CHARACTERISTICS OF FERMENTED MILK WITH THE COMBINED USE OF LINSEED MUCUS AND DIFFERENT TYPES OF LACTIC ACID BACTERIA

A. R. Sungatullina, E.V. Nikitina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia,
ev-nikitina@mail.ru

Abstract: In this work the effect of linseed slime on the quality of sour milk drink was compared by varying the strain used. It was found that the inclusion of a low amount of flaxseed mucus into skimmed milk has a positive effect on the acid-producing ability of lactic acid bacteria, regardless of the strain. A peculiarity of skimmed milk with the flaxseed mucus is an increase in the level of proteins in the whey, which indicates a redistribution of protein fractions between insoluble casein milk proteins and albumin whey proteins. Stimulation of lactic acid production together with the previously shown positive effect on textural properties shows the prospects of linseed slime application in the technology of sour milk products.

Keywords: lactobacilli, flaxseed mucus, milk fermentation, chemical parameters.

Создание функциональных продуктов питания представляет собой одно из ключевых направлений, ориентированных на оздоровление и улучшение качества жизни населения. Понимание механизмов, лежащих в основе обеспечения свойств продукта, особенно при введении в его состав новых ингредиентов, модулирующих эти свойства, – залог успеха при разработке и создании продуктов с заданными показателями и улучшенными характеристиками. Кисломолочные напитки, широко потребляемые всеми слоями населения, в том числе и с лечебно-профилактической целью. Эти продукты улучшают показатели здоровья, и добавление дополнительных микроорганизмов применяют в целях увеличения пользы для здоровья человека [1]. Кроме молочнокислых бактерий (МКБ) на полезность продуктов из молока могут влиять и немолочные компоненты, в том числе различные вещества растительного происхождения. В этом ряду особое положение занимают легко экстрагируемые без использования каких-либо химических реагентов растительные слизи, образуемые в больших количествах при набухании семян в воде. В настоящее время есть единичные исследования о влиянии льняной слизи на кисломолочные продукты, причем основное внимание сконцентрировано на изменение текстурных и органолептических свойств [2], что логично, учитывая полисахаридную природу слизи. Однако полисахариды растительного происхождения могут быть не только текстурными корректорами, они выступают в роли протекторного агента молочнокислых бактерий и могут использоваться в качестве инкапсулирующего агента [3].

В работе нам предстояло оценить влияние низкой концентрации льняной слизи на химические показатели сквашенного обезжиренного молока при варьировании штаммов лактобацилл. В работе были использованы штаммы молочнокислых бактерий (МКБ): *Limosilactobacillus* (*Lactobacillus*) *fermentum* AG8, *Lactiplantibacillus* (*Lactobacillus*) *plantarum* AG9 были выделены из силоса, описаны ранее [4], *Lactobacillus delbrueckii subs. bulgaricus*. Введение лиофильно высушенной льняной слизи проводили следующим образом, в обезжиренное молоко вводили слизь в концентрации 0,2%, молоко пастеризовали 15 мин при 90 °С, охлаждения до 40 °С добавляли 5 % закваски в виде активизированное ночной культуры соответствующих МКБ. Молоко термостатировали 8-10 ч, до образования молочного сгустка, после чего продукт охлаждали до 4 °С и выдерживали 12 ч. Проводили измерения химических показателей.

Одним из важных показателей для МКБ является синтез молочной кислоты. Введение в обезжиренное молоко всего 0,2 % льняной слизи стимулировало кислотообразование молочнокислых бактерий при сквашивании молока (Рис.1). С точки зрения интенсификации процесса ферментирования молока это важно, так как влечет за собой снижение времени сквашивания и увеличение оборачиваемости оборудования.

Учитывая, что льняная слизь – это по большей части полисахарид с остаточным содержанием белков, то добавленное количество 0,2 % льняной слизи не влияло на общее количество белков. Обращает на себя внимание тенденция к незначительному снижению количества белков в вариантах с льняной слизью и без у штаммов *L.fermentum* AG8 и *L.plantarum* AG9 по сравнению с болгарской палочкой, что, видимо, указывает на протеолитические процессы (табл.1).

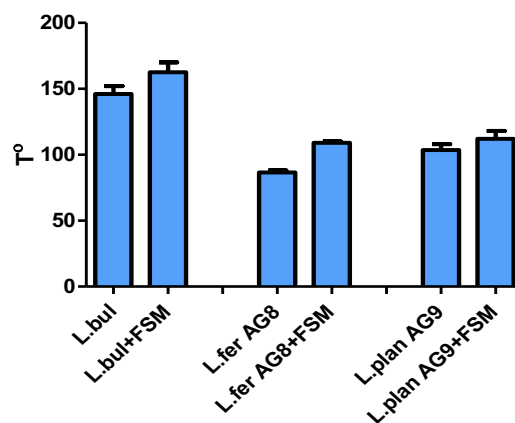


Рис. 1 - Влияние льняной слизи на кислотообразование разных видов МКБ в условиях сквашивания обезжиренного молока

Таблица 1

Влияние льняной слизи на белковые компоненты ферментированного обезжиренного молока при варьировании МКБ

Вариант штамма	Белок, %	Белок в сыворотке, %	Соотношение белка в сыворотке к общему белку, %
Lb	4,11±0,21	2,93±0,12	71,26
Lb+FL	4,26±0,14	3,40±0,11	79,87
AG8	4,18±0,11	2,87±0,09	68,69
AG8+FL	4,12±0,09	3,01±0,04	73,02
AG9	4,18±0,13	2,91±0,03	69,67
AG9+FL	4,13±0,08	2,95±0,08	71,36

Известно, что льняная слизь является поверхностно активным веществом, обладает эмульгирующими свойствами. Ее свойства ПАВ реализуются в перераспределении белков молока между фракциями. В частности, в сквашенном молоке с льняной слизью повышается уровень белков в сыворотке, что свидетельствует о перераспределении белковых фракций между нерастворимых казеиновых молочных белков и альбуминовых сывороточных, то есть повышается растворимость и доступность части казеинов молока.

Стимулирующее действие льняной слизи на молочнокислые бактерии подтверждается снижением уровня лактозы и глюкозы в вариантах +FL (Табл.2) в следствии утилизации их в метаболических реакциях. *L.bulgaricus* более активно сбраживает лактозу и глюкозу, о чем свидетельствует более низкая их концентрация по сравнению с *L.fermentum* AG8 и *L.plantarum* AG9.

В результате добавления льняной слизи увеличилось количество сухих веществ и плотность ферментированного продукта. Повышение количества солей на 0,1 % в вариантах с льняной слизью, является результатом дополнительно внесенных неорганических компонентов со слизью.

Ранее нами было показана способность льняной слизи положительно влиять на структурно-механические свойства сгустка ферментированного молока

[5]. Кроме того, существуют данные, что льняная слизь обладает богатым комплексом полифенольных соединений, которые могут положительно влиять на антиоксидантные свойства ферментированного молока. Таким образом, стимулирование продукции молочной кислоты в совокупности с положительным влиянием на текстурные свойства показывает перспективность применения льняной слизи в технологии кисломолочных продуктов, в том числе функционального назначения.

Таблица 2

Влияние льняной слизи на химический состав ферментированного обезжиренного молока при варьировании лактобацилл

Вариант штамма	Лактоза, %	Глюкоза, mmol/L	Соли, %	Сух. в-ва, %	Плотность, кг/м ³
Lb	4,32±0,11	1,4±0,1	0,68±0,01	9,66±0,22	1032,78±1,02
Lb+FL	4,12±0,13	1,3±0,1	0,70±0,02	9,87±0,25	1033,52±0,98
AG8	4,24±0,04	8,5±0,2	0,67±0,02	9,71±0,26	1032,12±0,85
AG8+FL	4,45±0,09	5,7±0,1	0,70±0,01	9,86±0,20	1032,76±1,08
AG9	4,29±0,18	7,7±0,1	0,68±0,01	9,79±0,29	1032,03±0,56
AG9+FL	4,35±0,12	6,4±0,2	0,69±0,01	9,76±0,23	1033,06±0,98

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 22-26-20022.

Список литературы

1. Savaiano D. A. Yogurt, cultured fermented milk, and health: a systematic Review / D. A. Savaiano, W. Hutkins // Nutrition Reviews. – 2021 – V.79, N.5. P.599-614. doi: 10.1093/nutrit/nuaa013.
2. Mousavi M. Taheri Optimization of the viability of Lactobacillus acidophilus and physico-chemical, textural and sensorial characteristics of flaxseed-enriched stirred probiotic yogurt by using response surface methodology / M. Mousavi, A. Heshmati, A. D. Garmakhany, A. Vahidinia // LWT - Food Science and Technology. - 2019. – V.102. – P.80–88.
3. Bustamante M. Effective Lactobacillus plantarum and Bifidobacterium infantis encapsulation with chia seed (Salvia hispanica L.) and flaxseed (Linum usitatissimum L.) mucilage and soluble protein by spray drying. / M. Bustamante, B.D. Oomah, M. Rubilar, C. Shene // Food Chem. – 2017. – V.216. –P.97-105.
4. Gavrilova E. Newly isolated lactic acid bacteria from silage targeting biofilms of foodborne pathogens during milk fermentation // E. Gavrilova, E. Anisimova, A. Gabdelkhadieva, E. Nikitina, A. Vafina, D. Yarullina, M. Bogachev, A. Kayumov. / BMC Microbiology. - 2019. - V.19. - P.1-12.
5. Петрова Т.А. Влияние льняной слизи на текстурные свойства молока, сквашенного разными молочнокислыми бактериями / Т.А. Петрова, А.Р. Сунгатуллина, Е.В. Никитина // В сборнике: Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее. Сборник научных статей 5-й Всероссийской научной конференции. Курск. – 2022. - Т.3. - С. 316-319.

НОВЫЙ ОБОГАЩЕННЫЙ БИОЙОГУРТ «ФЕРМЕРСКИЙ»

Т. В. Филимонова, О. Н. Мусина, Н. И. Бондаренко

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, Россия
ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий»,
г. Барнаул, Россия
sibniis.altai@mail.ru

Аннотация: *Описаны результаты исследований по разработке нового кисломолочного напитка, обогащенного плодово-ягодным сырьем Алтайского края. Напиток базируется на технологии йогурта с пробиотической микрофлорой, состав напитка обогащен растительными добавками – продуктами переработки облепихи, брусники, жимолости, черной смородины, яблок алтайской селекции. Приведена рецептура, технологическая схема, особенности получения напитка и его физико-химические характеристики. Продукт прошел промышленную апробацию и готов к внедрению.*

Ключевые слова: *йогурт, растительные добавки, облепиха, брусника, жимолость, черная смородина, яблоко, обогащение, технология, рецептура, физико-химические показатели*

NEW ENRICHED BIO-YOGURT "FERMERSKIJ"

T. V. Filimonova, O. N. Musina, N. I. Bondarenko

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia
Federal Altai Scientific Centre of Agro-Bio Technologies, Barnaul, Russia,
sibniis.altai@mail.ru

Abstract: *The results of research on the development of a new fermented milk drink enriched with fruit and berry raw materials of the Altai Territory are described. The drink is based on the technology of yogurt with probiotic microflora, the composition of the drink is enriched with vegetable additives – processed products of sea buckthorn, cowberry, honeysuckle, black currant, apples of Altai selection. The formulation, technological scheme, features of obtaining the drink and its physico-chemical characteristics are given. Regulatory documentation has been developed and approved for the drink. The product has been commercially tested and is ready for implementation.*

Keywords: *yogurt, vegetable additives, sea buckthorn, cowberry, honeysuckle, black currant, apple, enrichment, technology, formulation, physico-chemical parameters*

Актуальным направлением прикладных исследований является разработка новых продуктов здорового питания, в том числе кисломолочных напитков с рецептурой, обогащенной за счет использования регионального растительного сырья и пробиотической микрофлоры [1-3]. Введение плодово-ягодного сырья в со-

став кисломолочных напитков не только расширяет их ассортимент, но и обогащает их витаминами, микро- и макроэлементами, пищевыми волокнами.

Авторским коллективом проведены исследования возможности использования продуктов переработки плодово-ягодного сырья Алтайского края (облепиха, брусника, жимолость, черная смородина, яблоко) в технологии кисломолочного напитка типа йогурта.

Основной научно-технологической задачей была разработки технологии обогащенного напитка, адаптированного к возможностям малого и среднего бизнеса. В связи с этим в технологии добивались минимизации операций, а в рецептуре – отсутствия необходимости использования вкусо-ароматических или загущающих пищевых добавок.

Биойогурт вырабатывали из цельного молока кислотным способом по рецептуре, указанной в таблице 1. Результаты предварительных экспериментов по моделированию сквашивания молочно-растительных смесей описаны нами в работах [4, 5]. Показатели качества облепихи, брусники, жимолости, черной смородины, яблок алтайской селекции соответствуют требованиям ГОСТ 32101 и ГОСТ 32102.

Таблица 1

Рецептура йогурта «Фермерский»

Наименование сырья	Расход, кг на 1000 кг йогурта без учета потерь
Молоко цельное коровье с массовой долей жира 3,5-4,5 %	860,0
Закваска с участием пробиотической микрофлоры	40,0
Сахар-песок	70,0
Плодово-ягодное сырье	30,0
Итого	1000,0

Производство йогурта «Фермерский» осуществляют резервуарным способом в соответствии со схемой технологического процесса (рисунок 1).

Молоко очищают от механических примесей, охлаждают и направляют в резервуары для промежуточного хранения.

Далее молоко подогревают до температуры от 60 до 65 °С и направляют на гомогенизатор, где гомогенизируют при этой температуре и давлении от 10 до 15 МПа.

Молоко пастеризуют в соответствии с указанными на рис. 1 режимами и охлаждают до температуры заквашивания.

На стадии пастеризации в молоко при постоянном перемешивании вносят сахар-песок, предварительно просеянный.

Далее производят заквашивание смеси и сквашивание. Для изготовления йогурта в лабораторных экспериментах была использована производственная закваска на основе *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus*.

Входной контроль сырья и материалов	
Молоко натуральное коровье сырое	В соответствии с ТР, ГОСТ 31449-2013
Функционально необходимые ингредиенты	В соответствии с сопроводительными и действующими нормативными и техническими документами
Технологические вспомогательные средства	В соответствии с сопроводительными и действующими нормативными и техническими документами
Пищевые добавки	В соответствии с сопроводительными и действующими нормативными и техническими документами
Функционально необходимые материалы	В соответствии с действующими техническими документами
Технологический процесс	Параметры и показатели
<i>Очистка</i>	
Фильтр, сепаратор-молокоочиститель	$t = (8-10) ^\circ\text{C}$ $t = (40-45) ^\circ\text{C}$
<i>Охлаждение</i>	
Пластинчатый охладитель	$t = (4\pm 2) ^\circ\text{C}$
<i>Промежуточное хранение</i>	
Резервуар	$t = (4\pm 2) ^\circ\text{C}$
<i>Гомогенизация</i>	
Гомогенизатор	$t = (60-65) ^\circ\text{C};$ $P = (10-15) \text{ МПа}$
<i>Пастеризация смеси, внесение сахара</i>	$t = (95-96) ^\circ\text{C}$ $\tau = (2-8) \text{ мин}$
ПОУ, ВДП	$K_{\text{сахара}} = 7 \%$
<i>Охлаждение смеси</i>	
ПОУ, ВДП	$t = (40-45) ^\circ\text{C}$
<i>Заквашивание смеси</i>	$K_{\text{закваски}} = (3-4) \%$ $t = (40-45) ^\circ\text{C}$
Резервуар, ВДП	$\tau_{\text{перемешивания}} = (5-10) \text{ мин}$
<i>Сквашивание смеси</i>	$t_{\text{смеси}} = (40-45) ^\circ\text{C}$ $\tau = (4-6) \text{ ч}$
Резервуар, ВДП	Акт. к-ть = (4,9-4,8) ед. pH Титр. к-ть = (75-85) °Т
<i>Перемешивание, охлаждение и внесение растительных ингредиентов</i>	
Резервуар, ВДП, дозирующие устройства	$t_{\text{смеси}} = (22-25) ^\circ\text{C}$ $K_{\text{раст. ингр.}} = \text{не более } 3 \%$
<i>Розлив, упаковка, маркировка и доохлаждение</i>	
Автомат для розлива, потребительская упаковка, холодильная камера	$\tau_{\text{перемешивания}} = (3-5) \text{ мин}$ $\tau_{\text{доохлаждения}} = (10-24) \text{ ч}$ $t_{\text{доохлаждения}} = (4\pm 2) ^\circ\text{C}$

Рис. 1. Технологическая схема производства йогурта «Фермерский»

Допускается использовать коммерческие закваски для йогурта, содержащие пробиотическую микрофлору. Закваску вносят в количестве от 3 до 4 % от молочной смеси, либо расчетное количество по рекомендации фирмы-изготовителя. В экспериментах фактическая продолжительность сквашивания составила 4-6 часов.

По окончании сквашивания био йогурт охлаждается до температуры 22-25 °С при легком перемешивании путем подачи в межстенное пространство резервуара ледяной воды. В частично охлажденный йогурт вносят расчетное количество плодово-ягодного сырья и перемешивают до его равномерного распределения.

Перед началом розлива йогурт «Фермерский» перемешивают 3-5 мин. Розлив осуществляется на различных типах оборудования в соответствии с требованиями действующего стандарта организации. Упаковку и маркировку йогурта производят в соответствии с требованиями действующего стандарта организации.

Физико-химические характеристики йогурта «Фермерский» приведены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-химические характеристики йогурта «Фермерский»

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля жира, %	от 3,5 до 4,5
Массовая доля белка, %, не менее	2,8
Массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка, %, не менее	8,5
Титруемая кислотность, °Т	от 75 до 140
Активная кислотность, ед. рН	от 4,8 до 4,2
Фосфатаза или пероксидаза	отсутствует
Массовая доля сахарозы, %, не менее	7,0
Температура продукта при выпуске с предприятия, °С	4±2

В результате проведенной НИР создан новый обогащенный био йогурт «Фермерский», на продукт разработана и утверждена нормативная документация – СТО ФГБНУ ФАНЦА-011-2022. Разработка прошла промышленную апробацию на базе ОАО «Барнаульский молочный комбинат» и готова к внедрению.

Список литературы

1. Тутельян В. А., Мусина О. Н., Балыхин М. Г., Щетинин М. П., Никитюк Д. Б. Цифровая нутрициология: применение информационных технологий при разработке и совершенствовании пищевых продуктов: монография. – Барнаул: ООО «АЗБУКА», 2020. – 378 с. ISBN 978-5-93957-969-8
2. Мусина О.Н. Новые молочные продукты для здорового питания // Переработка молока. - 2015. - № 12. - С. 36-41.

3. Тамим, А. И. Йогурт и другие кисломолочные продукты: научные основы и технологии / А. И. Тамим, Р. К. Робинсон.; пер. с англ. под науч. ред. Л. А. Забодаловой. – СПб: Профессия, 2003. – 664 с.
4. Мусина О.Н., Бондаренко Н.И., Усатюк Д.А., Шелковская Н.К. Изучение поведения молочно-облепиховых смесей при сквашивании // Молочная промышленность. - 2020. - № 11. - С. 16-17.
5. Мусина О.Н., Бондаренко Н.И., Усатюк Д.А., Шелковская Н.К. Сквашивание молочной смеси с продуктами переработки жимолости // Молочная промышленность. - 2020. - № 12. - С. 10-11.

СКРИНИНГ КАЧЕСТВА ОБЕЗЖИРЕННЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В РОЗНИЧНЫХ МАГАЗИНАХ ГОРОДА КАЗАНЬ В 2022-2023 ГГ.

М. С. Цыганов, Е. В. Никитина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г.Казань, Россия,
refuser@inbox.ru

Аннотация: В работе проведен скрининг обезжиренных кисломолочных напитков, реализуемых в розницу в популярных магазинах города Казань. Выявлено, что ассортимент скуден, основной продукт доступный для потребителя – кефир; при этом обезжиренные йогурты и пробиотические напитки не представлены; консистенция реализуемых продуктов находится на низком, приемлемом, а не желаемом покупателем уровне; имеются дефекты вкуса - горечь или чрезмерная «кислинка». Для увеличения потребительской привлекательности реализуемой продукции рекомендуется применение заменителей жира, стабилизаторов и корректоров текстуры.

Ключевые слова: розничная продажа, скрининг, обезжиренный кисломолочный продукт, текстура, кислотность.

SCREENING OF THE QUALITY OF NONFAT SOUR-MILK PRODUCTS IN RETAIL STORES OF THE CITY OF KAZAN IN 2022-2023

M. S. Tsvganov, E. V. Nikitina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, refuser@inbox.ru

Abstract: In this work we conducted a screening of skimmed dairy drinks sold at retail in popular stores in Kazan. It was found that the assortment is scarce, the main product available to the consumer is kefir; at the same time skimmed yoghurts and probiotic drinks are not presented; the consistency of the products sold is at a low, acceptable, rather than desired by the buyer; there are flavor defects - bitterness or excessive "sourness". To increase the consumer appeal of sold products, it is recommended to use fat substitutes, stabilizers and texture correctors.

Keywords: retail, screening, skimmed sour milk product, texture, acidity.

Потребление молочных продуктов связано с более низким уровнем заболеваемости многими болезнями, такими как рак, сердечно-сосудистые заболевания, метаболические синдромы и кариес. Эти преимущества, безусловно, связаны с наличием в молочных продуктах биоактивных ингредиентов, таких как пептиды, антиоксиданты, олигосахариды, пробиотические бактерии, легко усваиваемый кальций, витамины, конъюгированная линолевая кислота, органические кислоты и другие биоактивные компоненты [1].

Современные исследования, рассматривающие кисломолочные продукты, все больше развиваются в направлении достижения большей привлекательности, улучшения консистенции продукта для удовлетворения особых потребностей и повышения питательной ценности, чтобы соответствовать растущим и часто меняющимся предпочтениям потребителей и рыночной конкуренции. Ощущение во рту, вкус и текстура - важнейшие сенсорные атрибуты консистенции йогурта, которые в конечном итоге определяют признание потребителей [2].

Цель скрининга – изучить органолептические, кислотные и текстурные показатели обезжиренных кисломолочных продуктов (КМП), реализуемых на рынке г. Казани, а также выявить их дефекты.

Для исследования ассортимента обезжиренных кисломолочных продуктов были выбраны наиболее посещаемые торговые организации города Казань: Auchan Retail – крупная торговая сеть, SELGROS Cash&Carry – международная сеть торговых центров, «Бахетлэ» – российская сеть продовольственных магазинов, ПАО «Магнит», Сеть X5 Retail Group (супермаркеты «Перекрёсток», гипермаркеты «Карусель», Федеральная торговая сеть «Пятёрочка»). Образцы обезжиренных КМП, приобретенные для скрининга, отображены в таблице 1.

Таблица 1

Образцы обезжиренных КМП для скрининга

№	Торговая марка, наименование	Изготовитель, НТД
1	Valio Clean label; Йогурт питьевой без наполнителя	ООО «ГАЛАКТИКА», Россия, Ленинградская обл., г. Гатчина; ТУ 10.51.52-005-00428347-2016
2	Віо Баланс; Биопродукт кисломолочный кефирный, обогащенный бифидобактериями, обезжиренный	АО «Данон Россия», Россия, г. Москва; ТУ 10.51.52-045-13605199
3	Наша Корова; Кефир обезжиренный	ОАО «Ядринмолоко», Чувашская Республика, г. Ядрин; ГОСТ 31454-2012
4	Просто Молоко; Кефир обезжиренный	ООО «Агросила – молоко», г. Набережные Челны; ГОСТ 31454-2012
5	Вкусняев; Кефир обезжиренный	ОАО «Алабуга Сете», г. Елабуга; ГОСТ 31454-2012
6	Очень важная корова; Кефир обезжиренный	АО «Зеленодольский молочноперерабатывающий комбинат», г. Зеленодольск; ГОСТ 31454-2012
7	Свой; Кефир обезжиренный	Крестьянское (фермерское) хозяйство Муллагалиев Адель Рафаилович, РТ, с. Пестрецы; ГОСТ 31454-2012
8	Молочная речка; Кефир обезжиренный	- ОАО «Милком», Удмуртская Республика, г. Ижевск «Ижмолоко»; - ООО «Казанский молочный комбинат», г. Казань; ГОСТ 31454-2012
9	Васькино счастье; Кефир обезжиренный	АО «Зеленодольский молочно- перерабатывающий комбинат», г. Зеленодольск; ГОСТ 31454-2012

Образцы продукта оценивались органолептически экспертами, как описано в методике авторов Е.В. Никитина и др. [3]. Каждый участник получил

30 мл продукта (при температуре 12°C) в стеклянном флаконе объемом 100 мл с откручивающейся крышкой. Измерения pH проводились с помощью цифрового pH-метра (HI 2216, Hanna Instruments, Германия). Титруемая кислотность в продукте оценивалась по ГОСТ 31976-2012. Оценка водоудерживающей способности, синерезиса (отстоя сыворотки) проводились по методикам, описанным М.С. Цыганов и др. [4].

Наибольшее количество баллов за органолептический анализ (рис.1) получили образцы, где текстура продукта была на «желаемом / приемлемом» уровне, численно такие значения были выше или равны семи баллам. При органолептической оценке у некоторых дегустаторов были замечания по вкусу – излишняя горечь или «кис-линка» и к консистенции – нарушенный кисломолочный сгусток.

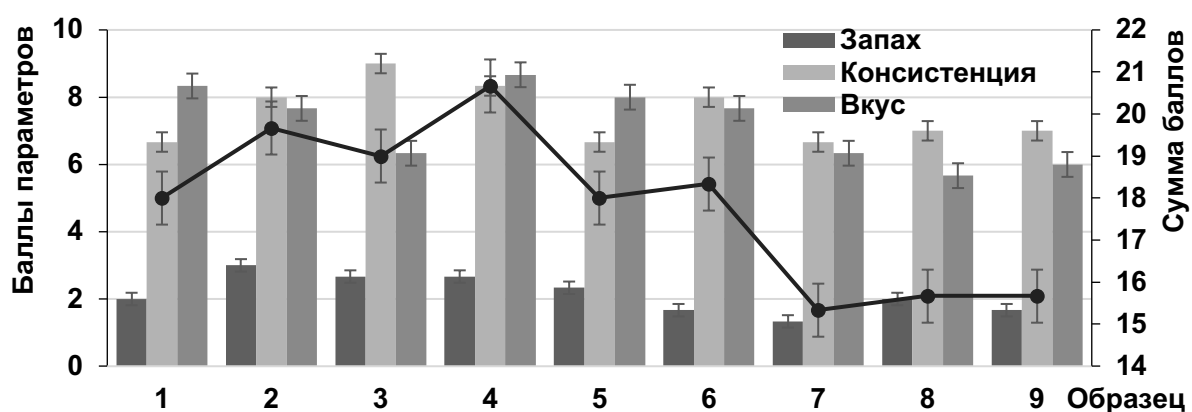


Рис. 1. Органолептические показатели

Титруемая кислотность была в диапазоне 110-135 °Т, pH в диапазоне 4,8 – 5,1, что соответствует требованиям нормативно-технической документации (рис. 2).

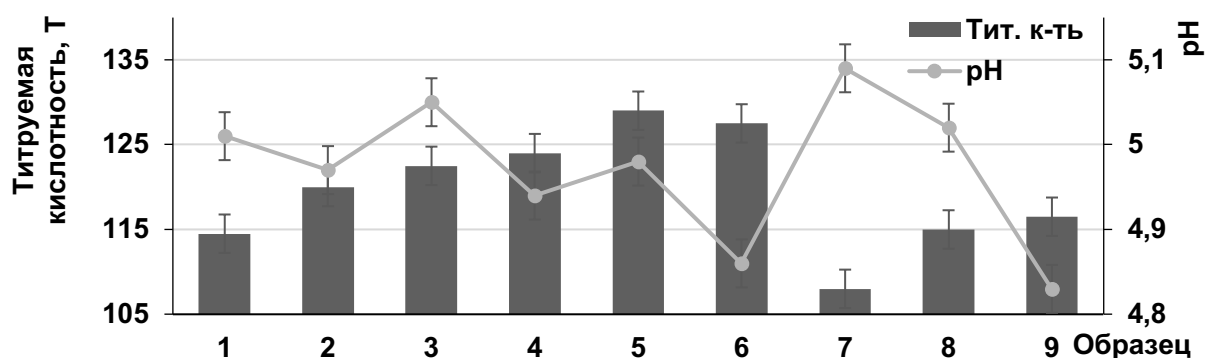


Рис. 2. Параметры кислотности

Низкие значения ВУС (образец №6) и высокий синерезис (образцы №1 и №2) (рис. 3) могут стать причиной ухудшения качества продукта, что может снизить покупательскую привлекательность обезжиренных КМП.

Для коррекции текстуры и устранения выявленных при скрининге дефектов вкуса, консистенции и текстуры обезжиренных кисломолочных продуктов, применяют различные приемы: увеличивают долю молочного белка, вносят растительные белки, изменяют условия обработки, инкубации и хранения продукта,

увеличивают общее содержание сухих веществ, вносят стабилизаторы и загустители (натуральные гидроколлоиды, в основном животного или растительного происхождения) [5].

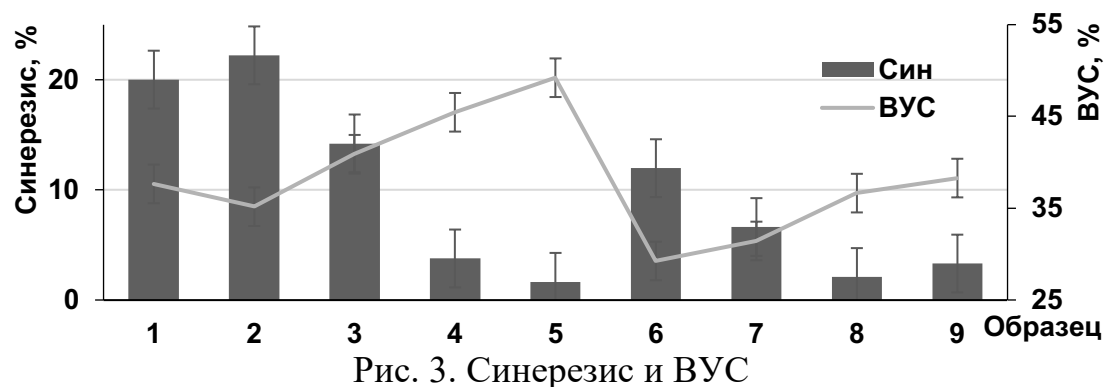


Рис. 3. Синерезис и ВУС

Скрининг обезжиренных кисломолочных продуктов, реализуемых в магазинах г. Казань, показал, что рынок скуден, основной продукт, который может приобрести потребитель – это продукт типа «Кефир»; текстура реализуемых обезжиренных продуктов находится на низком «нежелательном» для потребителя уровне – 3/9 продуктов были с низким баллом за параметр «консистенция». Параметр «вкус», на прямую зависящий от текстурных свойств продукта, у 6/9 продуктов был ниже, чем 8 баллов, что говорит лишь о «приемлемом», но не «желательном» для потребителя вкусе. Необходимо повышать привлекательность обезжиренной КМП для потребителя путем коррекции текстуры. Добиться консистенции-текстуры «полножирового» продукта в обезжиренном КМП можно с помощью специальных природных безвредных загустителей и стабилизаторов.

Список литературы

1. Yousefi, M. Recent advances in application of different hydrocolloids in dairy products to improve their techno-functional properties / M. Yousefi, S. M. Jafari // *Trends in Food Science & Technology*. – 2019. doi:10.1016/j.tifs.2019.04.015
2. Amaya-Llano, S. L. Acid thinned jicama and maize starches as fat substitute in stirred yogurt / S. L. Amaya-Llano, A. L. Martínez-Alegría, J. J. Zazueta-Morales, F. Martínez-Bustos // *LWT - Food Science and Technology*. – 2008. – V. 7. – № 41. – P. 1274–1281. doi:10.1016/j.lwt.2007.08.012
3. Nikitina, E.V. Effect of Fermented Modified Potato Starches to Low-fat Yogurt / E.V. Nikitina, R. Riyanto, A. Vafina, T. Yurtaeva, M.S. Tsyganov, G.O. Ezhkova // *Journal of Food and Nutrition Research*. – 2019. – V. 7. – P. 549-553. doi: 10.12691/jfnr-7-7-10
4. Tsyganov M.S. Cassava Starch as an Effective Texture Corrector of Fat-Free Dairy Products Based on Symbiotic Starter Culture / M.S. Tsyganov, G.O. Ezhkova, M.A. Kharitonova, E.V. Nikitina // *Int J Food Sci*. – 2022. doi: 10.1155/2022/1087043
5. O'Sullivan, M. G. Reduced-fat products and challenges. Salt, Fat and Sugar Reduction / M. G. O'Sullivan // 2020. doi:10.1016/b978-0-12-819741-7.00003-1

Секция 7

ТАРА И УПАКОВКА

ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРОВ

БИОРАЗЛАГАЕМЫЙ АНАЛОГ ПОЛИМЕРНОЙ ОДНОРАЗОВОЙ ПОСУДЫ

М. С. Воронина, А. Н. Гуляева, Я. В. Сучугов, В. В. Сабанцев,
Я. О. Майорова, К. А. Тескин

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара, Россия
yaroslav.suchugov2@mail.ru

Аннотация: Эксперты дают оценку рынку пластиковой одноразовой посуды в 14,5 миллиардов штук/год, что составляет приблизительно 300 тысяч тонн. В связи с этим, на сегодняшний день особую значимость обретает вопрос касательно создания других альтернатив одноразовой посуды, которые несомненно помогли бы уменьшить объемы загрязнения на Земле. Это исследование направлено на разработку биоразлагаемой одноразовой посуды. В ходе исследования получены экземпляры с различным количеством компонентов: трёхатомного спирта, сульфатированного полисахарида и воды. Каждый из образцов подвергался исследованию изучению степени набухания и экстрактивности сухих веществ в водном растворе.

Ключевые слова: биоразлагаемый, пластик, одноразовая посуда, сульфатированный полисахарид.

BIODEGRADABLE ANALOGUE OF POLYMER DISPOSABLE TABLEWARE

M. S. Voronina, A. N. Gulyaeva, Ya. V. Suchugov, V. V. Sabantsev,
Ya. O. Mayorova, K. A. Teskin

ФГБОУ ВО «Samara State Technical University», Samara, Russia
yaroslav.suchugov2@mail.ru

Abstract: Experts estimate the market of plastic disposable tableware at 14.5 billion pieces / year, which is approximately 300 thousand tons. In this regard, the issue of creating other alternatives to disposable tableware, which would undoubtedly help reduce the amount of pollution on Earth, is of particular importance today. This research is aimed at developing biodegradable disposable tableware. In the course of the study, specimens with different amounts of components were obtained: triatomic alcohol, sulfated polysaccharide and water. Each of the samples was examined to study the degree of swelling and extractivity of dry substances in an aqueous solution.

Keywords: biodegradable, plastic, disposable tableware, sulfated polysaccharide.

В настоящее время количество изготавливаемых полимерных материалов постоянно увеличивается. Из-за значительного спроса на упаковочные материалы в пищевой и других отраслях упаковочная промышленность является одним из крупнейших и быстрорастущих коммерческих секторов в мире. Согласно исследовательскому отчету Fortune Business Insights, мировой рынок упаковки для пищевых продуктов в 2018 году оценивался примерно в 394 миллиардов долларов,

а к 2026 году предполагается, что он достигнет приблизительно 606 миллиардов долларов, а общий годовой темп роста составит 5,6 % [1]. Исходя из данных ООН на 2016 год объем пластикового мусора на планете составило порядка 300 мил. т. [2]. Эксперты дают оценку рынку пластиковой одноразовой посуды в 14,5 миллиардов штук/год, что составляет приблизительно 300 тысяч тонн. В связи с этим, на сегодняшний день особую значимость обретает вопрос касательно создания других альтернатив одноразовой посуды, которые несомненно помогли бы уменьшить объемы загрязнения на Земле. На данный момент В России ведутся обсуждения по запрету пластиковых одноразовых изделий, а российское отделение Greenpeace выдвинуло требование о запрете всего одноразового пластика [3].

В данной работе в качестве основного биополимера был взят сульфатированный полисахарид красных водорослей. Основным полисахаридом большинства красных водорослей принадлежит к сульфатированным галактанам. В этих растениях сульфатированные галактаны заполняют межклеточное пространство, входят в состав клеточных стенок и обладают выраженными гидрофильными свойствами. Большинство сульфатированных полисахаридов способны образовывать прочные гели, поэтому красные водоросли представляют собой уникальное сырье для производства гелеобразующих веществ [4].

От имеющихся исследований в этой сфере, данный проект отличается:

- Использованием инноваторских технологий обеспечивающих разработку образцов без использования синтетических полимеров.
- Созданием аналога биоразлагаемой посуды с учетом рекомендаций экспертов Самарского государственного технического университета.

Сырье для биоразлагаемой посуды и этапы изготовления представлены на рис 1.

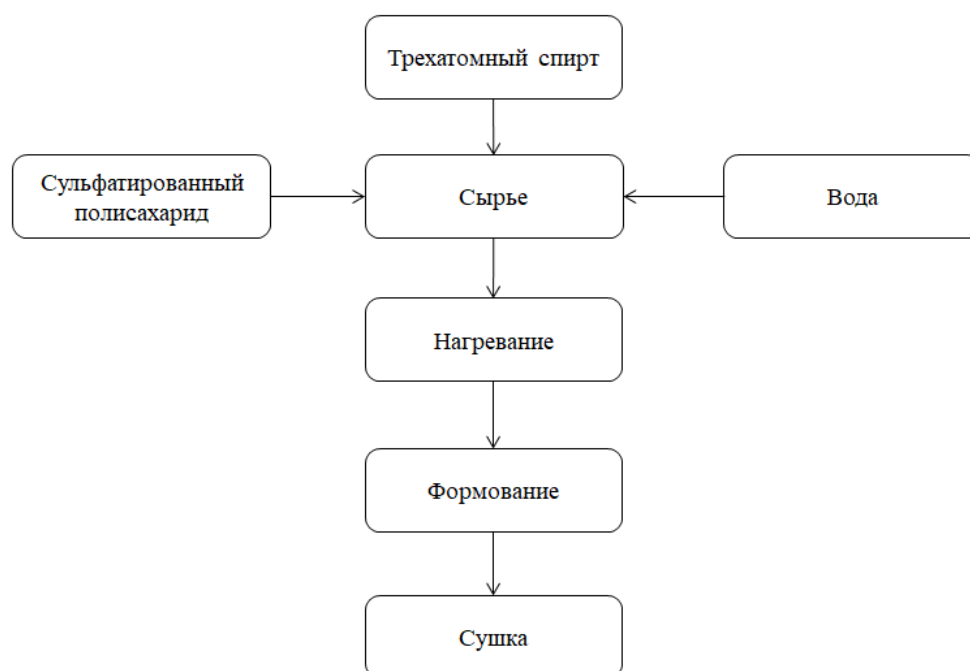


Рис. 1. Этапы изготовления биоразлагаемой посуды

Этапы изготовления:

1. Необходимо подготовить все ингредиенты и смешать их до однородной смеси. На данном этапе происходит поглощение полисахаридом большого количества воды при нормальных условиях.

2. Нагревание смеси до образования однородной массы. При температуре 40-60°C происходит дисперсия и значительное набухание частиц биополимера.

3. Формирование образцов одноразовой посуды.

4. Низкотемпературная сушка образца воздухом.

Полученные образцы (рис. 2) с различным количеством компонентов (трёх-атомного спирта, сульфатированного полисахарида и воды), подверглись первичным исследованиям степени набухания и экстрактивности сухих веществ в водном растворе.



Рис. 2. Образцы биоразлагаемых одноразовых стаканов

В ходе эксперимента образцы были заполнены на 2/3 объема питьевой водой разной температуры (0°C, 25°C, 100°C), выдерживались при нормальных условиях в течение 24 часов.

В ходе эксперимента было выяснено, что герметичность и структура образцов с температурой воды 0°C и 25°C не изменилась (рис. 3), а герметичность и структура образца с температурой воды 100°C была нарушена (рис. 4).

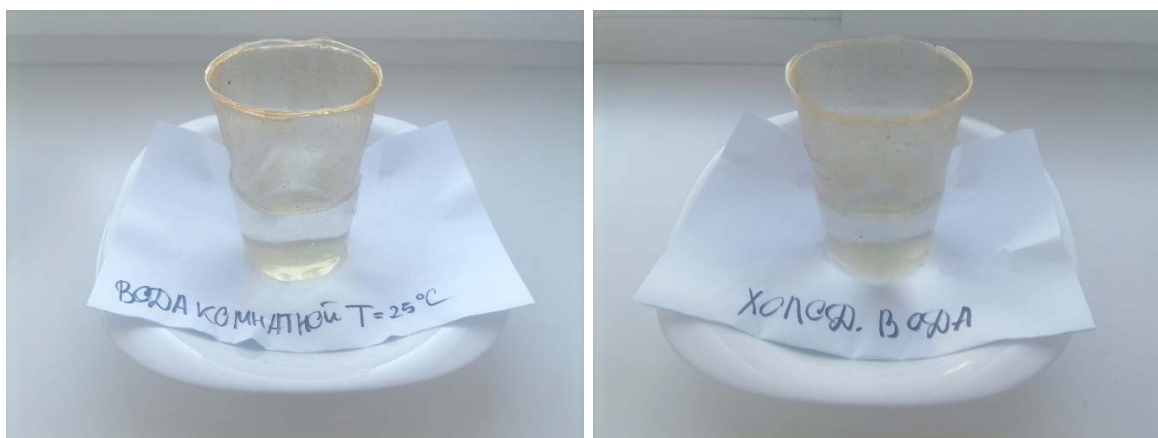


Рис. 3. Образцы с водой 0°C и 25°C



Рис. 4. Образец с водой 100°C

Воду из каждого образца после эксперимента проанализировали на содержание сухих веществ рефрактометрическим методом. Из результатов анализа сделан вывод, что анализируемая вода соответствует нормам качества питьевой воды СанПиН 2.1.4.1074-01.

В дальнейшем образцы биоразлагаемой одноразовой посуды будут подвергаться исследованию разложения в почве при разных условиях среды, но уже сейчас можно сказать, что полученные образцы являются перспективной заменой пластиковой одноразовой посуды.

План коммерциализации проекта:

- Определить физические и химические показатели образцов биоразлагаемой посуды.
- Разработать технологию производства биоразлагаемой посуды.
- Разработать технические условия и технологическую инструкцию к биоразлагаемой посуде
- Осуществить производство опытной линейки биоразлагаемой посуды.
- По итогам работы запустить производство биоразлагаемой посуды для пищевой промышленности.

Список литературы

1. Napper I.E., Thompson R.C. Marine Plastic Pollution: Other Than Microplastic // Waste (Second Edition). 2019. Academic Press. P. 425-442.
2. Официальный сайт ООН. Раздел: «Статистика», URL: <https://www.un.org/development/desa/ru/categories/statistics>
3. Официальный сайт российского отделения Greenpeace Раздел: «Новости», URL: <https://greenpeace.ru/news/2020/03/05/u-zdanijaminprirody-pojavilsja-odinochnyj-paket/>
4. Shibata, T. Local and chemical distribution of phlorotannins in brown algae / T. Shibata. // Journal of Applied Phycology. – 2004. – Vol. 16, № 4. – P. 291– 296.

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ ТИТАНА ДЛЯ СИНТЕЗА ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Д. В. Карбушева, Д. В. Кочемасова, Л. К. Каримова, М. В. Сайфутдинова,
Т. Р. Дебердеев

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
karbusheva.d.v@gmail.com

Аннотация: Предложена эффективная замена токсичным сурьмяным катализаторам для синтеза полиэтилентерефталата на основе комплексного соединения титана. Исследованы термические свойства и эффективность процесса синтеза ПЭТ.

Ключевые слова: полиэтилентерефталат, катализатор, соединения на основе титана.

TITANIUM-BASED CATALYTIC SYSTEMS FOR THE SYNTHESIS POLYETHYLENE TEREPHTHALATE

D. V. Karbusheva, D. V. Kochemasova, L. K. Karimova, M. V. Sayfutdinova, T. R. Deberdeev

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: Polyethylene terephthalate was synthesized on a titanium-based catalytic system. Comparison with antimony-based PET shown high process efficiency of titanium system and improving thermal properties.

Keywords: polyethylene terephthalate, catalyst, titanium-based systems.

На сегодняшний день пластмассы являются наиболее популярным материалом для производства различной упаковочной тары. При этом наиболее популярным остается полиэтилентерефталат (ПЭТ), который используется для производства разнообразнейшей упаковки для продуктов питания и напитков, косметических и фармацевтических средств. ПЭТ также нашел широкое применение при изготовлении аудио, видео и рентгеновских пленок, пленок с высокими барьерными свойствами, волокон для тканей. Такое обилие сфер применения возможно благодаря структуре полимера, его термостойкости и возможности контролировать свойства путем изменения степени кристалличности.

Наиболее часто при промышленном получении ПЭТ применяются катализаторы на основе сурьмы. Оксид сурьмы или триацетат сурьмы ($\text{Sb}(\text{CH}_2\text{COO})_3$) уже давно используется как катализатор для синтеза ПЭТФ, поскольку он демонстрирует хороший баланс каталитической активности в присутствии стабилизаторов на основе фосфора [1].

Однако сурьма в качестве катализатора в процессе производства ПЭТФ имеет свои существенные недостатки. Во-первых, на поверхности готового продукта можно обнаружить небольшое количество сурьмы, которое, в свою очередь, может препятствовать выдувке бутылки. Такой остаток катализатора можно легко удалить промывкой, но это требует дополнительных затрат. Во-вторых, вещество также остается в самом ПЭТФ и может мигрировать в пищу и напитки. При воздействии высоких температур, ультрафиолетового или микроволнового излучения на продукцию из полиэтилентерефталата количество сурьмы, проникающей в пищу/напитки, может существенно возрасти. Как известно, сурьма – токсичное вещество и является эндокринным разрушителем [2], а также нарушает функции различных органов (сердце, почки, ЦНС, печень, легкие, кишечник, лимфатическую систему и др.).

Третий недостаток – затраты на обработку опасных содержащих сурьму отходов, образовавшихся в результате синтеза ПЭТ, увеличивают стоимость самого полимера.

Наиболее перспективным кандидатом для замены сурьмы является титан [3,4]. Было обнаружено, что каталитическая активность катализаторов поликонденсации на основе титана выше, чем у катализаторов на основе сурьмы, однако производители часто отвергали данный катализатор из-за образования полихромных связей, приводящих в том числе к пожелтению. Титановые катализаторы чаще всего используются для получения полибутилентерефталата, политриметилена терефталата и других сополимеров, где в меньшей степени проявляется желтизна продукта. Кроме того, соединения на основе титана не имеют никаких побочных влияний на окружающую среду и не являются токсичными для человеческого организма, поскольку они широко используются в качестве пищевых добавок или лекарств.

В данной работе предлагается комплексная каталитическая система на основе титана для полимеризации ПЭТ и его термостойких сополимеров.

Синтез ПЭТ проводили в трехгорлой колбе с мешалкой и обратным холодильником (дефлегматором) в токе инертного газа – азота. В качестве теплоносителя для проведения реакции поликонденсации использовался высококипящий инертный растворитель – дитоллилметан ($T_{\text{кип}} = 292-296^\circ\text{C}$). После загрузки и предварительного нагрева основных ингредиентов – ДМТ и ЭГ, добавили титанорганический катализатор (0,03 масс. %) и стабилизатор (0,01 масс. %).

Синтез проводился в два этапа. Первой стадией является переэтерификация (рис.1) при температуре $190-200^\circ\text{C}$: в ходе её проведения улетучивается большая часть паров метанола и образуется мономер – дигидроксиэтилентерефталат (ДГЭТ) и короткоцепочечные олигомеры.

Вторая стадия – поликонденсация (рис. 2) полученных мономеров и олигомеров, проводится при повышении температуры до $250-280^\circ\text{C}$ и проходит с отгоном избыточного этиленгликоля и побочных продуктов реакции -ацетальдегида и метилового спирта. Отмывку полученного полимера от катализатора и остатков низкомолекулярных соединений проводили в изопропанол. В результате был получен белый, с небольшой желтизной мелкодисперсный порошок ПЭТ.

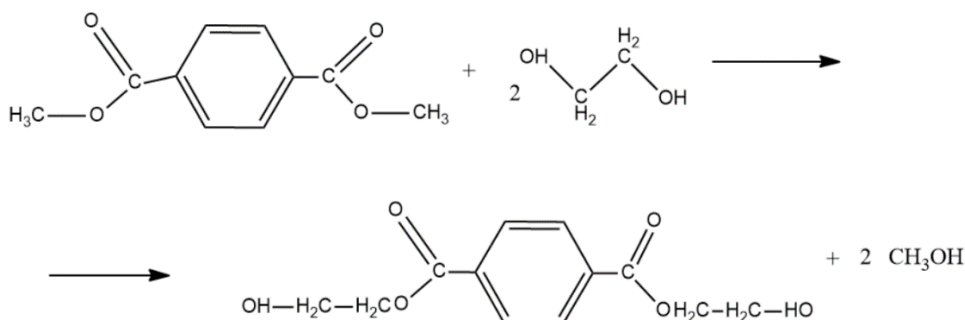


Рис. 1. Первая стадия синтеза ПЭТ: переэтерификация

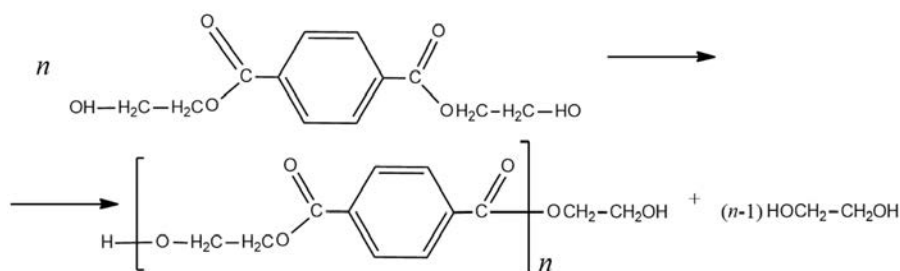


Рис. 2. Вторая стадия синтеза ПЭТ: поликонденсация

Исследования термических свойств проводились методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). В режиме нагрева сначала была обнаружена температура стеклования, соответствующая перегибу кривой ДСК, а затем температура плавления в виде пика с вершиной при 254 °С.

Результаты сравнения свойств ПЭТ полученного на основе разных каталитических систем приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение свойств ПЭТ, полученных на различных каталитических системах

Показатель	Катализатор на основе сурьмы	Катализатор на основе титана
Температурный интервал реакции, °С	150-290	150-290
Продолжительность процесса, мин	290	240
Внешний вид	Сероватый	Почти бесцветный, с небольшой желтизной
Температура плавления, °С	258	254
Температура стеклования, °С	71	79,5
Температура кристаллизации, °С	126	141

На основе вышеизложенных результатов можно сделать вывод об эффективности предложенного нами комплексного титанового катализатора, который также является более экологически чистым и безвредным для организма.

Список литературы

1. Циммерман Г., Шааф Э., Высокомолекулярные соединения. 15(2), с 415, 1973.
2. Хаидулина Х.Х., Дорофеева Е.В. Эндокринные разрушители (Endocrine Disrupters). Современное состояние проблем // Токсикологический вестник. – 2013. – № 2. – С. 51–54.
3. Shotyk, William. Contamination of Canadian and European bottled waters with antimony from PET containers. Journal of Environmental Monitoring. 8 (2), 288–92, 2006.
4. W.A. MacDonald. New advances in poly(ethylene terephthalate) polymerization and degradation. Polym Int. 51,923-930, 2002.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ДЕКСТРИНА ОТ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

**В. С. Малмыцкая, Д. И. Каримова, В. Д. Назарова, Р. Р. Спиридонова,
Е. В. Перушкина**

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет», г. Казань, Россия
vmalmytskaya@mail.ru

Аннотация: Рассмотрены свойства декстринов от трёх разных производителей. Исследованы консистенции их растворов, а также физико-механические характеристики полученных пленок. Было выявлено, что все три декстрина, регламентированные одним ГОСТом 6034-2014, сильно отличались по вязкости. Физико-механические свойства пленок, полученных из низковязких декстринов, удалось компенсировать за счёт снижения концентрации воды в растворе.

Ключевые слова: декстрин, сравнительный анализ консистенций, биоразлагаемые пленки, физико-механические свойства.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DEXTRIN-BASED POLYMER COMPOSITIONS FROM VARIOUS MANUFACTURERS

V. S. Malmytskaya, D. I. Karimova, V. D. Nazarova, R. R. Spiridonova, E. V. Peryshkina

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: The properties of dextrans from different different manufacturers are selected. Research consistency of their solutions, as well as physico-mechanical characteristics of film yields. It was found that all three dextrans regulated by GOST 6034-2014 differed greatly in viscosity. The physico-mechanical properties of films obtained from low-viscosity dextrans were compensated by reducing the water concentration in the solution.

Keywords: dextrin, comparative analysis of consistency, biodegradable films, physical and mechanical properties.

Пластики широко используются при производстве упаковок пищевых продуктов, лекарств и электроники. В некоторых областях уже не удастся обойтись без их применения. Так, например, согласно данным, приведенным europa-bioplastics.org, в качестве упаковки 50% товаров в Европе используется именно пластик. Такое обширное применение пластика в производстве обуславливается несколькими причинами:

- дешевизна производства;
- меньшие затраты энергии в сравнении с другими материалами для изготовления упаковок;
- универсальность, возможность получения полимерных материалов с широким набором необходимых физических свойств.

В связи с такой популярностью пластика на рынке производства, в мире всё больше растёт беспокойство об экологичности его использования. Одна из причин заключается в том, что зачастую полимеры изготавливаются из невозобновляемых ресурсов, например, из нефти. Если уровень потребления не снизится, то ее запасов не хватит даже на сотню лет. Ещё одной причиной является то, что пластик и изделия из него не разлагаются в естественной среде. Несмотря на то, что разработаны различные методики по переработке пластика, не все из них можно применить, так как не везде существуют условия для такой переработки, и не все полимеры перерабатываются полностью. Решением данной проблемы является использование биоразлагаемых материалов [1].

Биопластмассы находят все большее применение в упаковке. Ожидается, что мировое производство упаковок из биопластика будет постепенно развиваться и расти в среднем на 15,2% в течение периода с 2021 по 2026 гг. [2]. Биопластмассы в зависимости от материала имеют схожие с пластмассами свойства, в тоже время имея преимущества: они менее вредны для окружающей среды и их легче подвергнуть вторичной переработке.

Из биоразлагаемых полимерных материалов изготавливают множество предметов и вещей, которые человек привык использовать ежедневно. К ним относят: контейнеры, пленки, упаковки для пищевых продуктов, стаканчики для напитков, одноразовые бутылки и так далее. Особое распространение биополимеры получили в сфере медицины. На их основе производят хирургические нити по той причине, что в их состав входят естественные биологические вещества совместимые с человеческими тканями [3].

В последние несколько лет написано много научных публикаций по теме модификации синтетических полимеров с помощью смешения с нативными материалами, такими как крахмал. Способы их получения различны. Например, крахмальные зерна при сочетании с синтетическими полимерами могут как выступать в роли наполнителя, так и проходить через стадию деструкции. Если немного углубиться в способы получения биоразлагаемых полимеров на основе крахмала, то можно выделить следующие способы создания полимерных композиций на их основе:

- получение смесей крахмала с синтетическими полимерами;
- получение смесей крахмала с природными полимерами;
- получение термопластичного крахмала и изделий на его основе экструзионным методом [4].

С экологической точки зрения, крахмал и его производные представляют собой биоразлагаемые полимерные материалы и, следовательно, перспективное использование такого материала только растёт. Явными преимуществами крахмальных композиций заключаются в следующем:

- крахмал полностью разрушается в водной и почвенной средах (с помощью грибов и микроорганизмов, УФ-излучения и других факторов) без пагубного и опасного действия на окружающую среду;
- экологически чистый продукт уменьшает выброс углекислого газа как при его разложении, так и при синтезе его на производстве;

- композиции на основе крахмала получаются из вторсырья и, следовательно, их возможно переработать, а также утилизировать;
- доступность термопластичного крахмала и выгода производства материалов с экономической точки зрения;
- крахмал способен связываться (использоваться) с синтетическими материалами и повышать вероятность разрушения неразлагаемых пластиков [5].

В последнее время набирает популярность термопластичный крахмал, как неплохая замена пластику, чье разложение уже является серьезной экологической проблемой.

Термопластичный крахмал – термопластичное вещество, полученное из нативного крахмала путем разрушения кристаллической структуры с помощью высокой температуры, при которой крахмал плавится и разжижается, в присутствии пластификатора. Он используется в качестве дешевого биоразлагаемого материала в виде растворимых пен, рыхлых наполнителей, выступает как замена вспененного полистирола [6].

Особый интерес представляют продукты обработки крахмала – декстрины. Декстрин – это расщепленный крахмал, полученный термической обработкой различных видов крахмалов в присутствии катализатора или без него [7].

По внешнему виду декстринов делят на несколько видов: белый, желтый и коричневый. Декстрин представляет собой порошок, который полностью или почти полностью растворяется в воде с образованием низковязких оптически активных растворов. Белые декстрины являются продуктом расщепления влажного крахмала. Желтые («жженные») декстрины имеют желтый, желто-коричневый или коричневый оттенок и могут быть получены при нагревании сухого крахмала. Также декстрины можно разделить по виду крахмала, который используется для их производства: разделяют кукурузные, пшеничные и тапиоковые декстрины. В зависимости от того, какой катализатор используется при производстве, различают кислотные и бескислородные декстрины [8].

Главное свойство декстрина заключается в его высокой клеящей способности, что говорит о том, что он имеет полярные активные группы, которые обладают высокими адгезионными свойствами, позволяющими получать полимерные композиции на его основе с высокими комплексными свойствами.

В ранее проводимых работах [9] была разработана рецептура для создания мульчирующей пленки, включающей в состав декстринов, воду, глицерин, молочную кислоту, хитозан, альгинат и тальк. Эти пленки обладали для целей применения удовлетворительными физико-механическими характеристиками. Однако переход на сырье других производителей не позволил получить на основе данной рецептуры пленку с теми же свойствами. Нашей задачей стало выяснить, от чего это зависит, и скорректировать рецептуру пленки таким образом, чтобы ее свойства соответствовали свойствам пленки, полученной в ранней работе.

В работе [9] использовался белый декстрин российского производства (ООО «Биполь», г. Набережные Челны) – Д1. Объектами исследования в данной работе являлись желтый окисленный декстрин китайского производства – Д2 и белый декстрин российского производства (ООО "ДЕКСТРИНЗАВОД", г. Муром) – Д3.

В РФ декстрины регламентируются ГОСТ 6034-2014 “Декстрины. Технические условия”. Исходя из него регламентируемые характеристики изучаемых декстринов приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Регламентируемые свойства по ГОСТ 6034-2014 декстринов
различных производителей**

Свойство	Д1	Д2	Д3
Агрегатное состояние	твердый	твердый	твердый
Форма	однородный порошок	однородный порошок	однородный порошок
Цвет	белый	желтый	белый
Запах	слабо ощутим	слабо ощутим	слабо ощутим
Степень растворимости в воде, %	62	95	62
Влажность, %	не более 5	не более 5	не более 5
Массовая доля общей золы в пересчете на абсолютно сухое вещество, %	не более 0,22	не более 0,40	не более 0,22
Ph	не более 50	не более 50	не более 50

Как видно из таблицы 1 регламентируемые свойства изучаемых декстринов схожи. Однако данные свойства носят общий характер и не отражают физическую сущность изучаемых объектов.

Сравнительный анализ консистенции растворов показал, что при одинаковом соотношении компонентов Д1 образует более вязкую реакционную массу, чем Д2 и Д3, что, вероятно, связано с тем, что он более высокомолекулярный. Несмотря на то, что консистенция водного раствора Д2 визуальна схожа с Д3, его вязкость в 0,5 раз меньше, чем у Д3 и в 6,3 раза, чем у Д1.

Ввиду низкой вязкости растворов Д2 и Д3 не удалось получить пленки по той же рецептуре, что для Д1. Поэтому было предложено уменьшить содержание воды до 1,3 м.ч. Видно, что пленки на основе Д3 более прочные, чем Д2, но менее эластичные. Также можно наблюдать, что физико-механические характеристики пленок на основе Д1 и Д3 схожи (таблица 2).

Таким образом, ГОСТ 6034-2014 не учитывает вязкость водных растворов декстринов и тем самым не регламентирует их молекулярную массу. В тоже время, молекулярная масса оказывает влияние на качество и свойства получаемых декстриновых пленок. Для менее вязких исследуемых растворов достаточно уменьшить содержание воды, чтобы получить пленки, соизмеримые по физико-механическим свойствам пленок высокомолекулярного декстрина. Однако пленки на основе желтого декстрина, в отличие от белых, из-за содержания большего количества функциональных групп и низкой молекулярной массы, проявляет меньшую прочность и повышенную эластичность. Подобные свойства

должны позволить в дальнейшем при добавлении большего количества наполнителя получить новый материал с уникальными свойствами.

Таблица 2

Физико-механические характеристики пленок, полученных на основе Д1, Д2, Д3

Состав компонентов, мас.ч.							σ_p , МПа	ε , %	Е, МПа
Декстрин	Вода	Глицерин	МК*	ХТ*	АН*	Тальк			
1 (Д1)	2	0,4	0,007	0,004	0,01	0,2	4,9	21,4	141
1(Д2)	1,3	0,4	0,007	0,004	0,01	0,2	1,6	93,8	56
1(Д3)	1,3	0,4	0,007	0,004	0,01	0,2	6,7	10,8	166

* МК – молочная кислота; ХТ – хитозан, АН – альгинат натрия

Список литературы

1. Забегаева, И.Г. Ситуация на рынке биоразлагаемой упаковки РФ / И.Г. Забегаева// Российский продовольственный рынок. – 2022. – №2. – С. 30-33.
2. Рынок упаковки из биопластика: рост, тенденции, влияние COVID-19 и прогнозы (2023-2028 гг.). [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/bioplastics-packaging-market>
3. Лешина, А. Пластики биологического происхождения / А. Лешина // Химия и жизнь. – 2012. – № 9. – С. 1-5.
4. Суворова, А.И. Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала / А.И. Суворова, И.С. Тюкова, Е.И. Труфанова //Успехи химии. – 2000. – том 69. – № 5. – С.494-504.
5. Термопластичный крахмал (ТПК) и нанокompозиты на его основе. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://ozlib.com/884076/tehnika/termoplastichnyy_krahmal_nanokompozity_osnov_e
6. Подденежный, Е.Н. Прогресс в получении биоразлагаемых композиционных материалов на основе крахмала (обзор) / Е. Н. Подденежный [и др.] // Вестник ГГТУ имени П.О. Сухого: научно - практический журнал. – 2015. – № 2. – С. 31-41.
7. Декстрин: свойства, польза и вред, применение. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://chtoikak.ru/dekstrin.html?ysclid=lex9fkj1tm697756335>
8. ГОСТ 6034-2014 Декстрины. Технические условия. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://all-gosts.ru/gosts/gost-6034-2014/>, свободный.
9. Назарова, В.Д. Модифицированные пленки на основе производных крахмала / В.Д. Назарова, Р.Р. Спиридонова // Проблемы и инновационные решения в химической технологии ПИРХТ-2022: материалы всероссийской конференции с международным участием / Воронеж. гос. ун-т инж. техн. – Воронеж: ВГУИТ. – 2022. – С. 46-47.

КОМПОСТИРУЕМАЯ УПАКОВКА НА ОСНОВЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ: АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ, ПРИМЕНЕНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ

Л. Н. Студеникина, А. А. Мельников, С. Ю. Домарева

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных
технологий», г. Воронеж, Россия
lubov-churkina@yandex.ru

Аннотация: Приведена характеристика упаковочных материалов на основе водорастворимого термопласта – поливинилового спирта (ПВС), подвергнутого различным вариантам химической модификации (компаундирование с полисахаридами (ПС), сшивка борной кислотой, различное содержание винилацетаных (ВА) групп). Установлено, что эффективность биodeградации исследуемых материалов лимитируется в первую очередь содержанием ВА-групп в ПВС, природой взаимодействия ПВС и ПС, концентрацией сшивающего агента.

Ключевые слова: компостируемая упаковка, водорастворимые термопласты, поливиниловый спирт, полисахариды.

COMPOSTABLE PACKAGING BASED ON WATER-SOLUBLE THERMOPLASTICS: ASPECTS OF OBTAINING, APPLICATION AND DISPOSAL

L. N. Studenikina, A. A. Melnikov, S. Y. Domareva

Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

Abstract: The characteristics of packaging materials based on water-soluble thermoplastics - polyvinyl alcohol (PVA), subjected to various chemical modification options (compounding with polysaccharides (PS), crosslinking with boric acid, different content of vinyl acetate (VA) groups) are given. It has been established that the efficiency of biodegradation of the studied materials is limited primarily by the content of the VA groups in the PVS, the nature of the interaction of PVS and PS, the concentration of the crosslinking agent.

Keywords: compostable packaging, water-soluble thermoplastics, polyvinyl alcohol, polysaccharides.

Компостируемая упаковка на основе водорастворимых термопластов (ВРТП) – один из способов решения проблемы пластикового мусора.

Технологии получения компостируемой упаковки, обладающей всеми достоинствами традиционных пластиков (прозрачность, прочность, дешевизна и т.д.), активно разрабатываются уже более 20 лет, однако, такие компостируемые пластики, как полилактид, полигидроксибутират и прочие продукты микробиологического синтеза, а также сшитые природные полимеры (полисахариды, белки), до сих пор не получили массового распространения из-за высокой стоимости и сложности получения. Компостируемая упаковка на основе синтетиче-

ских термопластов более привлекательна с технико-экономической точки зрения, но ключевым фактором эффективности ее использования является способность полимерной матрицы к биodeградации.

Наиболее распространенным ВРТП является поливиниловый спирт (ПВС). ПВС – перспективный полимер для производства упаковочных материалов с заданными свойствами: регулируемым водопоглощением / водорастворимостью, биоразлагаемостью, сорбционными свойствами и др. ПВС стабилен в отношении масел, жиров и большинства органических растворителей, прозрачен, безопасен для человека и обладает высокими прочностными показателями (которые, однако, зависят от влажности).

Область применения водорастворимых пленок на основе поливинилового спирта весьма широка - это упаковки для самых различных товаров в сельском хозяйстве (удобрений, химикатов, корней саженцев и т.д.), химической промышленности (индивидуальная одноразовая упаковка для моющих средств, красителей и т.д.) в медицине (упаковка косметических, лекарственных препаратов, предметов, подвергаемых дезинфекции или стерилизации и проч.), в пищевой промышленности – водорастворимые информационные этикетки, биоразлагаемые упаковочные пленки и подложки и др.). Кроме водорастворимой индивидуальной упаковки на основе ПВС можно производить аналоги полиэтиленовых пакетов, утилизируемые путем смыва в централизованные системы водоотведения [1].

Главная причина ограниченности использования водорастворимых пленок на основе ПВС – это отсутствие возможности регулирования скорости растворения (и биodeградации) материала. ПВС выпускаются промышленностью различных марок, отличающихся молекулярной массой (ММ) и остаточным содержанием винилацетатных групп (ВА-групп), и как следствие – степенью гидролиза. ПВС, содержащий до 5% ВА-групп, набухает в холодной и растворяется в нагретой до 90-100°C воде, ПВС с 5-10% ВА-групп растворяется в воде при 65-85 °C (как следствие – ПВС с содержанием ВА-групп менее 10% не способен к гидролизу в естественных природных условиях). ПВС с 10-15% ВА-групп растворяется при нагревании и частично - при комнатной температуре, с 15-25% ВА-групп - при 20 °C (и соответственно может подвергаться гидродеструкции в естественных условиях окружающей среды) [2].

Для создания материалов на основе ПВС с заданными свойствами (определённой скоростью биodeструкции, временем водорастворения при заданной температуре среды, физико-механическими, сорбционными свойствами и т.д.) необходима химическая модификация полимера.

Растворимость высокомолекулярных соединений зависит от прочности и температурной устойчивости внутри- и межмолекулярных связей. ПВС является слаборазветвлённым полярным полимером, поэтому одним из наиболее эффективных путей снижения его растворимости в воде - это «сшивка» макромолекул. При сшивке образуются поперечные химические связи между макромолекулами ПВС, которые приводят к пространственному строению полимера. Сшивку ПВС можно осуществить физически (воздействием температуры или излучения СВЧ) и химически (введением веществ – сшивающих агентов) [3].

Компаундирование ВРПТ с полисахаридами (ПС) позволяет создать материалы с низкой себестоимостью и новыми свойствами [4]. Известны работы по созданию композитов на основе ПВС и крахмала, целлюлозы, пектина и др. ПС, однако вопрос их химического взаимодействия и структурообразования с учетом различных способов модификации ПВС в литературных источниках не раскрыт.

ПВС является одним из очень немногих синтетических термопластов, подверженных окончательной биодеструкции. Однако биодеградация данного ВРПТ имеет сложный характер и лимитируется несколькими факторами [4]. В водных аэробных средах биодеструкция поливинилового спирта протекает параллельно с его гидролизом [5]. В научно-технических источниках отмечены противоречия по вопросу эффективности биодеструкции ПВС. Между тем, зарубежные исследователи утверждают, что положительные результаты скрининговых тестов на биодеструкцию поливинилового спирта не противоречат сведениям о его «плохой» биодеградации. Это связано прежде всего с тем, что в настоящее время существует весьма обширный спектр применения данного ВРПТ, с определенными требованиями к его физико-химическим показателям, которые достигаются при помощи различных стратегий проектирования материала [6]. Не все поливиниловые спирты (марки) одинаково растворимы в воде, особенно сильное влияние здесь оказывает температура водной среды, и при этом различные марки ПВС не одинаково биоразлагаемы. Таким образом, любая модификация ПВС должна сопровождаться исследованием биоразлагаемости полученных материалов, установления факторов биодеструкции, условий и сроков окончательной биодеградации [7].

Переработка ПВС возможна как по расплавной, так и по растворной технологии. Однако, и в первом, и во втором случае возникают нюансы, требующие дополнительного изучения, в частности, это оценка термомеханической стойкости материала, способа ускоренного обезвоживания раствора ПВС, структурообразования при обезвоживании и т.д.

Из всего вышесказанного следует, что в настоящее время представляет научно-практический интерес комплексное фундаментальное исследование по химической модификации ПВС, в частности, по направлениям: исследование особенностей взаимодействия ПВС с различным содержанием ВА-групп и полисахаридов различной природы при жидкофазном компаундировании; исследование влияния природы и содержания сшивающего компонента на структурообразование пленки ПВС и кинетику растворимости в воде при различной температуре; исследование сроков, условий и конечных продуктов биодеструкции материалов на основе ПВС, подвергнутого различным вариантам модификации; оценка технологических и эксплуатационных свойств новых материалов на основе ПВС и т.д.

Предлагаемые методы и подходы к исследованию особенностей получения, применения и утилизации материалов на основе ПВС: микроскопирование (оценка макромолекулярной структуры: характера распределения фаз, степени гомогенности, пористости материала и пр.), оценка прочностных показателей в динамике воздействия внешних биотических и абиотических факторов (вода,

УФ-излучение, температура, химические и биологические среды), оценка водопоглощения / сорбции водяных паров, расчет коэффициентов диффузии, изучение кинетики растворимости образцов в диапазоне температуры водной среды; ИК-спектрометрические и дериватографические исследования новых материалов, позволяющие оценить их химический состав и структуру при модификации на молекулярном уровне; оценка биоразлагаемости лабораторными и натурными методами и пр.

Список литературы

1. Студеникина Л.Н., Домарева С.Ю., Голенских Ю.Е., Матвеева А.В., Мельников А.А. Повышение прочности и водостойкости материалов на основе поливинилового спирта с помощью борной кислоты. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 2 (92). С. 249-255.
2. Студеникина Л.Н., Домарева С.Ю., Голенских Ю.Е., Матвеева А.В. Особенности высоконаполненных композитов на основе различных марок поливинилового спирта // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83. № 1 (87). С. 316-322.
3. В. М. Гематдинова, Ю. Д. Сидоров, М. А. Поливанов, С. В. Василенко. Регулирование растворимости композиционных материалов на основе поливинилового спирта. Вестник технологического университета. 2016. Т.19, №6, с.96-99.
4. Студеникина Л.Н., Корчагин В.И., Иушин В.О., Мельников А.А. Влияние природы наполнителя на свойства композита «поливиниловый спирт : полисахарид». Сорбционные и хроматографические процессы. 2021. №1. с.111-118.
5. Solaro R., Corti A., Chiellini E. Biodegradation of poly(vinyl alcohol) with different molecular weights and degree of hydrolysis // Polym Adv Technol. 11 (2000). pp.873–878.
6. Byrne D., Boeijs G., Croft I., Hüttman G., Luijckx G., Meier F., Parulekar Y., Stijntjes G. Biodegradability of Polyvinyl Alcohol Based Film Used for Liquid Detergent Capsules // Biologische Abbaubarkeit der für Flüssigwaschmittelkapseln verwendeten Folie auf Polyvinylalkoholbasis. Tenside Surfactants Detergents. vol. 58. no. 2. 2021. pp. 88-96.
7. Studenikina L.N., Korchagin V. I., Popova L. V., Savvin P. N Biodegradation of polyvinyl alcohol-Based binary composites // J. Sib. Fed. Univ. Chem., 2021, 14(1), 111-119.

РАЗРАБОТКА ГОФРОТАРЫ С ВОДОЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ

И. Р. Фарзиева, М. Ф. Галиханов

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
farzievair@gmail.com

Аннотация: Постоянное расширение областей применения гофрокартонной упаковки приводит к появлению новых и более жёстких требований к качеству гофрокартона как в процессе транспортирования, хранения, так и эксплуатации. Высокая гигроскопичность гофрированного картона не позволяет обеспечивать сохранение структуры и геометрии упаковки при ее увлажнении, что, как следствие, ведет к потерям как упаковываемой продукции, так и качества упакованного продукта. В данной работе представлены данные по разработке водозащитного покрытия и технологии нанесения аэрозольным способом на гофротару. Предложены методы испытаний гофротары, характеризующие эффективность защиты покрытия от воздействия влаги.

Ключевые слова: гофрокартон, тара, гофроящики, водозащитное покрытие, биоразлагаемые полимеры.

DEVELOPMENT OF CORRUGATED PACKAGING WITH WATERPROOF COATING

I. R. Farzieva, M. F. Galikhanov

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Constant expansion of the areas of application of corrugated cardboard packaging leads to new and more stringent requirements for the quality of corrugated cardboard in the process of transportation, storage and operation. High hygroscopicity of corrugated cardboard does not allow preserving the structure and geometry of the package when it is moistened and, as a consequence, leads to losses of both the packaged product and the quality of the packaged product. This paper presents data on the development of waterproof coating and technology of application by aerosol method on corrugated packaging. The methods of corrugated packaging tests that characterize the effectiveness of moisture exposure coating are proposed

Keywords: Corrugated cardboard, containers, corrugated boxes, waterproofing, biodegradable polymers.

Трудно представить современный товарооборот без упаковки. Как правило, стоимость упаковки крайне незначительна в сравнении с упакованным товаром. Однако защитная, информационная и эстетическая роль упаковки весьма велика, поэтому функциональные характеристики упаковки требуют тщательного изучения и точного воспроизведения. Следует признать, что целлюлозно-бумажные материалы в некоторых моментах проигрывают конкурентную борьбу полимерным, лучшие барьерные свойства которых связаны, главным образом, с минимальной

гигроскопичностью, воздухопроницаемостью, ароматосохранностью и гидроустойкостью [1]. Однако недостатки полимерной тары – экологическая вредность и высокая стоимость – позволяют гофротаре занять значимую нишу в упаковочной отрасли.

Целлюлозно-бумажные материалы имеют массу достоинств: доступность, экологичность, невысокая стоимость, возможность вторичной переработки в связи с чем являются перспективными материалами для создания упаковки. Однако они обладают низкой влагоустойчивостью, что ограничивает области их применения.

В настоящей работе предполагается разработка водозащитного покрытия и дальнейшее нанесение на гофротару аэрозольным способом.

Планируется использовать такие материалы как поликапролактон и полилактид, так как данные полимеры являются водозащитными и имеют возможность биоразлагаться. Кроме этого, уже были проведены исследования покрытий из данных полимеров на свойств листовых ЦБМ [2-5]. Актуальна и тема вторичной переработки, так как желательно сохранить возможность вторичной переработки гофрокартона с водозащитным покрытием в виде макулатурного сырья.

Целью настоящей работы является разработка рецептуры и технологии нанесения водозащитного покрытия на тару из гофрокартона существенно помогут сохранить затраты предприятий.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования в работе использованы коробки из гофрокартона 190*190*145 мм.

В качестве покрытия использовались: поликапролактон и полилактид (производитель Sigma Aldrich). Характеристики приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Характеристика поликапролактона

Качественные показатели	Значение
Внешний вид	Однородный порошок
Цвет	Молочный цвет
Предел прочности, ГПа	0,4

Таблица 2

Характеристики полилактида

Наименование показателя	Полилактид
Плотность, г/см ³	1,23±0,05
ПТР, г/10мин(190°С/2,16кг)	2–5
Температура плавления, оС	150–155
Температура стеклования, оС	57–60
Модуль упругости при растяжении, ГПа	3,5–6,0
Ударная вязкость, Дж/м	10–13

Нанесение водозащитного покрытия на основе поликапролактон или полилактид проводили его нанесением аэрозольным способом на поверхность коробок. Для этого гофротары размером 19 x 19 см были помещены на плоскую поверхность, после чего водозащитное покрытие наносилось с помощью распылителей. После того как раствор полностью покрыл коробку снаружи, коробку оставляю

Впитываемость при полном погружении осуществлялась согласно ГОСТ 13648.5-78. Образцы помещали в ванну с водой и выдерживали в течение 1 минуты, затем образцы извлекались руками и давали стечь лишней жидкости в течение 2 минут. Измеряли массу до и после погружения в воду. Далее производили расчет.

Перед испытанием образцы подвергли кондиционированию по ГОСТ 13523 при относительной влажности, температуре воздуха и в течение суток. Образцы с водозащитным покрытием испытывали по истечении суток с момента распыления покрытия.

Образцы по одному погружали в воду. Температура воды в ванночке во время испытания была комнатная. По истечении 120 минут, образцы извлекли из воды и приступали к механическим испытаниям. Одновременно механическим испытаниям подвергались сухие гофроящики.

Для определения механических свойств гофротары использовали три вида ударных нагрузок: удар при свободном падении тары на жесткое основание, удары тары друг о друга, удары при падении на тару твердых тяжелых предметов. Все виды испытания на сопротивление удару определяли при свободном падении, т.к. они являются наиболее популярными и включены в целый ряд зарубежных и отечественных стандартов. При испытании тару сбрасывали с высоты 1,2 м. При этом контролировали как приходится удар: по дну, по крышке или по боковой поверхности. При испытании тару заполняли сыпучими материалами (полимерными гранулами) в полиэтиленовом пакете массой 4,5 кг. Коэффициент заполнения составлял 0,86. Использовали кумулятивный метод, при котором каждый образец испытывают до повреждения с постоянно возрастающей высоты. При этом интервал между высотами падения сохранялся постоянным. Затем строился график в координатах высота падения – кумулятивный процент повреждения. Высоту (в метрах), при падении с которого сохраняется 50% не разрушенной тары, принимали в качестве меры сопротивления.

На основании проведенных исследований сделан вывод об эффективности нанесения водозащитного покрытия на гироскопические и механические свойства гофротары.

Список литературы

1. Смолин А.С., Дубровый В.К., Комаров В.И. и др. Технология гофрокартона. Учебное пособие. 2019. С. 3-5.
2. Басырова С.И., Галиханов М.Ф., Галеева Л.Р. Поверхностные свойства модифицированного картона // Известия высших учебных заведений. «Лесной журнал». – Архангельск – 2019. – №. 6. – С. 233-240.

3. Басырова С.И., Галиханов М.Ф., Мишагин К.А., Исламова Г.Г., Скворцов А.В. Изменение структуры и свойств крафт-бумаги с помощью модификации // Деревообрабатывающая промышленность. 2021. – № 2. – С. 70-75.
4. Назмиева А.И., Галиханов М.Ф., Мусина Л.Р., Микрюкова Я.К., Канарский А.В., Минзагирова А.М. Изменение влагопоглощающих свойств мешочной бумаги при ее поверхностной обработке // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19. – №10. – С. 61-63
5. Мусина Л.Р., Назмиева А.И., Галиханов М.Ф. Изменение механических свойств целлюлозно-бумажного материала при обработке его поверхности // Бутлеровские сообщения. – 2017. – Т. 49. – №3. – С. 44-49.

РАЗРАБОТКА ПОЛИЛАКТИДНОЙ ПЛЁНКИ С ЭФИРНЫМИ МАСЛОМ МЕЛИССЫ

П. В. Шабанова, А. В. Борисова

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара, Россия
shabanovapv@mail.ru

Аннотация: Тенденции в пищевой промышленности свидетельствуют о том, что потребителей привлекают экологически чистые альтернативы упаковок и меньшее использование синтетических консервантов. Целью данной статьи является переосмысление использования эфирных масел в пищевой промышленности и разработка прототипа полилактидной пленки с антибактериальными свойствами. Были показаны антиокислительные свойства масла мелиссы. Были показаны зависимости использования различных концентраций масла мелиссы на миграцию активных веществ, определяли паропроницаемость, растворимость и степень набухания пленок, содержание влажности. Было показано влияние пластификатора Twin-80 на оптические свойства полилактидной пленки.

Ключевые слова: Активная пленка, эфирное масло, мелисса, полилактид, пластификатор.

DEVELOPMENT OF A POLYLACTIDE FILM WITH MELISSA ESSENTIAL OILS

P. V. Shabanova, A. V. Borisova

Samara State Technical University, Samara, Russia
shabanovapv@mail.ru

Abstract: Trends in the food industry indicate that consumers are attracted to environmentally friendly packaging alternatives and less use of synthetic preservatives. The purpose of this article is to rethink the use of essential oils in the food industry and to develop a prototype of a polylactide film with antibacterial properties. The antioxidant properties of melissa oil have been shown. The dependences of the use of different concentrations of melissa oil on the migration of active substances were shown, vapor permeability, solubility and degree of swelling of films, moisture content were determined. The effect of the Twin-80 plasticizer on the optical properties of the polylactide film was shown.

Keywords: Active film, essential oil, melissa, polylactide, plasticizer.

Введение

Эфирные масла широко используются в пищевой промышленности. Эфирные масла можно определить, как бесцветные жидкости, содержащие ароматические и летучие соединения, которые содержатся в различных частях растений (стебли, кора, цветы и околоплодники). Эфирные масла растворимы в спирте и

нерастворимы в воде. Его получают путем генной экспрессии, ферментации, обезжиривания, экстракции или паровой дистилляции.

Различные отрасли, которые используют эфирные масла, включают продукты питания и напитки, уход за домом, косметику и ароматерапию. Их естественная противомикробная способность, антиоксидантный потенциал, аромат и вкус делают их пригодными для пищевой промышленности [1].

Эфирные масла содержат соединения, обладающие как противомикробными, так и антиоксидантными свойствами. Противомикробная активность, связанная с эфирными маслами, зависит от доступности вторичных метаболитов, которые синтезируются растениями.

Большинство пищевых компаний применяют эфирные масла в качестве ингредиента (т.е. пищевой добавки, ароматизатора), но некоторые используют эфирные масла в качестве вспомогательного средства для обработки, консерванта или противомикробного средства. Новой тенденцией в пищевой промышленности является включение эфирных масел в упаковку (Келлер и Хекман, 2013). Когда эфирные масла включены в упаковку, они считаются вспомогательным средством для косвенной обработки и/или веществом, контактирующим с пищевыми продуктами. Когда активные вещества эфирного масла инкапсулируются в упаковочный материал, они выделяют активные соединения, которые улучшают качество и безопасность пищевых продуктов (Комиссия европейских сообществ, 2009). Применение эфирных масел в активной упаковке может использоваться в виде пленок и покрытий. Пленки обычно представляют собой тонкие листы, изготовленные заранее, и могут использоваться в качестве обложек, обертки, разделения слоев или упаковки для различных пищевых продуктов.

Пищевая упаковочная промышленность представляет собой один из самых быстрорастущих секторов в настоящее время. Новые тенденции в упаковке пищевых продуктов включают сокращение пищевых отходов, упаковку с модифицированной атмосферой (МАР), оптимизацию дизайна упаковки, сохранение упакованных пищевых продуктов и продление срока годности, активную и интеллектуальную упаковку, а также частичную или полную замену источников возобновляемыми, среди прочего. Эти темы являются движущими силами, ведущими к разработке новых систем упаковки пищевых продуктов, которые могут внести значительный вклад в обеспечение безопасности пищевых продуктов, а также в развитие науки о продуктах питания и питания. Поэтому в области упаковки пищевых продуктов новые подходы направлены на полную или частичную замену обычных пластмасс возобновляемыми ресурсами, такими как биомасса. В этом смысле полилактид (PLA) в настоящее время является наиболее близким к рыночному биополимеру, обладающим аналогичными физическими свойствами полиэтилентерефталата (ПЭТ), полистирола (PS) и с потенциальным применением в различных областях, таких как упаковка пищевых продуктов, системы доставки лекарств, биомедицинские применения [2].

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования были выбраны торговые образец эфирного масла: мелисса (*Melissa officinalis*) торговой марки Мыло-опт.ру, ООО «Мыло-опт» Германия.

В качестве объекта исследования был выбран биоразлагаемый материал: гранулы PLA торговой марки Bestfilament, ИП Берчук Д.Ю, Россия.

В качестве пластификатора был выбран полисорбат: ТВИН-80 марки A&T Cosmetics, ИП Чайников И.П.

Биоразлагаемая активная пленка, полученная по следующим технологиям:

1) Для получения пленки использовали гранулы PLA, диспергированные в растворе хлороформа при температуре 35 °C, при постоянном перемешивании в течение 4 часов. После полного растворения гранул PLA, добавлялось эфирное масло до конечной концентрации 3 %, 5 %, 7 %, 9 % (г/100 мл пленочного раствора).

2) Для получения пленки использовали гранулы PLA, диспергированные в растворе хлороформа при температуре 35 °C, при постоянном перемешивании в течение 4 часов. После полного растворения гранул PLA, добавлялся пластификатор и раствор перемешивали 1 ч. Затем эфирное масло было добавлено в полимерный раствор до конечной концентрации 3 %, 5 %, 7 %, 9 % (г/100 мл пленочного раствора).

Для получения пленок использовали метод литья. Пленкообразующие растворы (25 г) заливали на выровненные стеклянные пластины. (10 см × 10 см) и сушили при температуре 25±1° C и относительной влажности 60±2 % в течение 24 часов. Затем высушенные пленки осторожно отделяли от пластины и выдерживали 24 ч в эксикаторах, содержащий порошок безводного хлористого кальция (CaCl₂), при температуре 25 °C перед дальнейшими исследованиями.

Содержание общих фенольных веществ в эфирном масле мелиссы оценивали с помощью модифицированной версии метода Фолин-Чеколтеу [3]. Содержание флавоноидов в объектах измеряли с использованием модифицированного метода [4]. Антиоксидантная активность образцов измерялась в соответствии с методом DPPH [3]. Антирадикальную активность выражали в виде концентрации исходного объекта в мг/мл, при которой происходило связывание 50 % радикалов. Эксперимент проводился в трехкратном повторении. Восстанавливающую силу исследуемого объекта определяли по методу FRAP [5].

Толщину пленки измеряли с помощью цифрового микрометра FIT-19909. Выполняли пять измерений для каждой пленки: один в центре образца и четырех на различных участках периметра. Толщина пленки рассчитывалась как среднее значение/

Микроскопирование пленок проводилось на лабораторном микроскопе Celestron Laboratory с линзой стократного увеличения. [6].

Для определения влажности [7], исследуемые пленки высушивали до постоянной массы. Определение паропроницаемости пленок проводили по ГОСТ 21472-81 «Материалы листовые. Гравиметрический метод определения паропроницаемости» [8]. Определяли растворимость и степень набухания пленок по ме-

тодикам [9]. Непрозрачность пленки определяли по методу Парка и Чжау [9] путем измерения оптической плотности при 600 нм со спектрофотометром. Эксперимент проводился в двукратном повторении. Испытание на высвобождение проводилось на основе методов, описанных в методиках [9].

Все измерения проводились в двукратном повторении.

Обсуждение результатов

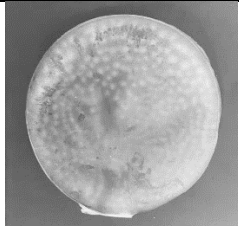
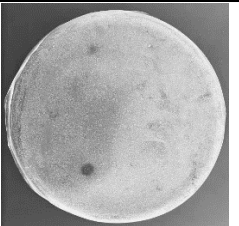
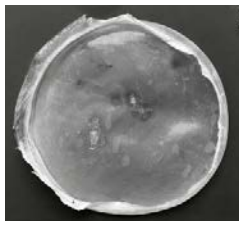
Фенольные вещества являются вторичными метаболитами растений и имеют очень важные функции для жизни растений. В частности, они проявляют высокую антирадикальную и антиоксидантную активность благодаря уникальной химической структуре фенольных веществ, которая характеризуется большим количеством гидроксильных групп. Флавоноиды, относящиеся к группе фенольных веществ, также известны как основные антиоксиданты. Содержание фенольных соединений в пересчете на галловую кислоту в 100 г исходного сырья мелиссы – 165,5 мг галловой кислоты/100 г исходного сырья. По результатам исследований на количество флавоноидов следует, что в мелиссовом масле содержится 143,4 мг катехина/100 г сырья.

Антиоксидантные свойства растительных экстрактов представляют интерес для исследователей из-за их способности предотвращать и останавливать окислительные механизмы, вызванные свободными радикалами. По показателю антиоксидантной активности у эфирного масла мелиссы составило 1,0 мг/мл. Среднее значение по восстанавливающей силе у мелиссового масла составило 0,91 Fe^{2+} /1 кг сырья.

По проявляемой антиоксидантной активности масло мелиссы является перспективным.

В таблице 1 представлен внешний вид полилактидных пленок с % эфирной составляющей без/с добавлением пластификатора Twin-80.

Таблица 1

	3 %	5 %	7 %	9 %
Без добавления Twin-80				
С добавлением Twin-80				

Добавление эфирного масла мелиссы придает образцам непрозрачность вне зависимости от концентрации масла. Критическое изменение прозрачности у образцов пленок с добавлением шалфея начинается с 5 %-ой концентрации масла. Добавление пластификатора снижает жесткость данных образцов.

Результаты измерения толщины образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Измерение толщины пленок

Материал	Толщина, мм
Мелисса, 3 %	0,150
Мелисса, 5 %	0,250
Мелисса, 7 %	0,300
Мелисса, 9 %	0,450
Мелисса, 3 %, твин-80	0,100
Мелисса, 5 %, твин-80	0,200
Мелисса, 7 %, твин-80	0,070
Мелисса, 9 %, твин-80	0,020

Исходя из данных минимальное значение толщины отмечается у образцов: мелисса (9 %, Твин-80). Максимальное значение толщины отмечается у образца: мелисса (5 %) – 0,250 мм.

Влагосодержание в пленках указано в таблице 3.

Таблица 3

Влагосодержание в пленках

Материал	Влагосодержание, %
Мелисса, 3 %	22,34
Мелисса, 5 %	31,93
Мелисса, 7 %	52,42
Мелисса, 9 %	56,21
Мелисса, 3 %, твин-80	13,01
Мелисса, 5 %, твин-80	24,67
Мелисса, 7 %, твин-80	22,54
Мелисса, 9 %, твин-80	46,32

Исходя из данных минимальное влагосодержание наблюдается у образца: мелисса (3%, Твин-80) – 13,03 %. Максимальное значение наблюдается: мелисса (9%) – 56,21 %. Можно наблюдать зависимость увеличения влагосодержания от концентрации масла: мелисса (Твин-80) – от 13,01 % до 46,32 %; мелисса – от 22,34 % до 56,21 %. Это объясняется гидрофобным эффектом эфирных масел – с увеличением концентрации, на поверхности пленки образуется микроскопический слой, запечатывающий внутри влагу, и одновременно действие пластификатора (Твин-80) оказывает стабилизирующие действие на молекулы водяного пара (рис. 1).

По данным из рис.1, можно сделать вывод, что максимальное значение оптической плотности наблюдается у образца: мелисса (3 %)– 9,714. Минимальное значение у образца: мелисса (9 %) – 2,14. Можно сделать вывод, что добавление пластификатора в состав пленки, увеличивает оптическую плотность у образцов мелиссы 5 %, 7 %, 9 %. При увеличении концентрации масел понижается прозрачность у образцов пленок, это объясняется наличием кристаллических сгустков вследствие температурного влияния.

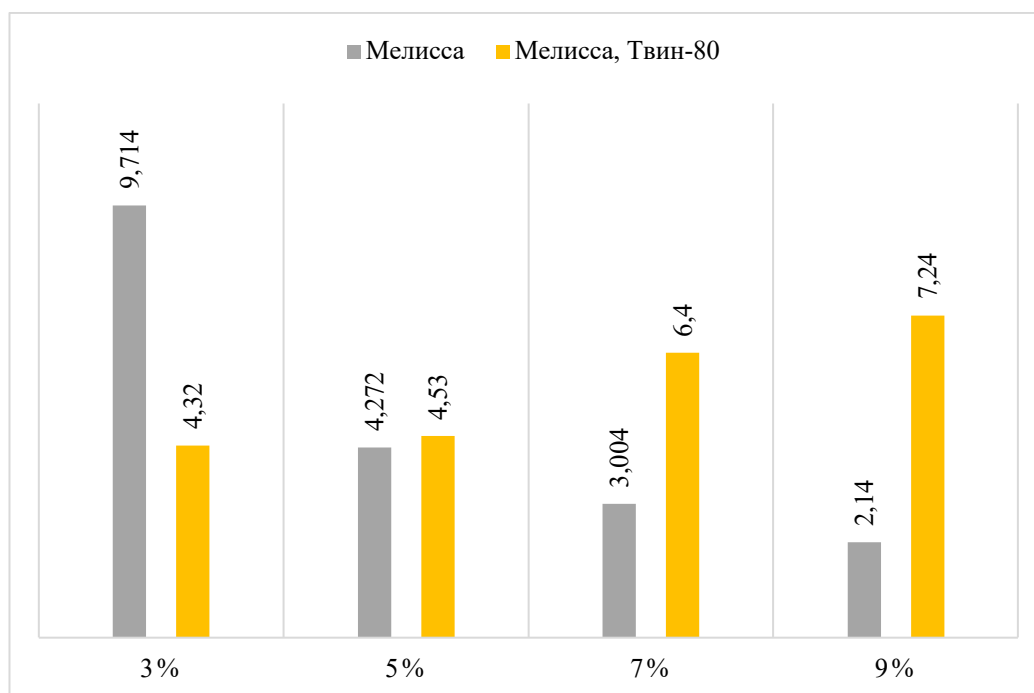


Рис. 1. Диаграмма оптической плотности

Исходя из результатов на диаграмме (рис. 2), можно сделать вывод, что самое высокое значение наблюдается у образца: мелисса (5 %, Твин-80)– это определяется наличием микротрещин или пораами, что способствует проникновению водяного пара. Данный образец обладает самыми низкими барьерными характеристиками.

Самые высокие барьерные характеристики проявились у образцов: мелисса (9 %, Твин-80), мелисса (5 %, Твин-80), – это объясняется наличием кристаллических зон.

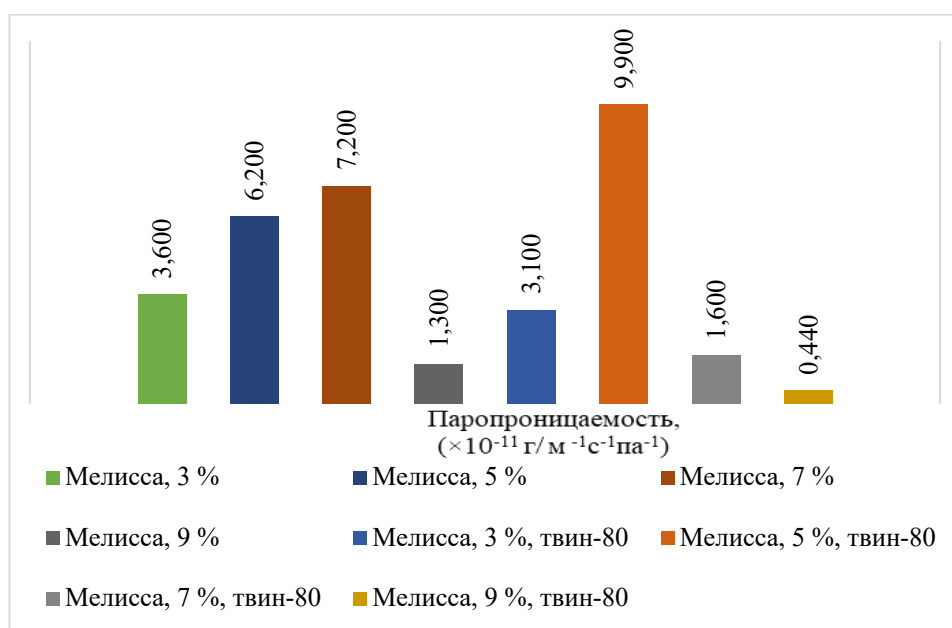


Рис.2. Диаграмма паропроницаемой способности образцов пленок

Результаты степени растворения образцов пленок представлены на рис. 3-4.

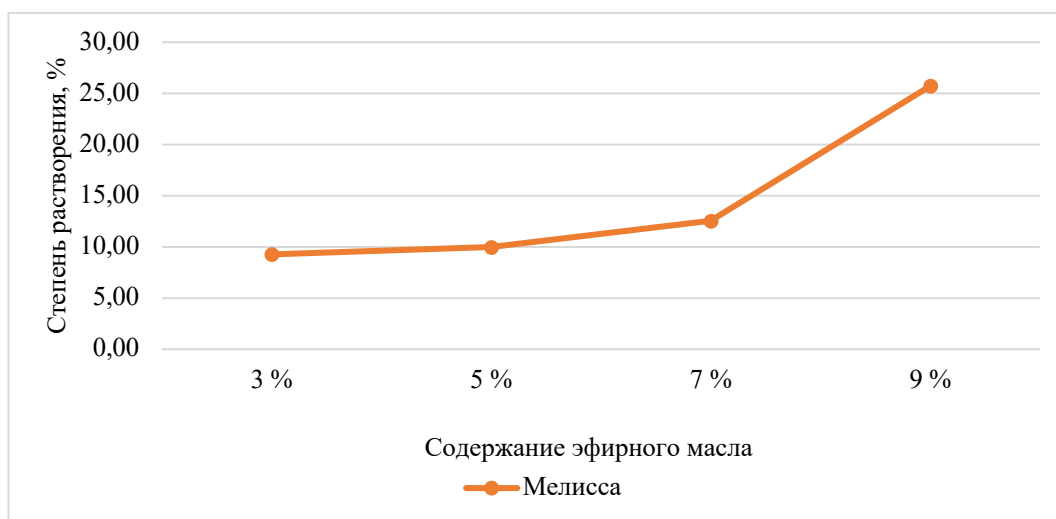


Рис. 3. Зависимость степени растворения образцов пленок (мелисса) от концентрации эфирных масел (3 %, 5 %, 7 %, 9%)

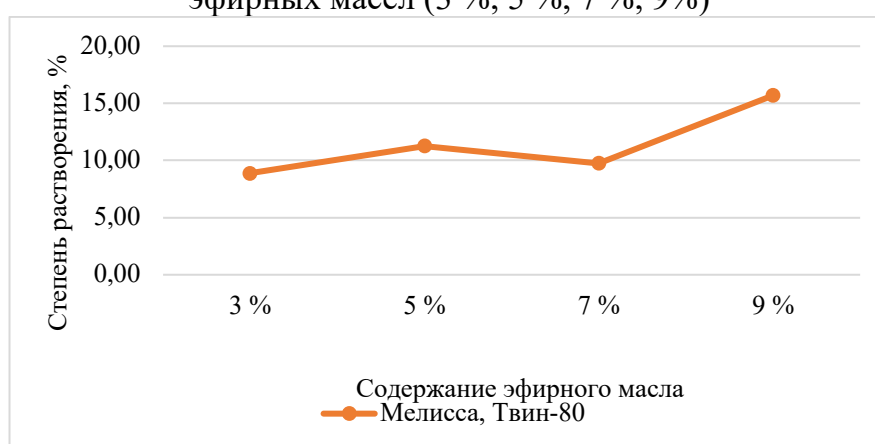


Рис. 4. Зависимость степени растворения образцов пленок с добавлением пластификатора (мелисса) от концентрации эфирных масел (3 %, 5 %, 7 %, 9%)

Скачок степени растворимости у масла мелиссы замечен при концентрации 9 %. У масла мелиссы с добавлением пластификатора наблюдается спад растворимости при 7 % и пик при 9 %.

Результаты степени набухания образцов пленок представлены на рис. 5-6.

Исходя из результатов можно сделать вывод, что у пленок с добавлением масла мелиссы не имеют тенденции набухания.

При добавлении пластификатора, пик набухания у образцов с маслом мелиссы наблюдается при концентрации 7 % и дальнейший резкий спад, это можно объяснить доминирующим действием Твин-80 как эмульгатора эфирного масла в данной концентрации.

Можно сделать вывод, что степень растворения и степень набухания зависит от химического состава и гидрофобных свойств основных компонентов эфирных масел и соотношении частей пластификатора к эфирным маслам.

На рис. 7-8 представлена зависимость ингибирования свободного радикала пленок с добавлением эфирного масла мелиссы с разной концентрации (3 %, 5 %, 7 %, 9 %) от времени; разной концентрации (3 %, 5 %, 7 %, 9 %) и пластификатора от времени.

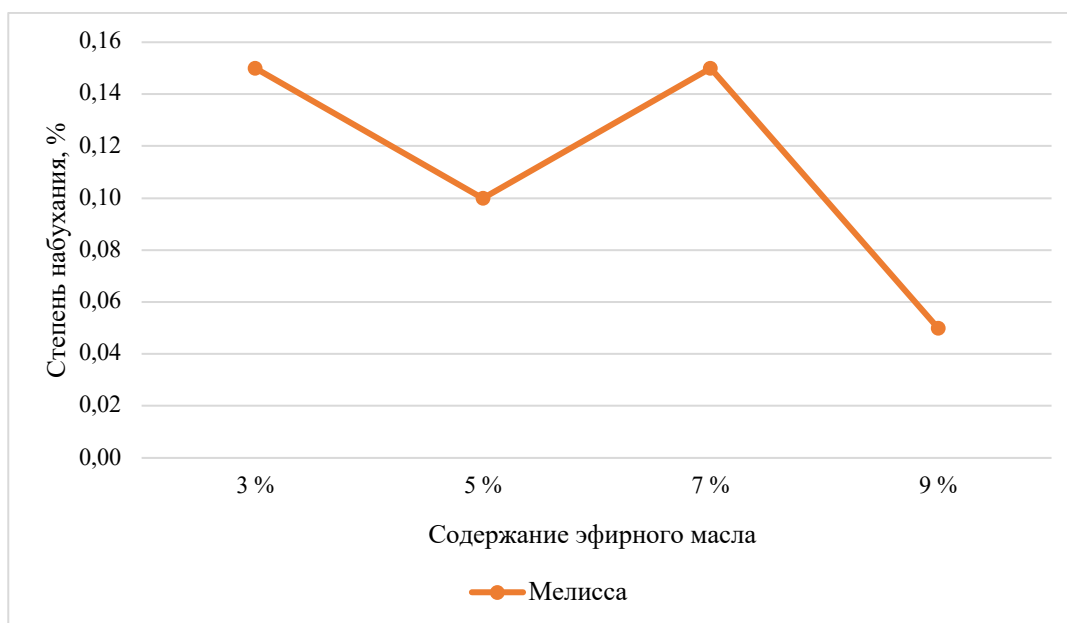


Рис. 5. Зависимость степени набухания образцов пленок (мелисса) от концентрации эфирных масел (3 %, 5 %, 7 %, 9%)

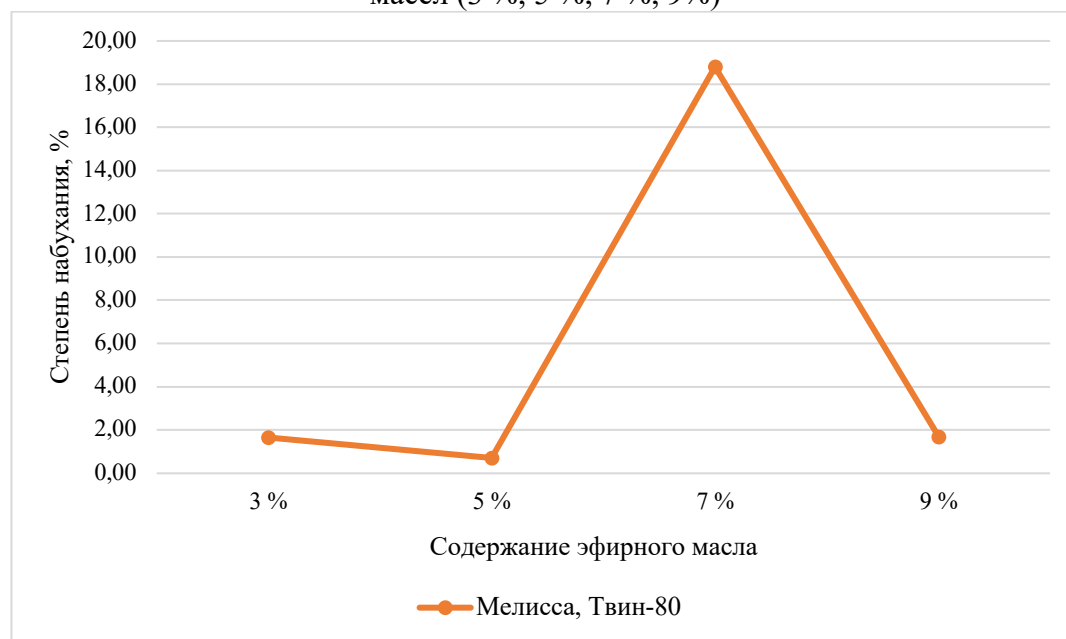


Рис. 6. Зависимость степени набухания образцов пленок с добавлением пластификатора (мелисса) от концентрации эфирных масел (3 %, 5 %, 7 %, 9%)

Смотря на результаты испытания пленок с добавлением эфирного масла мелиссы разной концентрации (3 %, 5 %, 7 %, 9 %) от времени, можно сделать вывод, что самое позднее начало (15 мин) ингибирования приходится у образца с концентрацией 3 % и продолжительностью 15 мин до затухания. У образца с концентрацией 5 % действие ингибитора начинается спустя 6 мин. У образцов с концентрацией 7 % и 9 % наблюдается ингибирование спустя 3 мин. У пленок с добавлением эфирного масла мелиссы разной концентрации (5 %, 7 %, 9 %) наблюдается повторное высвобождение ингибитора спустя 24 часа, это объясняется сложностью высвобождения молекул ингибитора сквозь структуру пор полилактидной пленки.

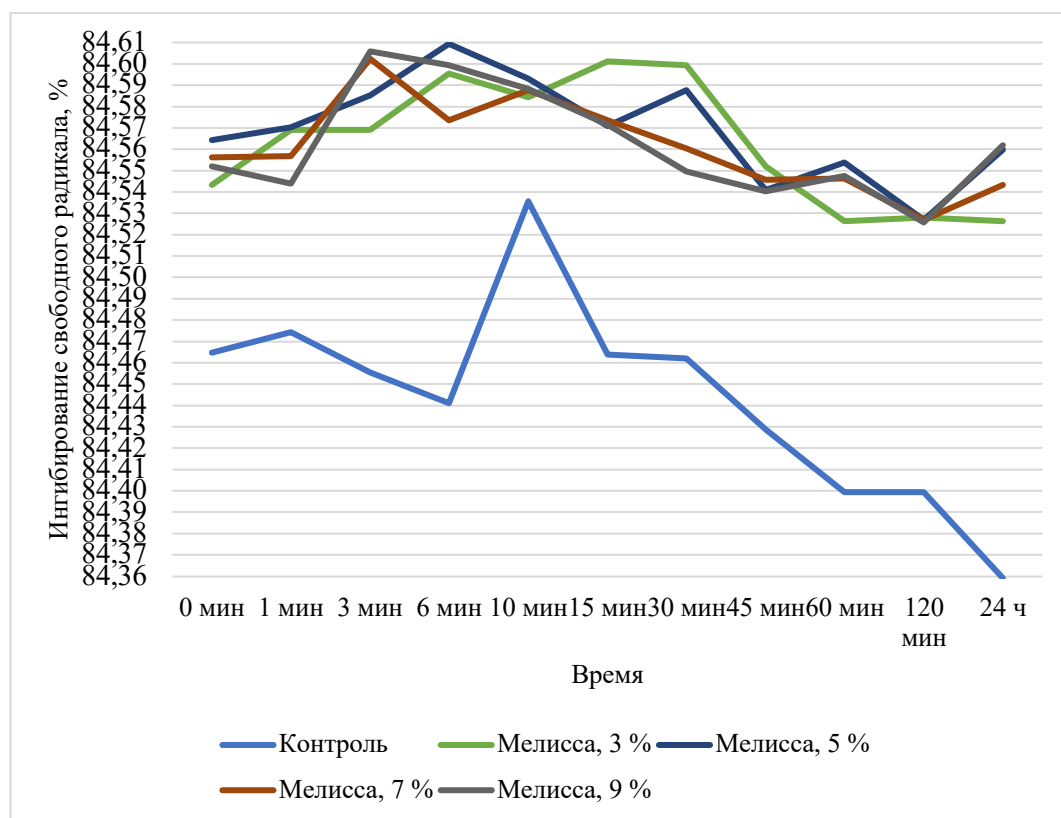


Рис. 7. Зависимость ингибирования свободного радикала пленок с добавлением эфирного масла мелиссы разной концентрации (3 %, 5 %, 7 %, 9 %) от времени

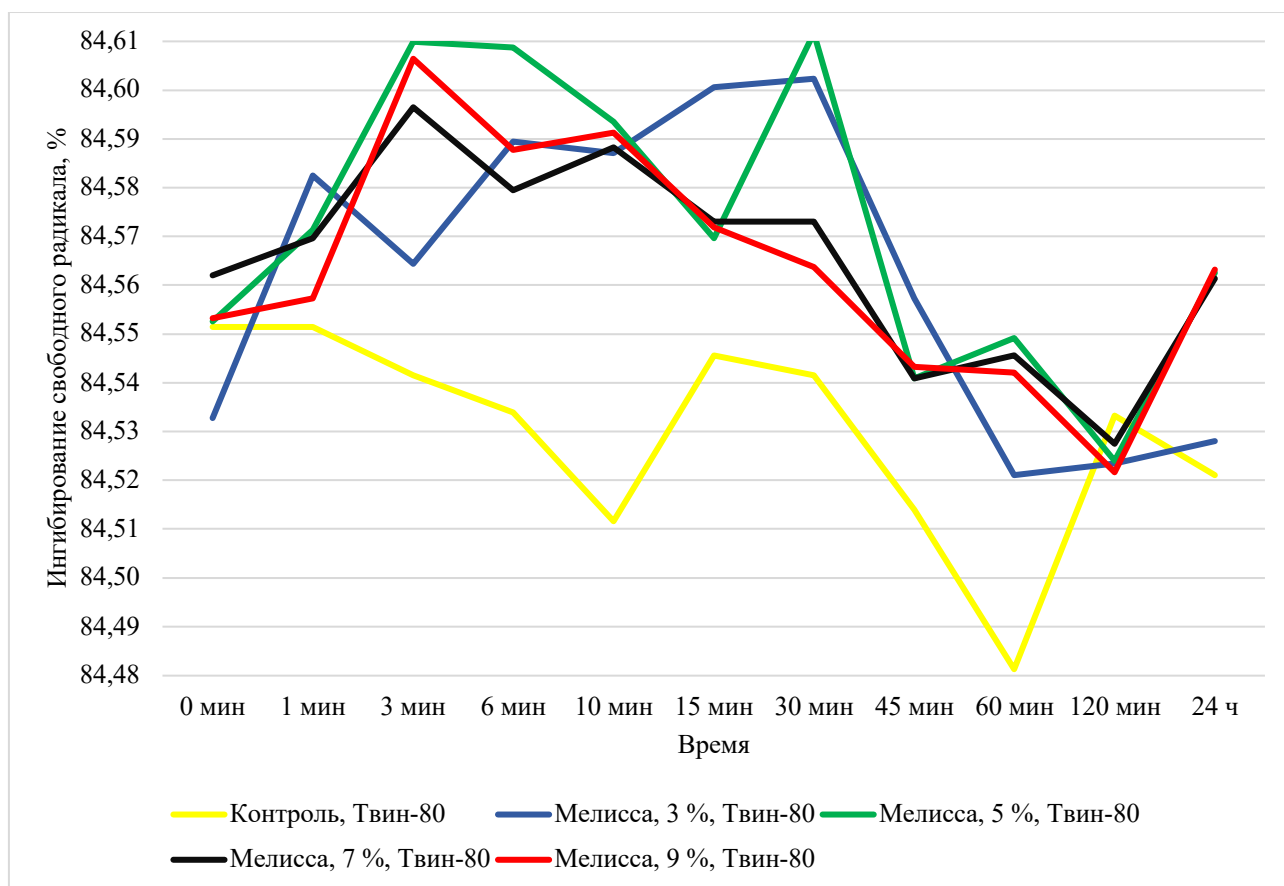


Рис. 8. Зависимость ингибирования свободного радикала пленок с добавлением эфирного масла мелиссы разной концентрации (3 %, 5 %, 7 %, 9 %) и пластификатора от времени

По результатам испытания пленок с добавлением эфирного масла мелиссы разной концентрации (3 %, 5 %, 7 %, 9 %) и пластификатора от времени, можно сделать вывод, что у образца с концентрацией масла 3 % наблюдается скачкообразное высвобождение ингибитора в периоды времени: 1 мин, 6 мин, 15 мин, 30 мин, 24 ч. У образца с концентрацией масла 5 % наблюдается скачкообразное высвобождение ингибитора в периоды времени: 1 мин, 3 мин, 30 мин, 60 мин, 24 ч. У образца с концентрацией масла 7 % наблюдается скачкообразное высвобождение ингибитора в периоды времени: 1 мин, 3 мин, 10 мин, 60 мин, 24 ч. У образца с концентрацией масла 9 % наблюдается скачкообразное высвобождение ингибитора в периоды времени: 1 мин, 3 мин, 10 мин, 24 ч. Максимальный процент ингибируемого свободного радикала приходится на образец пленки с концентрацией 5 %.

Можно сделать вывод, что пластификатор задерживает ингибитор в порах пленки, тем самым увеличивая действие антирадикальной активности.

Список литературы

1. Armitra Jackson-Davis, Shecoya White, Lamin S. Kassama, Shannon Coleman, Angela Shaw, Aubrey Mendonca, Bria Cooper, Emalie Thomas-Popo, Kenisha Gordon, Laricca London, A Review of Regulatory Standards and Advances in Essential Oils as Antimicrobials in Foods, *Journal of Food Protection*, Volume 86, Issue 2, 2023, 100025, ISSN 0362-028X, <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2022.100025>.
2. Tanja Radusin, Sergio Torres-Giner, Alena Stupar, Ivan Ristic, Aleksandra Miletic, Aleksandra Novakovic, Jose Maria Lagaron, Preparation, characterization and antimicrobial properties of electrospun polylactide films containing *Allium ursinum* L. extract, *Food Packaging and Shelf Life*, Volume 21, 2019, 100357, ISSN 2214-2894, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100357>.
3. Fallico, V. Proteolysis and microstructure of piacentinu ennese cheese made using different farm technologies. / V. Fallico, L. Tuminello, C. Pediliggieri, J. Horne, S. Carpino, G. Licitra // *Journal of Dairy Science*. – 2006. – Vol. 89, №7. – p. 37-48.
4. Chechetkina, A. The technology of soft cheese with a vegetable component / A. Chechetkina, N.V. Iakovchenko, L. Zabodalova // *Agronomy Research*. – 2016. – Vol. 14.0 – № 5. – p. 1562-1572.
5. M'hiri, N.N. Effect of different operating conditions on the extraction of phenolic compounds in orange peel / N.N. M'hiri, I. Ioannou, N. Mihoubi Boudhtioua, M. Ghoul // *Food and Bioproducts Processing*. – 2015. – Vol. 69. – p. 161-170.
6. Еремеева, Н.Б Съедобные пленки на основе яблочного пюре с добавлением пектина, клетчатки, карбоксиметилцеллюлозы / Н.Б. Еремеева, Н.В. Макарова, Д.Е. Быков, В.В. Бахарев, А.В. Демидова, А.О. Быкова // *Пищевая промышленность*. – 2016. – №11. – С. 112-115.
7. ГОСТ Р 54607.4-2015. Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 4. Методы определения влаги и сухих веществ. – Введ. 2016-06-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 7 с.
8. ГОСТ Р 54607.4-2015. Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 4. Методы определения влаги и сухих веществ. – Введ. 2016-06-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 7 с.
9. Peng, Y. Development of tea extracts and chitosan composite films for active packaging materials / Y. Peng, Y. Wu, Y. Li // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2013. – Vol. 59. – p. 282-289.

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ МОНОМЕРОВ НА СВОЙСТВА (СО)ПОЛИМЕРОВ ЛАКТИДА И ГЛИКОЛИДА

А. Р. Шекаева, А. Ф. Ишмухаметова, Р. Р. Спиридонова

ФГБОУ ВО “Казанский национальный исследовательский технологический университет”, г. Казань, Россия
a.shekaeva@yandex.ru

Аннотация: Обзор посвящен важному классу биоразлагаемых полимеров – полилактонам. Сополимеры лактида и гликолида вызвали огромный интерес из-за их превосходной биосовместимости, способности к биологическому разложению и механической прочности. Эти полимеры используются для имплантатов и других хирургических применений, таких как наложение швов. Их также легко вводить в различные системы для доставки различных лекарств. В зависимости от состава, микроструктуры и надмолекулярной организации полилактоны могут быть аморфными либо частично кристаллическими материалами со сроками биоразложения от нескольких месяцев до нескольких лет. Свойства и сроки деградации биоразлагаемых материалов можно контролировать и регулировать при помощи сополимеризации одного или нескольких лактонов между собой. Варьируя химический состав, молекулярную массу и надмолекулярную структуру, можно изменять механические характеристики материала, его растворимость, теплофизические свойства и сроки биodeградации.

Ключевые слова: лактид, гликолид, (со)полимеризация, молекулярная масса, термические свойства, физико-механические свойства, биodeградация.

THE EFFECT OF THE RATIO OF MONOMERS ON THE PROPERTIES OF (CO)LACTIDE AND GLYCOLIDE POLYMERS

A. R. Shekaeva, A. F. Ishmukhametova, R. R. Spiridonova
Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: The review is devoted to an important class of biodegradable polymers – polylactones. Lactide and glycolide copolymers have aroused great interest because of their excellent biocompatibility, biodegradability and mechanical strength. These polymers are used by implants and other surgical applications such as suturing. They are also easy to inject into various delivery systems to deliver different classes of drugs. Depending on the composition, microstructure and supramolecular organization, polylactones can be amorphous or partially crystalline materials with biodegradation periods from several months to several years. The properties and terms of degradation of biodegradable materials can be controlled and regulated by copolymerization of one or more lactones among themselves. By varying the chemical composition, molecular weight and supramolecular structure, it is possible to change the mechanical characteristics of the material, its solubility, thermophysical properties and the timing of biodegradation.

Keywords: lactide, glycolide, (co)polymerization, molecular weight.

Полилактоны являются перспективными и широко используемыми представителями биоразлагаемых полимеров с контролируемыми физико-химическими свойствами и сроками биodeградации. Полимеры на основе лактида, гликолида и других лактонов нашли применение в медицине в качестве материалов для изготовления крепежных изделий для травматологии и ортопедии, сосудистых стентов, противоспаечных пленок, систем контролируемого высвобождения лекарств на основе микрочастиц [1]. В последнее десятилетие активно разрабатываются системы контролируемой и направленной доставки лекарств на основе полилактонов, трансдермальные терапевтические системы и многое другое [2-5]. Благодаря биосовместимости, относительной доступности и возможности регулировать свойства, полилактоны обладают значительным потенциалом для получения на его основе новых функциональных материалов и изделий для медицины. Полимолочная кислота обладает хорошей биосовместимостью и способностью к биологическому разложению, поэтому она широко используется в биомедицине, одноразовых изделиях, электронике и других областях. Постепенно полилактид находит применение и в качестве экологически чистой замены неразлагающихся крупнотоннажных полимеров при изготовлении упаковки и тары [6]. Однако полилактид также обладает определенными дефектами, такими как сильная гидрофобность, отсутствие активных групп и трудно контролируемый цикл разложения. Модификация сополимеризацией является важным направлением для улучшения свойств полилактида. Полигликолевая кислота – это простейший линейный алифатический полиэфир, молекулярная структура которого содержит меньше метильных групп, чем у полимолочной кислоты, и она обладает высокой кристалличностью, хорошими механическими свойствами, хорошей гидрофильностью, а скорость ее разложения в организме намного быстрее, чем у полимолочной кислоты. Следовательно, введение полигликолевой кислоты в полимолочную кислоту может улучшить недостатки полимолочной кислоты [7].

В зависимости от соотношения лактида и гликолида, используемого для полимеризации, могут быть получены различные формы сополимеров лактида и гликолида. Сополимеры на основе гликолида и лактида широко используются для получения рассасывающихся шовных хирургических нитей и имплантатов с регулируемой скоростью разложения в организме. Скорости разложения сополимеров лактида и гликолида зависят от многих факторов, включая молярное соотношение исходных мономеров, молекулярную массу полимера, степень кристалличности, температуру стеклования полимера и природу среды для инкубации [8-10]. Чем выше содержание гликолидных звеньев, тем меньше времени требуется для разложения.

Вязкость, состав сополимера, молекулярная масса и ее распределение являются важными показателями биоразлагаемых материалов на основе сополимеров лактида и гликолида (таблица 1).

Как показано в таблице 1, с увеличением содержания гликолида молекулярная масса и вязкость сополимера лактида и гликолида уменьшились. Кроме того, введение в структуру полимолочной или полигликолевой кислот звеньев второго

сомономера нарушает первичную структуру полимера, и, в конечном счете, приводит к образованию аморфного некристаллизующегося полимера [11].

Таблица 1

Влияние содержания гликолида на молекулярную массу, характеристическую вязкость и термические свойства сополимеров лактида и гликолида [11]

Мономерный состав, %		Молекуляр- ная масса, аеи	Характери- стическая вязкость, дл/г	Термические характери- стики			Температура размягчения, °C
лактид	гликолид			T _c , °C	T _{кр} , °C	T _{пл} , °C	
100	0	70000	0,55	52	116	165	нет данных
99	1	69000	0,24	49	113	140	
95	5	67000	0,18	48	нет	135	118
90	10	66000	0,09	48		нет	72
50	50	56000	нет данных	нет			60
30	70	65000	не растворим в хлороформе				69
20	80	64000				153	нет данных
10	90	63000				170	
0	100	55000		85	208		
нет – не установлена по данным ДСК							

Явным преимуществом сополимеров лактида и гликолида является то, что они могут быть сконструированы таким образом, чтобы приобретать специфические, желаемые свойства. Широкий спектр эксплуатационных характеристик может быть получен путем тщательного регулирования трех ключевых свойств сополимера: состава (соотношение лактид-гликолид), стереоизомерной композиции лактида (L- или DL-лактид) и молекулярной массы [12].

Растворимость в обычных органических растворителях важна с точки зрения простоты определения характеристик полимера, его обработки и применения. Поли(лактид-ко-гликолид), содержащий менее 50% гликолидных звеньев, растворим в большинстве распространенных органических растворителей, таких как галогенированные углеводороды (хлороформ и дихлорметан), этилацетат, ацетон, диоксан и тетрагидрофуран. Поли(лактид-ко-гликолид), содержащий 50% и выше гликолидных звеньев, нерастворим в большинстве органических растворителей.

Кристалличность влияет на скорость разложения и механические свойства поли(лактид-ко-гликолида) и зависит от химического состава (соотношение лактид-гликолид) и стереоизомерного состава лактидных звеньев в сополимере [13, 14]. Поли(DL-лактид-ко-гликолид), состоящий из 0-75% гликолидных звеньев,

является аморфным. Поли(L-лактид-ко-гликолид) с 25-75% гликолидных звеньев также аморфен. Кристалличность, температуры стеклования и точки плавления поли(L-лактид-ко-гликолид) представлены на рисунке 1.

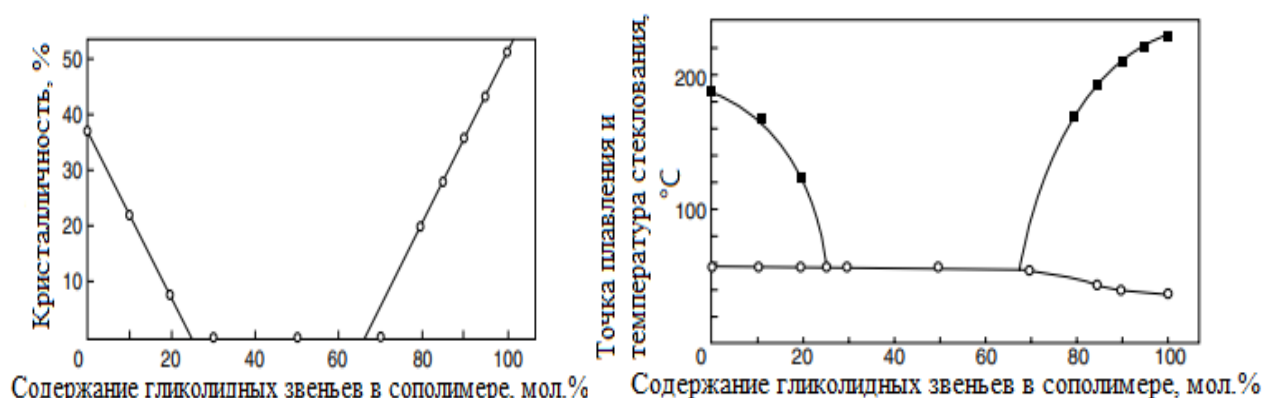


Рис. 1. Кристалличность (левый график) и температуры стеклования и точка плавления (правый график) для (со)полимеров лактида и гликолида [13]

Сополимеры лактида и гликолида представляют собой термопластичные материалы, проявляющие достаточную термостойкость в отсутствие влаги. Их можно перерабатывать в расплав для изготовления шовных материалов, ортопедических фиксирующих устройств и систем доставки лекарств. Поли(лактид-ко-гликолид) разлагается до лактида и гликолида после длительного нагревания выше 200°C в токе азота или вакууме [13]. При более низких температурах термическая деградация зависит от времени и температуры и значительно ускоряется примесями, остаточными мономерами и влажностью.

Механические свойства (прочность, ударная вязкость и эластичность) сополимеров лактида и гликолида зависят от состава (соотношение лактид-гликолид), стереохимии лактида, молекулярной массы и обработки [14, 15]. Кристаллические полимеры, такие как поли(L-лактид) и поли(гликолид), проявляют значительно более высокую механическую прочность, чем аморфные поли(DL-лактид) и аморфный или менее кристаллический поли(лактид-ко-гликолид). Некоторые механические свойства сополимеров лактида и гликолида представлены в таблице 2.

Таблица 2

Механические свойства (со)полимеров лактида с гликолидом [12]

Тип полимера	Предел прочности, кПа	Удлинение, %	Модуль упругости, кПа
L-PLA	68	8	34
DL-PLA	34	6	21
DL-PLGA (85:15)	48	6	21
DL-PLGA (75:25)	48	6	21
DL-PLGA (65:35)	48	6	21
DL-PLGA (50:50)	48	6	21
PGA	>68	17	69

Влияние состава на деградацию поли(лактид-ко-гликолида) представлено на рисунке 2. Увеличение гидрофильности увеличивает скорость разложения сополимера лактида с гликолидом, тогда как увеличение кристалличности имеет противоположный эффект. Гидрофильность возрастает по мере увеличения доли более гидрофильного гликолида в сополимере, а кристалличность увеличивается по мере того, как доля гликолидных или L-лактидных звеньев превышает 75% (рис. 1). Повышенная гидрофильность и пониженная кристалличность объясняют повышенную скорость разложения сополимера лактида с гликолидом при снижении содержания лактида со 100 мол.% до 50 мол.% (Рис. 3). Кроме того, гликолевые связи гидролизуются быстрее, чем молочные связи, и это также может способствовать наблюдаемому увеличению скорости деградации с увеличением в сополимерах содержания гликолида с 0 до 50 мол.% [16, 17].

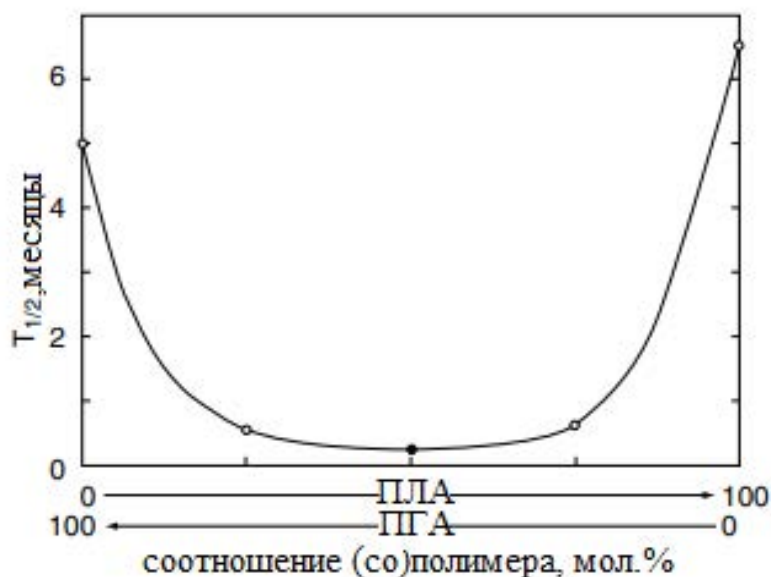


Рис. 2. Период полураспада ($T_{1/2}$) (со)полимеров лактида и гликолида, имплантированных в ткань крысы [17]

Однако при дальнейшем увеличении содержания гликолида кристалличность сополимера увеличивается и перевешивает влияние повышенной гидрофильности сополимера на деградацию. Конечным результатом является снижение скорости деградации по мере увеличения содержания гликолида в сополимере с 50 до 100 мол.%. Изменяя соотношение лактида и гликолида и стереоизомерную композицию лактида, можно получить полимеры, время разложения которых составляет от нескольких недель до более чем 2 лет (таблица 3).

Время разложения поли(лактид-ко-гликолида) увеличивается с увеличением средней молекулярной массы сополимера [18, 19]. Помимо средней молекулярной массы, молекулярно-массовое распределение также может влиять на разложение сополимера лактида и гликолида. Широкое молекулярно-массовое распределение указывало бы на присутствие относительно большого количества карбоксильных концевых групп, которые могут способствовать автокаталитической деградации полимерных цепей [20].

Время резорбции (со)полимеров лактида и гликолида [12]

Тип полимера	Время резорбции, месяцы
L-PLA	>24
DL-PLA	12-16
DL-PLGA (85:15)	5-6
DL-PLGA (75:25)	4-5
DL-PLGA (50:50)	1-2
PGA	6-12

Таким образом, свойства поли(лактид-ко-гликолид) могут быть адаптированы для конкретного применения простым изменением соотношения лактид-гликолид. Регулируя состав биорезорбируемых полимерных матриц, можно управлять скоростью биodeградации и физико-механическими свойствами конечных изделий. Термические свойства сополимеров лактида также могут широко варьироваться в зависимости от природы и количества используемого сомономера.

Список литературы

1. W, N.N. Study on Hydrophilicity of Poly(glycolide-co-lactide) / N.N. W, C.H. Ma, P.Y. Zhang // Polymer bulletin. – 2012. – №6. – С.83-86.
2. Guo, Z. The Recent Advances in PGA, PLA and PGLA Fibers / Z. Guo, P.H. Zhang // Synthetic Fiber in China. – 2009. – №3. – С.7-11.
3. Fang, X. Synthesis and characterization of high molecular weight polyglycolide / X. Fang, M. Xiao, S. Wang // Gaofenzi Cailiao Kexue Yu Gongcheng/polymeric Materials Science & Engineering. – 2012. – №28. – С.1-4.
4. Estelle, G. Synthesis and rheology of biodegradable poly (glycolic acid) prepared by melt ring-opening polymerization of glycolide / G. Estelle, F. Patrick, C. Philippe / Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry. – 2009. – №47. – С.1440-1449.
5. Wang, N. Review on the preparation method of lactic acid-glycolic acid copolymer / N. Wang, H. Yin // Wool Textile Journal. – 2018. – №46. – С.84-90.
6. Gktrk, E. Polyglycolic acid from the direct polymerization of renewable C1 feedstocks / E. Gktrk, A.G. Pemba, S.A. Miller // Polymer Chemistry. – 2015. – №6. – С.3918-3925.
7. Chen, X. Effect of glycolide dosage on molecular weight of poly (lactic-co-glycolic acid) / X. Chen, L. Bai, J. Tian, H. Zhou, M. Zhou, J. Xiao, Y. Li // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – С.1-5
8. Achim, G. Mechanisms of polymer degradation and erosion / G. Achim // Biomaterials. – 1996. – №17. С.103-114.
9. Ravivarapu, H.B. Polymer and microsphere blending to alter the release of a peptide from PLGA microspheres / H.B. Ravivarapu, K. Burton, P.P. DeLuca // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. – 2000. – №50. – С.263-270.
10. Azimi, B. Poly (lactide -co- glycolide) Fiber: An Overview / B. Azimi, P. Nourpanah, M. Rabiee, S. Arbab // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. – 2014. – №9. – С.47-66.

11. Насонова, М.В. Оптимизация сроков деградации и физико-механических свойств противоспаечных мембран на основе биodeградируемых полимеров / М.В. Насонова, Ю.И. Ходыревская, А.Л. Немойкина, М.Ю. Михайленко, Ю.А. Кудрявцева // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – №2. – С.65-69.
12. Avgoustakis, K. Polylactic-Co-Glycolic Acid (PLGA) / K. Avgoustakis // Encyclopedia of Biomaterials and Biomedical Engineering. – 2005. – С.1-11.
13. Gilding, D.K. Biodegradable polymers for use in surgery-polyglycolic=poly(lactic acid) homo- and copolymers / D.K. Gilding, A.M. Reed // Polymer. – 1979. – №20. – С.137–143.
14. Vert, M. Stereoregular bioresorbable polyesters for orthopaedic surgery / M. Vert, F. Chabot, J. Leray, P. Christel // Macromol. Chem. Suppl. – 1981. – №5. – С.30-41.
15. Daniels, A.U. Mechanical properties of biodegradable polymers and composites proposed for internal fixation of bone / A.U. Daniels, M.K. Chang, K.P. Andriano // J. Appl. Biomater. – 1990. – №1. – С.57-78.
16. Alexis, F. Factors affecting the degradation and drug-release mechanism of poly(lactic acid) and poly[(lactic acid)-co-(glycolic acid)] / F. Alexis // Polym. Int. – 2005. – №54. – С.36-46.
17. Miller, R.A. Degradation rates of oral resorbable implants (polylactates and polyglycolates): rate modification with changes in PLA=PGA copolymer ratios / R.A. Miller, J.M. Brady, D.E. Cutright // J. Biomed. Mater. Res. – 1977. – №11. – С.711-719.
18. Tracy, M.A. Factors affecting the degradation rate of poly(lactide-co-glycolide) microspheres in vivo and in vitro / M.A. Tracy, K.L. Ward, L. Firouzabadian, Y. Wang, N. Dong, R. Qian, Y. Zhang // Biomaterials. – 1999. – №20. – С.1057-1062.
19. Kamei, S. New method for analysis of biodegradable polyesters by high-performance liquid chromatography after alkali hydrolysis / S. Kamei, Y. Inoue, H. Okada, M. Yamada, Y. Ogawa, H. Toguchi // Biomaterials. – 1992. – №13. – С.953-958.
20. Anderson, J.M. Biodegradation and biocompatibility of PLA and PLGA microspheres / J.M. Anderson, S.M. Shive // Adv. Drug Deliv. Rev. – 1997. – №28. – С.5-24.

Секция 8

КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ВИНОГРАДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЭФФИЦИЕНТА ХЬЮГЛИНА

О. В. Афанасьева, И. С. Докучаева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
eccolga@mail.ru

Аннотация: В статье описан механизм определения климатического индекса-коэффициента Хьюглина, а также представлены климатические классы регионов выращивания винограда в зависимости от значения данного показателя. Проведен расчет коэффициента Хьюглина для одного из районов Республики Татарстан с целью оценки потенциала виноградарства в регионе.

Ключевые слова: агроэкологические факторы, климатические индексы, коэффициент Хьюглина, средняя температура воздуха, максимальная температура воздуха.

DETERMINATION OF GRAPE GROWING POTENTIAL OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN USING HUGLIN COEFFICIENT

O. V. Afanaseva, I. S. Dokuchaeva

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: The article describes the mechanism of determining the climatic index- Huglin coefficient, as well as presents climatic classes of grape growing regions depending on the value of this index. Calculation of Huglin coefficient for one of the districts of the Republic of Tatarstan with the purpose of evaluation of viticulture potential in the region has been carried out.

Keywords: agroecological factors, climatic indices, Huglin coefficient, average air temperature, maximum air temperature.

Процесс виноделия, как известно, начинается с подбора адекватных сортов винограда. Качество будущего вина во многом определяется рядом агроэкологических факторов: абиотических (неживая природа), биотических (живая природа) и антропогенных (деятельность человека).

Одним из важнейших агроэкологических факторов для винограда является климат. Различный климат регионов, где выращивается виноград, обуславливает разнообразие культивируемых сортов продуктов виноградарства, влияет на количество и качество урожая, а также на направление переработки получаемой продукции. В связи с этим детальная оценка агроэкологических ресурсов местности, в том числе климатических показателей, на предмет их соответствия требованиям виноградного растения для получения урожая заданного направления использования является важной научной задачей [1].

Согласно проведенному анализу научных исследований существует большое разнообразие климатических индексов, которые применимы и используются в виноградарстве для прогнозирования влияния изменений климата на эффективность виноградарства:

- индекс Винклера (Winkler index);
- индекс Хьюглина (Huglin Heliothermal index);
- индекс прохладных ночей (Cool Night index);
- индекс Фрегони (Fregoni index);
- индекс сухости (Drought index);
- индекс биологически эффективных градусо-дней (BEDD);
- гелиотермический индекс Бранаса (index of Branas);
- гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) и другие.

Наибольшее развитие изучение климатических индексов в виноградарстве получило у зарубежных авторов, однако и у российских исследователей можно встретить работы по анализу климатических условий отдельных регионов с использованием агроклиматических показателей [2-7].

В рамках данного исследования авторами проведен расчет индекса Хьюглина для оценки потенциала Республики Татарстан в виноградарстве.

Индекс Хьюглина (Huglin index, HI) рассчитывается на основе ежемесячных климатических показателей для полугодического периода [8]:

$$HI = \sum_m^n \frac{[T-10)+(Tx-10]}{2} d,$$

где T - средняя температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), Tx – максимальная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), d - коэффициент длины дня, который колеблется от 1,00 до 1,06 между 40° и 50° широты (табл. 1).

Для регионов Северного полушария 6-месячный период принимается с 1 апреля (m) по 30 сентября (n). В Южном полушарии индекс одинаково рассчитывается на 6-месячного периода с 1 октября (m) по 31 марта (n).

Таблица 1

Значение коэффициента длины дня (d) в зависимости от широты для индекса HI

Широта	Коэффициент длины дня (d)
$\leq 40^{\circ}00$	1,00
$40^{\circ}01-42^{\circ}00$	1,02
$42^{\circ}01-44^{\circ}00$	1,03
$44^{\circ}01-46^{\circ}00$	1,04
$46^{\circ}01-48^{\circ}00$	1,05
$48^{\circ}01-50^{\circ}00$	1,06

Понятия климатического класса для классификации регионов выращивания винограда связано с тем, что каждый класс может эффективно представлять не только климатические различия, но и реакции лозы, винограда или его продукции на климатические факторы, определяемые рассматриваемым индексом.

Таким образом, они позволяют сгруппировать наиболее однородные виноградарские регионы, используя многокритериальную классификацию [9].

Основные классы гелиотермического индекса Хьюглина представлены в таблице 2:

- HI - 3: класс очень прохладного виноградарского климата (например, регионы Франции, Канады, Германии) - включает в себя все регионы, которые находятся только на нижнем температурном пределе для виноградных лоз; в этих гелиотермических условиях только очень ранние/ранние сорта могут достичь зрелости, особенно белые сорта (такие как Muller-Thurgau, Pinot blanc, Gamay, Gewurztraminer).

- HI - 2: в прохладном виноградарском климатическом классе гелиотермический потенциал позволяет использовать очень широкий спектр сортов винограда, белого или красного сортов (Riesling, Pinot noir, Chardonnay, Merlot, Cabernet franc).

- HI - 1: для класса умеренного виноградарского климата характерны более поздние сорта (например, Cabernet-Sauvignon, Ugni Blanc, Syrah).

- HI + 1: в умеренно-теплом виноградарском климатическом классе могут созреть, например, Grenache, Mourvèdre, Carignan.

- HI + 2: теплый виноградарский климатический класс характеризуется потенциалом, который превышает гелиотермические потребности для созревания и даже поздних сортов (например, регионы в Испании, Тунисе).

- HI + 3: в очень теплом виноградарском климатическом классе помимо того, что нет гелиотермических ограничений для созревания винограда, начинают возникать климатические условия, для которых возможно, в некоторых случаях, собирать более одного урожая в год (например, регионы в Бразилии, Индии).

Таблица 2

Виноградарские климатические классы по индексу Хьюглина

Климатический класс	Аббревиатура	Значение индекса Хьюглина
Очень теплый	HI + 3	>3000
Теплый	HI + 2	$>2400 \leq 3000$
Умеренно-теплый	HI + 1	$>2100 \leq 2400$
Умеренный	HI - 1	$>1800 \leq 2100$
Холодный	HI - 2	$>1500 \leq 1800$
Очень холодный	HI - 3	≤ 1500

В представленной работе расчет индекса Хьюглина проведен на примере Нурлатского района Республики Татарстан (РТ). Данный район является одним из крупнейших районов РТ, расположенных в южной части (широта: $54^{\circ}25'39''$ с.ш.; долгота: $50^{\circ}48'18''$ в.д.).

Район расположен на юге Республики Татарстан на территории Западного Закамья и Самарского Заволжья, охватывает бассейн среднего течения р. Большой Черемшан, р. Кондурча и нижнее течение р. Сульча. Представляет собой зону черноземов и лежит в южной части лесостепной зоны, где имеются залежи

нефти, бентонитовой и керамзитовой глины. Общая площадь лесных массивов составляет 98,8 тыс. га, сельскохозяйственных угодий 117,3 тыс. га, в том числе пашни 87,6 тыс. га.

Экономика Нурлатского муниципального района тесно связана с сельским хозяйством. Возделываются зерновые и кормовые культуры, кукуруза, сахарная свекла [10].

На основании собранных статистических данных по значениям средней и максимальной температуры за период 2020-2022 гг. для г. Нурлат определен индекс Хьюглина (рис 1).

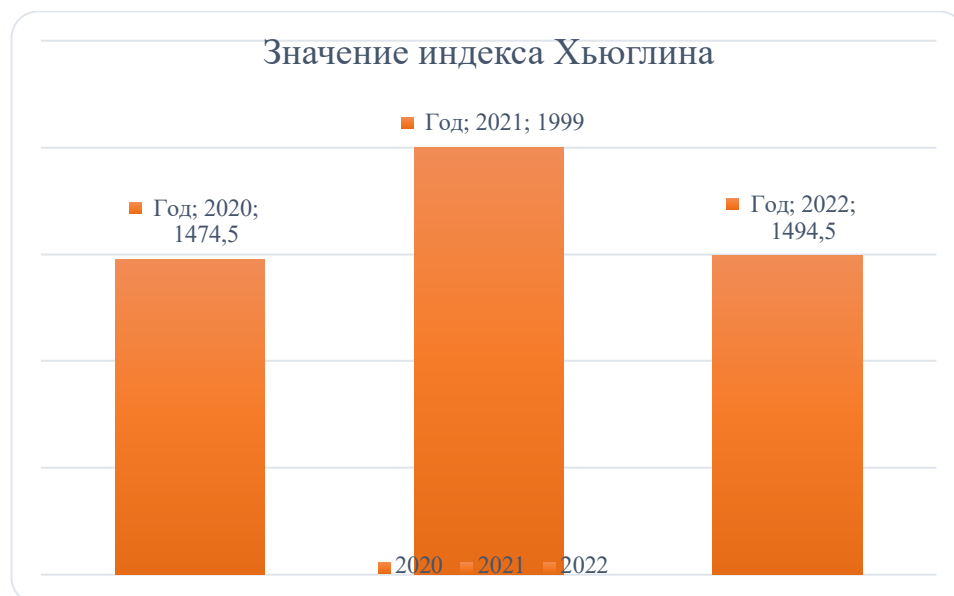


Рис.1. Значение индекса Хьюглина для г. Нурлат (РТ) в 2020-2022 г.

Высокое значение индекса Хьюглина в 2021 году объясняется тем, что лето 2021 г. оказалось самым теплым в истории наблюдений, на 2 градуса выше нормы. Вместе с тем, полученные значения индекса Хьюглина, в соответствии с данными, представленными в таблице 2, позволяют отнести Нурлатский район к климатическому классу от умеренного до очень холодного. Несомненно, для более точного определения климатического класса необходимо при расчете расширение временного диапазона, но уже на основании полученных данных, можно сделать вывод, что регионы РТ обладают потенциалом для выращивания ранних сортов винограда, как белых, так и красных.

Список литературы

1. Рыбалко, Е. А. Климатические индексы в виноградарстве / Е. А. Рыбалко // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2020. – Т. 22, № 1(111). – С. 26-28.
2. Lorenzo, M.N., Taboada, J.J., Lorenzo, J.F. et al. Influence of climate on grape production and wine quality in the Rías Baixas, north-western Spain. Reg Environ Change 13, 887–896 (2013).
3. Alba, V., Gentilese, G., & Tarricone, L. Climate change in a typical Apulian region for table grape production: spatialisation of bioclimatic indices, classification and Future Scenarios. OENO One, 55(3), 317–336 (2021).

4. Martins, J.; Fraga, H.; Fonseca, A.; Santos, J.A. Climate Projections for Precipitation and Temperature Indicators in the Douro Wine Region: The Importance of Bias Correction. *Agronomy*, 11, 990 (2021)
5. Рыбалко, Е. А. Закономерности пространственного варьирования индекса Хуглина в условиях Крымского полуострова / Е. А. Рыбалко, Н. В. Баранова, В. Ю. Борисова // *Виноделие и виноградарство*. – 2020. – № 1. – С. 18-23.
6. Новикова, Л. Ю. Прогноз зоны возделывания винограда на европейской территории России в условиях изменения климата / Л. Ю. Новикова, П. В. Озерский // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2022. – Т. 26, № 3. – С. 264-271. – DOI 10.18699/VJGB-22-33.
7. Рыбалко, Е. А. Анализ территориального распределения климатических факторов, характеризующих теплообеспеченность территории Крымского полуострова / Е. А. Рыбалко, Н. В. Баранова // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. – 2022. – № 75(3). – С. 107-118.
8. Huglin, P. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. In: *Proceedings of the Symposium International sur l'écologie de la Vigne*. Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie Alimentaire, Contança, 89–98 (1978).
9. Jorge Tonietto, Alain Carbonneau. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide, *Agricultural and Forest Meteorology*, 124, 1–2, 81-97 (2004).
10. Стратегия социально-экономического развития Нурлатского муниципального района Республики Татарстан на 2016 – 2021 годы и плановый период до 2030 года (ссылка доступа: <https://mert.tatarstan.ru/strategii-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-4313569.htm?page=4>, дата обращения 14.03.2023).

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Л. Д. Ахмадишина, Е. В. Крякунова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
muhitova99@yandex.ru

Аннотация: В работе были изучены бактерицидный и гомогенизирующий эффект, оказываемый ультразвуком в процессе обработки сырого молока. Было установлено, что приемлемый уровень инактивации микроорганизмов наблюдается лишь при сочетании ультразвуковой обработки и нагрева молока до 55 °С. Было показано, что гомогенизирующее действие ультразвука практически не зависит от температуры: количество жировых шариков в молоке размером менее 2 мкм увеличилось после ультразвуковой обработки в среднем в 1,5 раза.

Ключевые слова: ультразвуковая обработка, молоко, обсемененность, инактивация микроорганизмов, гомогенизация.

THE ULTRASOUND APPLICATION PROSPECTS TO IMPROVE THE QUALITY OF DAIRY PRODUCTS

L.D. Akhmadishina, E.V. Kryakunova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: The work shows the bactericidal and homogenizing effect of raw milk ultrasound treatment. It was found that an acceptable level of microorganism inactivation is felt only with combined action of ultrasonic and heat treatment temperature of milk up to 55 °C. It was shown that the homogenizing effect of ultrasound is practically independent of temperature: the number of fat globules less than 2 microns increases after ultrasound treatment of milk by an average of 1,5 times.

Keywords: ultrasonic treatment, milk, contamination, inactivation of microorganisms, homogenization.

Сырое молоко – это молоко, полученное от коровы или другого лактирующего сельскохозяйственного животного и не подвергавшееся термической обработке при температуре более 40 °С или иной обработке, предотвращающей развитие болезнетворных микроорганизмов. Молоко богато белками (казеином, альбумином, глобулином), молочным жиром, молочным сахаром лактозой, а также макро- и микроэлементами, благодаря чему является прекрасной питательной средой для развития микроорганизмов. Свежевыдоенное молоко никогда не бывает стерильным, согласно ГОСТ 31449-2013 в нем допускается содержание мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) до $1,0 \times 10^5$ КОЕ/см³. Поэтому к контролю качества сырого молока

на производстве предъявляются повышенные требования, так как любое отклонение от стандарта свидетельствует о жизнедеятельности вредных или патогенных микроорганизмов.

Известно, что в сыром молоке могут одновременно находиться до 1 тыс. различных видов бактерий [1], которые составляют так называемую нормальную бактериальную флору молока, представленную молочнокислым стрептококком *Lactococcus lactis*, сливочным стрептококком *Lactococcus cremoris*, термофильным стрептококком *Streptococcus thermophilus* и др. У молока, полученного от больных животных, могут присутствовать возбудители мастита, ящура, холеры, туберкулеза, сибирской язвы, бруцеллеза, а также различные вирусы, дрожжи и плесени. Остаточная микрофлора и микрофлора вторичного загрязнения включает такие патогенные и условно-патогенные микроорганизмы, как бактерии семейства *Enterobacteriaceae*, энтерококки, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, бактерии рода *Proteus*, *Salmonella*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, а также микроорганизмы порчи: плесневые грибы, масляно-кислые бактерии, термоустойчивые молочнокислые палочки [2].

Традиционной технологией, десятилетиями используемой на молокозаводах для получения микробиологически безопасного молока, является пастеризация. Применяются три режима пастеризации молока:

- при 63-65 °С с выдержкой 30 мин.;
- при 72-75 °С с выдержкой 15-20 с;
- при 85-90 °С без выдержки.

При пастеризации происходит обеззараживание молока, но термическая обработка вызывает умеренные изменения свойств молока, что может привести к появлению неприятного привкуса и снижению пищевой ценности продукта за счет денатурации белков, разрушения витаминов, в частности витамина С, и разложения лактозы. В течение последних десятилетий рядом ученых были проведены исследования различных альтернативных нетермических методов обработки молока. Примерами таких методов являются обработка ультразвуком, ультрафиолетовым излучением, импульсным электрическим полем и высоким гидростатическим давлением [3].

Методы нетермической обработки, часто называемые холодной пастеризацией, позволяют получать микробиологически безопасные продукты, сохраняющие пищевую ценность, вкус и аромат, а также физико-химические свойства продуктов, которые изменяются при обычной термической обработке.

Целью данной работы является оценка возможности использования ультразвуковой обработки для обеззараживания и гомогенизации сырого молока.

Ультразвук можно определить как звуковые волны в диапазоне частот выше человеческого слуха от 20 Гц до 1 ГГц. В пищевой промышленности находит применение ультразвук с частотой от 16 до 100 кГц. Обработка ультразвуком может осуществляться как при прямом, так и при косвенном контакте ультразвукового зонда с обрабатываемым пищевым продуктом.

Ультразвуковые волны в жидкой среде создают вибрации, акустические потоки и акустическую кавитацию – физический процесс образования, расшире-

ния и последующего схлопывания пузырьков с высвобождением большого количества энергии. Кавитация может появиться на частотах $< 2,5$ МГц. При низкочастотном ультразвуке схлопывание пузырьков приводит к повышению локальной температуры до $1700-4700$ °С, а также к повышению давления до $50-100$ МПа и локальному физическому сдвигу. В этих условиях происходит разрушение клеточных мембран и лизис микроорганизмов, а также изменение структуры различных пищевых компонентов. Кавитация также вызывает появление химических соединений, которые повреждают клеточную стенку бактерий [4]. Факторами, влияющими на инактивацию микроорганизмов с помощью ультразвука, являются температура, плотность энергии, частота и интенсивность волны, время воздействия, вид микроорганизма, а также объем и состав обрабатываемого продукта [5].

Известно, что жир в молоке распределен в виде жировых шариков размером от 1 до 10 мкм, большинство из которых имеет размер более 2 мкм. Гомогенизация, заключающаяся в диспергировании жировых шариков, направлена на улучшение питательной ценности молока за счет уменьшения размеров жировых шариков. При гомогенизации молока за счет кавитационного воздействия в первую очередь происходит разрушение крупных жировых шариков. Так, при ультразвуковой обработке можно получить до 80 % жировых шариков с размером менее 2 мкм. Кроме того, при ультразвуковой обработке практически не происходит разрушения витамина С, тогда как при пастеризации его содержание в молоке уменьшается на четверть, а при кипячении происходит практически его полное разрушение [6].

Хотя рядом ученых было показано, что ультразвуковая обработка не может сравниться с традиционной термической обработкой в снижении бактериальной обсемененности различных пищевых продуктов, но сочетание ультразвука с тепловой обработкой и/или с обработкой давлением может иметь синергетический эффект [7]. В ряде работ был показан летальный эффект совместного действия ультразвука, тепловой обработки и обработки давлением на споры *Bacillus subtilis*, на вегетативные клетки бактерий *Yersinia enterocolitica*, *Enterococcus faecium*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* [8].

Обработку ультразвуком сырого молока объемом 100 см³ проводили на ультразвуковом аппарате «Волна-П» модель УЗАП-0,2/22-ОП при частоте 22 кГц и мощности 120 Вт.

Общее микробное число определяли методом предельных разведений и последующем подсчете количества микроорганизмов, образующих видимые колонии на чашках Петри со средой КМАФАнМ при температуре 30 ± 1 °С.

В результате экспериментов по изучению влияния ультразвуковой обработки на обсемененность молока было установлено, что общее микробное число сырого молока, имеющего температуру 15 °С, снизилось после обработки ультразвуком в течение 5 мин. в $1,7$ раз (с $6,0 \times 10^5$ КОЕ/см³ до $3,5 \times 10^5$ КОЕ/см³). При увеличении времени ультразвуковой обработки до 10 мин. КМАФАнМ сырого молока уменьшилось в $6,7$ раз до $0,9 \times 10^5$ КОЕ/см³, что соответствует гигиенической норме согласно ГОСТ 31449-2013. В свою очередь, ультразвуковая обра-

ботка подогретого до 55 °С уже в течение 5 мин. позволяет получить практически стерильный продукт – КМАФАнМ такого продукта не превышала 20 КОЕ/см³. Таким образом, обработка ультразвуком в сочетании с нагреванием продукта выше 50 °С позволяет получить более выраженный эффект инактивации микроорганизмов.

Однако при хранении обработанного ультразвуком молока в течение 6 сут. при температуре 4 °С наблюдалось увеличение КМАФАнМ продукта до 10⁶-10⁷ КОЕ/см³, что свидетельствует о том, что ультразвуковая обработка практически не влияет на жизнеспособность спор бактерий и части вегетативных клеток. Выжившие после ультразвуковой обработки бактерии, также как их споры, очевидно, относятся к психрофильным микроорганизмам, так как способны размножаться при 4 °С. Однако, при классической пастеризации часть вегетативных клеток бактерий, как и их споры, также выживают и впоследствии прорастают. Таким образом, значимых различий в сроке годности молока, обработанного ультразвуком или пастеризованного по классической технологии, не было обнаружено.

Определение количества и диаметра жировых шариков в молоке проводили с помощью микроскопа и камеры Горяева [9]. Было установлено, что гомогенизация молока с помощью ультразвука в течение 10 мин. привела к уменьшению размеров жировых шариков и изменению белок-липидных и белок-белковых взаимодействий. Так, после ультразвуковой обработки молока, имеющего температуру 15 °С, количество жировых шариков размером менее 2 мкм возросло с 50±2 % до 75±2 %. После аналогичной ультразвуковой обработки молока, нагретого до 55 °С, количество жировых шариков размером менее 2 мкм возросло до 80±2 %.

Заключение

В ходе проведенных исследований было установлено, что ультразвуковая обработка не может рассматриваться как абсолютная альтернатива классической пастеризации, используемой в молочной промышленности. Было показано, что степень инактивации бактерий в сыром молоке при ультразвуковой обработке при температуре 55 °С гораздо выше, чем при аналогичной обработке при 15 °С. Таким образом, возможность применения ультразвука в сочетании с мягкой термической обработкой представляет интерес для разработки технологических процессов, позволяющих увеличить сроки хранения молока.

Гомогенизирующий эффект ультразвуковой обработки сырого молока был подтвержден: количество жировых шариков размером менее 2 мкм увеличилось в 1,5 раза, что свидетельствует об увеличении питательной ценности молока и улучшении его усвояемости.

Однако нельзя рассматривать возможность применения ультразвука в молочной промышленности только для улучшения санитарно-гигиенических качеств молока, сохранности биологической ценности молока и обеспечения его стойкости при хранении. Другими областями применения ультразвуковой обработки могут быть разделение и экстракция жира, отделение жира от цельного молока, отделение сливочного масла от сливок и улучшение свойств взбитых

сливок. С помощью ультразвуковой обработки можно улучшить кристаллизацию лактозы в мороженом, а также изменить физические свойства сливочного масла. Ультразвуковая обработка молока перед инокуляцией закваски поможет улучшить водосвязывающую способность и, следовательно, повысить плотность творога, что, как следствие, приведет к снижению его синерезиса. Применение ультразвуковой обработки в производстве кисломолочных продуктов позволит улучшить их качество за счет уменьшения размера жировых шариков, увеличения эмульгирования, повышения плотности геля за счет частичной денатурации белков молочной сыворотки.

Таким образом, применение ультразвуковой обработки в молочной промышленности не ограничивается только улучшением санитарно-гигиенических качеств и сроков годности продукта, а может применяться для создания качественно новых продуктов с высокой биологической ценностью и усвояемостью организмом человека.

Список литературы

1. Microbial diversity of consumption milk during processing and storage / D. Porcellato et al. // *International Journal of Food Microbiology*. – 2018. – Vol. 266. – P. 21-30.
2. Грушовец, А.С. Анализ микробиологических рисков сырого молока / А.С. Грушовец, В.О. Лемешевский // *Сельскохозяйственный журнал*. – 2016. – Т. 1. – № 9. – С. 418-421.
3. Misra, N.N. Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies / N.N. Misra et al. // *Food Research International*. – 2017. – Vol. 97. – P. 318-339.
4. Emerging technologies in dairy processing: Present status and future potential. In A. Malik, Z. Erginkaya, & H. Erten (Eds.), *Health and safety aspects of food processing technologies* // S. Joshi et al. – Cham, Switzerland: Springer, 2019. – pp. 105-120.
5. Determining the effects of high intensity ultrasound on the reduction of microbes in milk and orange juice using response surface methodology / B. Ganesan et al. // *International Journal of Food Science*. – 2015. – Article 10350719.
6. Толочко, Н.К. Перспективы ультразвуковой обработки молока / Н.К. Толочко, Н.А. Прокопьев, А.Н. Челединов // *Молочная промышленность*. – 2014. – № 8. – С. 28-30.
7. Piyasena, P. Inactivation of microbes using ultrasound: A review / P. Piyasena, E. Mohareb, R.C. McKellar // *International Journal of Food Microbiology*. – 2003. – Vol. 87. – P. 207-216.
8. Characterization of the physical, microbiological, and chemical properties of sonicated raw bovine milk / D.I. Van Hekken et al. // *Journal of Dairy Science*. – 2019. – Vol. 102. – P. 6928-6942.
9. Кугенев, П.В. Практикум по молочному делу // П.В. Кугенев, Н.В. Барабанщиков. – М.: Агропромиздат, 1988. – 224 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОРОШКА БОЯРЫШНИКА

Д. Р. Бахтиярова, Н. З. Дубкова, М. Г. Кузнецов, Г. Х. Гумерова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
dubkova_n@rambler.ru

Аннотация: Плоды боярышника вызывают антидиабетическое, антиатеросклеротическое (гиполипидемическое действие, подавляющее агрегацию клеток крови) и противоинфарктное действие (включая, в частности, эффект облегчения работы сердца, предотвращающий гипоксию), для поддержки лечения нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера, и для проявления антидепрессивного эффекта. Для исследования выбраны плоды боярышника, которые содержат комплекс биологически активных веществ (кверцетин, гиперин, гиперозид, витескин), органические кислоты (лимонная, олеановая), каротиноиды, дубильные вещества, пектины, холин, сахара и витамины. Водные экстракты плодов боярышника были получены путем экстракции порошка боярышника, полученного сушкой при температуре 40 °С.

Ключевые слова: боярышник, сушка, экстракт.

RESEARCH OF THE QUALITY OF HAWTHORN POWDER

N. Z. Dubkova

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Hawthorn fruit has anti-diabetic, anti-atherosclerotic (lipidemic action, suppressing blood cell aggregation) and anti-infarction action (including, in particular, the effect of facilitating the work of the heart, preventing hypoxia), to support the treatment of neurodegenerative diseases such as Alzheimer's disease, and to exert an antidepressant effect. For the study, hawthorn fruits were selected, which contain a complex of biologically active substances (quercetin, hyperin, hyperoside, viteskin), organic acids (citric, oleanic), carotenoids, tannins, pectins, choline, sugars and vitamins. Aqueous extracts of hawthorn fruits were obtained by extracting hawthorn powder obtained by drying at a temperature of 40 °C.

Keywords: hawthorn, drying, extract

Боярышник принадлежит к роду *Crataegus* и семейству Rosaceae. В природе произрастает во многих странах мира (преимущественно в северном полушарии) и представлен несколькими сотнями видов. В течение многих лет он находится в центре внимания исследователей всего мира как пищевое сырье, фармацевтический материал, пищевая добавка, декоративное растение, используемое в парках и садах, а также как сырье, используемое в натуральной медицине. Наиболее популярными его частями являются соцветия, плоды (ягоды) и листья, за которыми следует менее популярная кора. Это сырье исключительно

богато биологически активными соединениями, включая полифенолы, такие как: процианидины, флавонолы, флаванолы, антоцианы, фенольные кислоты и лигнаны. В плодах преобладают полифенольные соединения, включая олигомерные процианидины и их гликозиды, тогда как в листьях преобладают флавонолы, их гликозиды и С-гликозилфлавоны [1].

В свою очередь в плодах и соцветиях боярышника были обнаружены, в частности, фенольные соединения, в том числе: эпикатехин, хлорогеновая кислота, гиперозид, протокатеховая кислота, рутин, кверцетин, изокверцетин, кемпферол, витексин, лютеолины и лейкоцианидины. Кроме того, было показано, что цветки и ягоды боярышника являются богатым источником токоферолов, в том числе в основном α -токоферола, γ -токоферола и β -токоферола, а также аскорбиновой кислоты и β -каротина. Также они содержат тритерпеноиды и стероиды, в том числе урсоловую кислоту, олеановую кислоту, бетулин, β -ситостерол, β -даукостерол и стигмастерол.

Высокое содержание биологически активных соединений, обнаруженных в различных морфологических частях боярышника, побудило к обширным исследованиям их многогранного оздоровительного воздействия. Было продемонстрировано, что эти соединения проявляют, в частности, противовоспалительные, антиоксидантные и антимикробные свойства (с широким спектром последних свойств, в том числе против ВИЧ. Было также показано, что они вызывают антидиабетическое (т.е. гипогликемическое), антиатеросклеротическое (например, гипوليлипемическое действие, подавляющее агрегацию клеток крови) и противоинфарктное действие (включая, в частности, эффект облегчения работы сердца, предотвращающий гипоксию), для поддержки лечения нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера, и для проявления антидепрессивного эффекта. Также сообщалось, что активные соединения боярышника положительно влияют на состояние кожи, например, замедляя процесс старения [2].

Обычно отдельные морфологические части боярышника употребляют не в свежем виде, а перерабатывают, например, после сушки в виде травяных чаев, настоев, отваров. Боярышник входит в состав травосмесей, а также лекарственных и пищевых настоев. Кроме того, он используется для производства желе, соков, джемов, варенья и цукатов, а также в качестве добавки к хлебу и кондитерским изделиям, а также сырья для молочной промышленности.

Ягоды боярышника содержат гликозиды, которые укрепляют здоровье сердца. Они используются для лечения нарушений сердечного ритма из-за старения или нервных расстройств. Они также хороши при атеросклерозе, бессоннице, сезонных перепадах настроения и расстройствах нервной системы. Недавние исследования продемонстрировали важную роль плодов боярышника для здоровья и питания человека. Однако из-за его кислого вкуса он не очень подходит для употребления в свежем виде, что иногда приводит к тому, что горы свежих фруктов остаются несъеденными, что приводит к огромным потерям. В последние годы, чтобы улучшить органолептические качества, было опубликовано множество отчетов о снижении кислотности этих высококислотных фрук-

тов. Исследования по снижению кислотности плодов боярышника в первую очередь были сосредоточены на удалении органических кислот и улучшении органолептических характеристик, но не учитывали потери других активных компонентов.

Цвет плодов боярышника является важным фактором, определяющим рыночное признание сорта, и считается, что он связан с биологической активностью, в частности, антиоксидантной способностью. Спелые ягоды боярышника различаются по цвету, чаще всего это желтый и красный, поэтому предполагается, что разные по цвету ягоды боярышника проявляют разную биологическую активность. Цвет и биологическая активность плодов зависят в первую очередь от фитохимического состава. Однако исчерпывающего обзора фитохимического состава, цвета и биологической активности ягод боярышника до сих пор не дано. Большинство существующих исследований были ограничены видами или происхождением и были сосредоточены на конкретных группах, таких как фенольные соединения или тритерпеновые кислоты.

Методом вакуумной сушки с сопутствующим измельчением был получен порошок боярышника [3, 4]. Экспериментальные исследования по получению порошка боярышника и кинетики сушки проводились на лабораторной установке вибрационной сушилки-мельницы [5].

Для получения экстрактов использовались плоды боярышника, урожая 2022 года, который был выращен на территории Татарстана.

Отвар плодов боярышника получили следующим образом. Навеску массой 15 г измельчают, помещают в колбу с притертой пробкой, добавляют 100 мл горячей воды, присоединяют обратный холодильник и ставят на водяную баню на 15 минут. Далее полученную смесь остужают в течении 45 минут и отделяют прозрачный слой с помощью бумажного фильтра.

Навеску боярышника массой 93 грамма залили 40% спиртом и настаивали в течении 2 – х недель в темном прохладном месте с получением спиртового экстракта. По такому же принципу готовили отвар и экстракт порошка боярышника.

По органолептическим показателям экстракт боярышника соответствует значениям ГОСТ, представленные в таблице 1:

Таблица 1

Органолептические показатели экстракта боярышника

Наименование показателя	Экстракт боярышника
Внешний вид	Прозрачная жидкость без осадка
Вкус и запах	Свойственный экстракту, изготовленному из плодов боярышника. Без посторонних запахов и вкусов.
Цвет	Оранжево - красный

Влажность плодов боярышника и его порошка определяли в приборе Чижовой. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Влажность плодов боярышника

Объекты	Влажность, %	Средняя величина ошибки
Плоды боярышника		
Образец 1	9	8,3±0,15
Образец 2	8	
Образец 3	8	
Порошок боярышника		
Образец 1	6	5,6±0,15
Образец 2	6	
Образец 3	5	

Сухой остаток в экстракте определяют методом досушивания (таблица 3).

Таблица 3

Сухой остаток в экстрактах боярышника

Объекты	Сухой остаток	Средняя величина ошибки
Водный экстракт боярышника		
Образец 1	4,271	4,32±0,07
Образец 2	4,376	
Спиртовой экстракт боярышника		
Образец 1	8,78	8,86±0,11
Образец 2	8,94	

Значения зольности в экстрактах боярышника представлены в таблице 4.

Таблица 4

Зольность в экстрактах боярышника

Объекты	Зольность	Средняя величина ошибки
Водный экстракт боярышника		
Образец 1	0,063	0,102±0,054
Образец 2	0,141	
Спиртовой экстракт боярышника		
Образец 1	0,186	0,186±0
Образец 2	0,187	
Образец 3	0,187	

Полученные экстракты порошка боярышника имеют широкие перспективы использования в различных отраслях пищевой промышленности.

Список литературы

1. Скрыпник, Л.Н. Пищевая и биологическая ценность плодов боярышника *crataegus oxyacantha* L / Скрыпник Л.Н., Мельничук И.П., Королева Ю.В.// Химия растительного сырья. - 2020. - № 1. - С. 265-275.

2. Фармакогностическое исследование некоторых видов рода боярышник (CRATAEGUS L.) Морозова Т.В./ Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата фармацевтических наук / Самарский государственный медицинский университет. Самара, 2019/

3. Патент на полезную модель № 14649 U1 Российская Федерация, МПК F26B 17/30. Вибрационная сушилка-мельница : № 2000106932/20 : заявл. 21.03.2000 : опубл. 10.08.2000 / Н. З. Дубкова, З. К. Галиакберов, Н. А. Николаев, Г. И. Иванова. – EDN JCPPCL.

4. Study of power consumption in vibromixing apparatus during Jerusalem artichoke drying / M. G. Kuznetsov, N. Z. Dubkova, V. V. Kharkov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 072006. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072006. – EDN DLUTAL.

5. Дубкова, Н. З. Влияние формы и поверхности мелющих тел на кинетику сушки в технологии пищевых порошков / Н. З. Дубкова, В. Ф. Шарафутдинов, А. Н. Николаев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 7. – С. 8-11. – EDN NCNDIP.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНОГО ИЗДЕЛИЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПОРОШКА ИЗ ВЫЖИМОК ОБЛЕПИХИ

А. А. Зайнутдинов, Т. А. Ямашев, Н. З. Дубкова, Е. Г. Хакимова,
Г. Х. Гумерова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
dubkova_n@rambler.ru

Аннотация: Облепиха (*Hippophae rhamnoides L.*) представляет собой растение с высокой пищевой и лечебной ценностью, принадлежащий к семейству облепиховых, богатый олеиновой кислотой, белком, аминокислотами, калием и другими питательными веществами. Исследованы органолептические и физико-химические показатели хлебобулочных изделий с добавкой порошка из выжимок ягод облепихи.

Ключевые слова: облепиха, хлеб, порошок.

STUDY OF THE QUALITY OF THE BAKERY PRODUCT WITH BY ADDITION OF POWDER FROM SEA BUCKTHORN POCKET

A. A. Zaynutdinov, T. A. Yamashev, N. Z. Dubkova, E. G. Khakimova, G. Kh. Gumerova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kazan National Research
Technological University, Kazan, Russia
dubkova_n@rambler.ru

Abstract: Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*) is a plant with high nutritional and medicinal value, belonging to the sea buckthorn family, rich in oleic acid, protein, amino acids, potassium and other nutrients. The organoleptic and physico-chemical parameters of bakery products with the addition of sea buckthorn pomace powder were studied.

Keywords: sea buckthorn, bread, powder.

В настоящее время более 20 стран мира продвигают и используют облепиху. Облепиха занимает первое место среди десяти лучших продуктов для здоровья, объявленных Всемирной организацией здравоохранения. В Евразии обнаружено более 150 видов, подвидов и сортов облепихи.

Во всем мире самой важной и самой известной частью растения являются ягоды, которые в несколько раз богаче витамином С, чем популярные фрукты, такие как клубника, лимоны или ежевика, и отличаются высоким содержанием масла (в среднем 10 % свежего массы плода), богатой жирными кислотами.

Облепиха является многоцелевым растением, в производство которого входят продукты пищевой промышленности (сок, напиток, смузи, джем, соус, масло) и спирты (вино, наливка, добавка к пиву) из ягод, травяные листовые чаи,

обеспечивающие высокий доступ к флавоноидам и дезинтоксикационным свойствам, производство кормовых добавок из побочных продуктов облепихи, косметических средств, лекарственных препаратов, топлива в качестве дров.

С развитием экономики и науки видов продуктов из облепихи становится все больше. Двумя наиболее часто извлекаемыми продуктами из ягод облепихи являются сок из мясистых тканей ягод и масло, получаемое из семян ягод. Плоды облепихи богаты питательными веществами, такими как белок, аминокислоты, витамины, микроэлементы, полисахариды и биологически активные вещества, такие как флавоноиды, стероиды, проантоцианидины, тритерпены, дубильные вещества. Помимо плодов, листья, корни, стебли, ветки облепихи и даже остатки, оставшиеся после отжима масла из семян облепихи, и фруктовый сок также имеют потенциальную экономическую ценность, поскольку содержат биологически активные компоненты, такие как флавоноиды, процианидины и фосфолипиды. Благодаря этим особым химическим компонентам облепиха обладает разнообразной биологической, физиологической и фармакологической активностью.

Как пищевая добавка, облепиха не только обладает особым ароматом плодов облепихи, но и служит природным пигментом и природным консервантом. Плоды облепихи богаты облепиховым желтым пигментом, основными компонентами которого являются флавоноиды и β -каротин. Желтый пигмент облепихи является важной пищевой добавкой, которая применяется для окрашивания растительных сливок, мороженого, конфет, тортов и других продуктов питания.

Известно добавление биоактивных соединений облепихи в печенье, что позволяет получать продукт с низким уровнем сахара и антиоксидантным эффектом [1]. Облепиха, добавленная в пшеничную муку, обеспечивает длительный срок хранения хлеба, являясь антиоксидантом [2]

Содержание витаминов в облепихе очень высокое (включая витамин С, витамин Е и небольшое количество витаминов В₁, В₂, В₆ и витамина К), среди которых наиболее высокое содержание витамина С. Содержание витамина С в облепихе намного выше, чем в клубнике и киви.

Флавоноиды облепихи являются основными лекарственными активными ингредиентами облепихи, которые содержатся в корнях, стеблях, листьях, цветках и плодах облепихи. Выделено и идентифицировано более 30 видов флавоноидов, в том числе в соке (0,365 мг/100 г), мякоти (0,354 мг/100 г), выжимках (0,490 мг/100 г), семенах (0,138 мг/100 г), листьях облепихи (0,876 мг/100 г), из которых содержание флавоноидов в листьях облепихи самое высокое. Основными типами флавоноидов в облепихе являются изорамнетин, кверцетин, кемпферол, катехин, эпикатехин, мирицетин и белый антоцианин. Флавоноиды являются основными действующими веществами в растительных препаратах для лечения сердечно-сосудистых заболеваний, которые могут снижать проницаемость капилляров, улучшать эластичность сосудов, предотвращать и улучшать стенокардию и работу сердца.

Выжимки, содержащие кожуру и семена, составляют 20 % массы ягод облепихи после отжима сока. Таким образом, потенциал использования всего растения виден в безотходной технологии и направлен на управление остатками для

производства продукции с высокой добавленной стоимостью [3, 4]. Выжимки после отжима соков и масел могут быть использованы для извлечения пигментов, а затем использованы в качестве натурального пищевого красителя, для производства кормов, чайного настоя, порошков, нутрицевтиков, антиоксидантов, добавки, используемые для стабилизации и обогащения пищевых продуктов, таких как хлеб и другая выпечка, а также нетрадиционный источник бионефти с потенциальным использованием в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности.

Традиционно хлеб был основным продуктом питания во всем мире, но в последнее десятилетие глобальные социальные и экономические изменения привели к существенным изменениям в концепции хлеба. Обычный хлеб, который получают путем смешивания муки, воды, соли и дрожжей с последующей ферментацией и выпечкой, претерпел множество изменений в отношении ингредиентов и процесса. В наши дни хлеб — это больше, чем просто привлекательная еда.

Было обнаружено, что добавление даже 1% порошка ягод облепихи, полученного вакуумной сушкой с одновременным измельчением [5, 6] к пшеничному хлебу позволяет получать продукты с высоким содержанием биологически активных веществ, лучшими сенсорными ощущениями, лучшими антиоксидантными свойствами и более длительным сроком хранения.

Приготовление хлеба осуществляли в лабораторных условиях по рецептуре, приведенной в таблице 1.

Таблица 1

Рецептура теста из пшеничной муки высшего сорта безопасным способом

Наименования сырья	Количество вносимого сырья, % от массы муки		
	Изделие без добавок	Изделие с добавлением облепихового порошка (5 %)	Изделие с добавлением облепихового порошка (10 %)
Мука пшеничная высший сорт	300	285	270
Дрожжи прессованные хлебопекарные	2,1	2,1	2,1
Соль поваренная пищевая	4,5	4,5	4,5
Сахар	3	3	3
Вода	172	172	172
Порошок из облепихового жмыха	-	15	30

Анализ полученного хлебобулочного изделия (Рис. 1) проводили через 16-18 часов после выпечки по следующим показателям:

- влажность мякиша;
- кислотность хлеба;
- пористость хлеба;
- цветность хлеба;

- объем хлеба;
- органолептические показатели выпеченного хлеба.

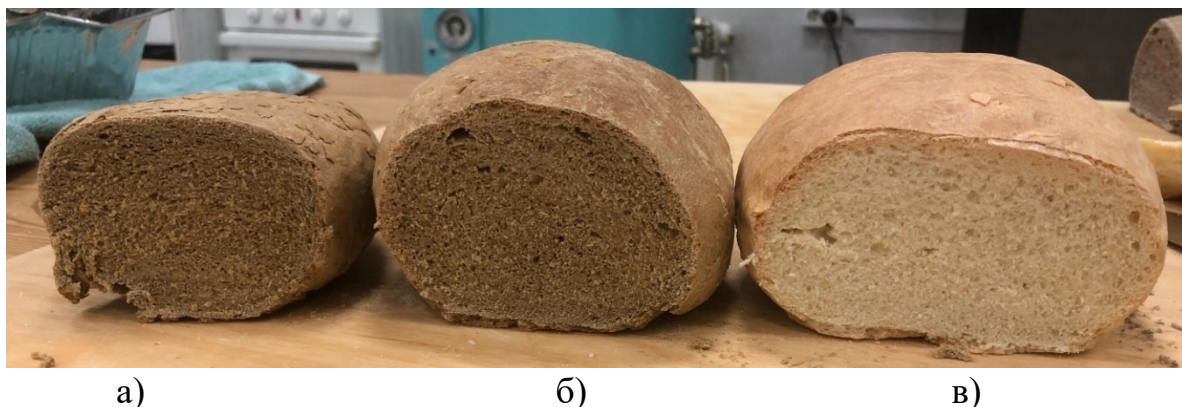


Рис. 1 – хлебобулочные изделия:

- а) с добавлением порошка из облепихового жмыха (10 %); б) с добавлением порошка из облепихового жмыха (5 %); в) без добавок

В результате проведенных исследований, сделан вывод, что оптимальная концентрация порошка к массе муки составляет 5 %, так как при данной концентрации все показатели (органолептические и физико-химические) соответствуют требованиям стандартов.

Список литературы

1. Тенденции развития технологии кондитерских изделий / З. А. Канарская, Ф. К. Хузин, А. Р. Ивлева, В. М. Гематдинова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 3(69). – С. 195-204.
2. Совершенствование технологии хлеба белого из муки пшеничной высшего сорта / З. Ш. Мингалеева, А. В. Маслов, О. В. Старовойтова, О. А. Решетник // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2019. – № 6(59). – С. 29-33.
3. Технология пищевых порошков из отходов ликероводочного производства / Э. Х. Тухбиева, Н. З. Дубкова, З. К. Галиакберов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2010. – № 2-3(314-315). – С. 57-59. – EDN MRXWIR.
4. Study of power consumption in vibromixing apparatus during Jerusalem artichoke drying / M. G. Kuznetsov, N. Z. Dubkova, V. V. Kharkov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 072006.
5. Патент № 2229340 С2 Российская Федерация, МПК В02С 17/14. Вибрационная шаровая мельница : № 2002117225/03 : заявл. 27.06.2002 : опубл. 27.05.2004 / Н. З. Дубкова, Г. И. Иванова, З. К. Галиакберов [и др.].
6. Дубкова, Н. З. Влияние формы и поверхности мелющих тел на кинетику сушки в технологии пищевых порошков / Н. З. Дубкова, В. Ф. Шарафутдинов, А. Н. Николаев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 7. – С. 8-11.

ПИРОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

А. И. Кадиханов, А. А. Кузнецова, Л. Ю. Кошкина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

Kadihanov1996@mail.ru

Аннотация: В связи с усилением антропогенного воздействия и глобальными изменениями климата во всем мире увеличивается частота и интенсивность пожаров. Пирогенный фактор становится все более острой проблемой для лесных угодий, требующей безотлагательного решения, поскольку происходят катастрофические сокращения площади лесных экосистем, безвозвратная утрата биоразнообразия - поставщика экосистемных функций и лесных услуг. В данной статье ставится задача проанализировать результаты исследований влияния пожаров на основные компоненты лесных экосистем, их биоразнообразие и функции.

Ключевые слова: лес, пожары, растительность, парниковые газы, почва, климат, углерод, экосистемные услуги, выбросы.

IMPACT OF FOREST FIRES ON SOIL

A. I. Kadikhanov, A. A. Kuznetsova, L. Yu. Koshkina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract: Due to the increased anthropogenic impact and global climate change, the frequency and intensity of fires are increasing all over the world. The pyrogenic factor is becoming an increasingly acute problem for forest lands, requiring an urgent solution, since there are catastrophic reductions in the area of forest ecosystems, an irretrievable loss of biodiversity - a provider of ecosystem functions and forest services. This article aims to analyze the results of studies of the impact of fires on the main components of forest ecosystems, their biodiversity and functions.

Keywords: forest, fires, vegetation, animals, key species, greenhouse gases, soil, climate, carbon, ecosystem services, emissions.

Пожар воздействует на растения непосредственно, приводя к гибели полностью или частично, а также косвенно, в связи с изменением условий жизни. После гибели лесных массивов на больших площадях в результате воздействия огня происходят резкие изменения микроклимата, гидрологических и почвенных условий, от которых зависит формирование нового сообщества, то есть изменения фитоценозов. В условиях меняющегося климата увеличивается частота и интенсивность пожаров. Они приводят к выбросу соединений углерода из органического вещества погребенной почвы (наследственный углерод) бореальных лесов, что вызывает увеличение концентрации парниковых газов и потепление.

При низовых пожарах частично или полностью выгорают растения нижних ярусов (мохово-лишайниковые и травяно-кустарничковые ярусы, подлесок и подлесок), а также подстилка и гумусовый горизонт. Может быть повреждена корневая система, частично сгорают сухостой, пни и порубочные остатки. В сообществах с подлеском и кустарником при наличии склонов низовой пожар может перерасти в верховой, при этом все компоненты фитоценоза, а также почвенный покров, полностью гибнет [1].

Нижние пожары разной интенсивности по-разному влияют на растительность. Различают пожары малой, средней и высокой интенсивности – они различаются по степени подстилки и выгорания почвы. После легкого воздействия древостой сохраняется, при этом пожароопасность территории на некоторое время уменьшается из-за сокращения запасов горючих материалов. После малоинтенсивного огня может увеличиться обилие и разнообразие разнотравья, что связано с появлением новых экологических ниш. Следует отметить, что лесные пожары высокой интенсивности значительно увеличивают время восстановления населения после пожара. Они существенно разрушают ландшафты и способствуют выраженной гомогенизации местообитаний, что значительно снижает биоразнообразие. Кроме этого, после интенсивных пожаров запасы грунтовых горючих материалов увеличиваются и могут в разы превышать допожарные уровни, что создает условия для повторного возникновения интенсивных пожаров. Иногда после таких пожаров в условиях высокой освещенности появляются массовые всходы древесных растений. Однако из-за повышения температуры почвы, недостатка влаги и заражения фитопатогенами эти сеянцы умирают.

После пожара в лесных сообществах увеличивается доля светолюбивых растений, сосновых и луговых видов, а в некоторых случаях и лугово-степных видов. Кроме того, растения, часто называемые пирофитами, нередко активно интродуцируют на гари, и возникающее «разнообразие» называют пироразнообразием. Считается, что некоторые растения выработали приспособления, чтобы пережить лесные пожары. К ним относятся, например, структура семени, дающая сохранение зародыша после воздействия пожара, а также толстая кора дерева, защищающая камбий. В некоторых случаях подстилка полностью отмирает и в короткие сроки выпадает, создавая завалы. Иногда растительность не сразу начинает восстанавливаться из-за сильного выгорания земель и отсутствия источников семян [2].

Огонь вызывает изменения в составе растительности территории, то есть послепожарную (постпирогенную) сукцессию. Они зависят от состава и состояния исходного сообщества, интенсивности и продолжительности воздействия огня. На первых этапах сообщество заселяется пионерными (реактивными) видами, иногда могут распространяться «пирофиты». Источниками диаспоры могут послужить земельные банки семян и растений с неповрежденных участков. В отсутствие взрослых древесных растений заселение гарей зависит от переноса животных (птиц и мелких млекопитающих). Кроме того, возрастает значение вегетативного размножения растений [3].

Несмотря на появление пирофитных видов на освещенных участках, пожары всегда приводят к уменьшению видового разнообразия растений. После

воздействия огня запас семян в почве значительно снижается. Редкие представители флоры могут полностью погибнуть и исчезнуть после пожара.

Постпирогенное восстановление может длиться от нескольких лет до десятилетий. Современные экосистемы в той или иной степени изменены и подвержены антропогенному воздействию. Поэтому воздействие пожаров на леса может проявляться в разных формах в зависимости от состава исходного сообщества и истории возникновения пожаров на данной территории. Пожары и фрагментация сообщества влияют друг на друга в зависимости от условий, при которых происходит взаимодействие, и их масштаба. Таким образом, из-за пожаров ландшафты часто становятся неоднородными, а сообщества, которые уже пострадали от этого влияния, могут сдерживать распространение пожара за счет территорий, по которым прошел огонь. Кратковременное увеличение биоразнообразия, наблюдаемое в некоторых случаях, в основном связано с краевым эффектом [3].

В условиях изменения климата, количество лесных пожаров и их частота, будут увеличиваться. Некоторые системы после огня могут уже не восстанавливать первоначальный состав растительности из-за изменения почвенных условий и образования зон дефляции, несмотря на уже проведенные лесовосстановительные работы.

Поэтому пожары любой интенсивности оказывают прямое и косвенное воздействие на лесные насаждения, подрост и напочвенный покров. Пожары меняют условия функционирования всех компонентов растительных сообществ и делают их более уязвимыми к другим факторам внешней среды. Состояние растительных популяций, преобладавших в допожарных экосистемах, ухудшается. Появление «пирогенных» светолюбивых видов не компенсирует общий уровень снижения биоразнообразия после воздействия огня. Постпирогенное восстановление растительности требует больших затрат времени, наличия источников и носителей диаспоры.

Влияние огня приводят к изменению морфологических и физико-химических свойств, состава органического вещества и механического состава почвы. Изменения морфологических свойств почвы происходят за счет выгорания органических горизонтов, деревьев, сухостоя и других растительных остатков и выражаются в образовании пирогенного горизонта, т.е. в появлении в почвенных горизонтах признаков пирогенеза. Выявлено, что морфологические признаки воздействия огня прослеживаются до глубины 0,3 м. Признаки пирогенеза проявляются в виде включений углерода в нижней части пласта и минеральных горизонтах, пирогенных морфонов. К признакам постпирогенного воздействия относятся потемнение минеральных горизонтов за счет пирогенного органического вещества, способного к активной миграции. Подзолистый горизонт пропитан жидким органическим веществом, наблюдается гидрофобизация и избыточная консолидация верхних минеральных горизонтов [1].

Увеличение содержания углерода объясняется поступлением с углеродными частицами, повышением содержания азота, обменного кальция-массивный ввод большого количества растительных остатков, образовавшихся в результате воздействия огня по дереву и другие растения.

С ростом частоты пожаров, растет содержание подвижных кальция и марганца, а фактическая кислотность, содержание калия и сульфатов десятисантиметрового слоя почвы уменьшается, что носит временный характер. Последствия наземных пожаров наблюдаются и через несколько десятков лет и выражаются в истощении питательных веществ почвы, в том числе доступных соединений фосфора и нитраты.

При пожарах в таежных биогеоценозах происходит изменение и перераспределение пула органического вещества между компонентами экосистемы: уменьшение запасов углерода и азота в подстилке при их увеличении в верхних минеральных горизонтах. Однако нужно подчеркнуть, что это увеличение запасов углерода в минеральных горизонтах сопровождается его большими пирогенными выбросами в атмосферу. Пожары приводят к изменению состава органического вещества почвы. В результате воздействия огня уменьшается содержание гидрофильных органических соединений и увеличивается содержание гидрофобных соединений. Повышение гидрофобности почв приводит к увеличению поверхностного стока и интенсификации процесса эрозии почв. Сгорание способствует увеличению содержания и доли полициклических ароматических углеводородов в пирогенных горизонтах, имеющих канцерогенными и мутагенными свойствами. Нафталин, содержание которого значительно увеличилось, также был выявлен в пирогенных морфонах на глубине более полметра [4].

Влияние пожара приводят к росту поверхностного стока и интенсификации процесса эрозии почв. Изучение долговременного воздействия показывают, что влияние огня вызывает истощение почвенного плодородия, то есть происходит истощение почвы доступными соединениями фосфора и калия, что ведет к высвобождению углерода, захороненного в минеральных горизонтах почвы, в дальнейшем увеличение концентрации парниковых газов. Пожары вызывают увеличение содержания токсичных полициклических ароматических углеводородов в почве. Все эти пирогенные изменения в почве не могут не оказывать губительного воздействия на почвенную биоту.

Список литературы

1. Агапов, А.И. Влияние пирогенного фактора на растения: история и современное состояние проблемы // Горизонты цивилизации. – 2019. – № 10. – С.24-31.
2. Афанасьева Н.Б. Березина Н.А. Введение в экологию растений. – 2011. – С.800.
3. Барталев С.А. Стыценко Ф.В. Егоров В.А. Лупян Е.А. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров // Лесоведение. – 2015. – № 2. – С.83-94.
4. Бобровский М.В. Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования // Товарищество научных изданий. – 2010. – С.359.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ФЛАВОНОИДОВ ПРИ СУШКЕ ЯГОД ОБЛЕПИХИ

**В. А. Красильников, Н. З. Дубкова, Е. Г. Хакимова, М. Г. Кузнецов,
Г. Х. Гумерова**

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
vkrasilnikov36@gmail.com

Аннотация: Ягоды облепихи являются богатейшим источником ценных компонентов, которые обладают противораковым, омолаживающим и противовоспалительным действиям, а также эффективны в лечении и профилактике желудочно-кишечных, сердечно-сосудистых заболеваний. Рассмотрены изменения состава облепихи в процессе сушки.

Ключевые слова: Облепиха, флаваноиды, сушка.

CHANGES IN THE COMPOSITION OF FLAVONOIDS WHEN DRYING SEA-BUCKTHORN BERRIES

V.A. Krasilnikov, N. Z. Dubkova, E. G. Khakimova, M. G. Kuznetsov, G. Kh. Gumerova

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Sea buckthorn berries are the richest source of valuable components that have anti-cancer, anti-aging and anti-inflammatory effects, and are also effective in the treatment and prevention of gastrointestinal and cardiovascular diseases. Changes in the composition of sea buckthorn during the drying process are considered.

Keywords: Sea buckthorn, flavanoids, drying.

Облепиха – дерево, которое широко выращивается в России, а также в Китае, США, Канаде, России, Монголии и Северной Европе (Финляндия, Польша и Германия). Исследователи [1] предположили, что риск хронических неинфекционных заболеваний можно снизить, увеличив ежедневное потребление овощей и фруктов, а ягоды облепихи богаты флавоноидами, витаминами, жирными кислотами, каротиноидами и другими питательными веществ. В последние годы ягоды облепихи пользуются большой популярностью у потребителей и привлекают все большее внимание общественности благодаря их противораковым, омолаживающим и противовоспалительным действиям, а также их эффективности в лечении и профилактике желудочно-кишечных, сердечно-сосудистых и цереброваскулярных заболеваний.

Однако тонкая кожица и высокое содержание воды (80–90 %) обуславливают очень короткий срок хранения после сбора урожая, а также подверженность микробным инфекциям, последующему гниению и порче. Длительное хранение замороженных ягод в холодильнике может привести к деградации питательных

веществ в облепихи. Следовательно, ягоды облепихи, как и большинство других сочных ягод, обычно перерабатываются в сок, чтобы сохранить питательные вещества и избежать преждевременной порчи. Однако в реальной производственной практике сушка является важным процессом, применяемым к большинству свежих ягод облепихи перед дальнейшей обработкой [2, 3]. Сушка не только продлевает срок годности свежих продуктов и снижает вес продукта для облегчения упаковки и транспортировки, но и улучшает качество продукта для облегчения последующей обработки.

Рекомендуются традиционные методы сушки для обработки ягод облепихи, включая сушку горячим воздухом, сушку на солнце или сушку в тени (сушка в проветриваемом месте без солнечного света). Кроме того, 90 % предприятий используют метод кондуктивной сушки для переработки ягод облепихи, учитывая его простоту и низкую стоимость. Однако этот метод работает за счет передачи тепла от поверхности внутрь материала посредством теплопроводности, что требует длительного времени обработки и приводит к сильному окислению питательных веществ и ухудшению качества. Инфракрасное излучение генерирует тепло за счет молекулярных колебаний или переноса электронов, а инфракрасная сушка особенно подходит для обезвоживания гранулированных материалов благодаря высокой эффективности сушки и энергоэффективности. Предыдущие исследования показали, что инфракрасное излучение может обеспечить более чем в 70 раз более высокую плотность потока энергии, чем теплопередача конвекцией, соответственно, она широко применяется в производственной практике.

В процессе сушки содержание воды в ягодах облепихи падает с 80–90 % до 10–20 %, ягоды подвергаются сильному абиотическому стрессу, ускоряющему метаболические процессы. При переходе от активного исходного состояния к более позднему постепенному распаду клеточных структур происходят множественные метаболические изменения. Примечательно, что флавоноидные соединения составляют основную подгруппу фенольных соединений в ягодах облепихи и обладают потенциальной эффективностью в профилактике и лечении хронических заболеваний, включая диабет, сердечно-сосудистые заболевания и рак. Содержание флавоноидов в ягодах облепихи составляет 1680–8590 мг/кг сырой массы, что значительно выше, чем в других фруктах и овощах. Тем не менее, мало исследований было сосредоточено на крупномасштабном обнаружении, идентификации и количественном определении флавоноидных соединений в ягодах облепихи, а метаболические пути, ответственные за изменения содержания флавоноидных соединений в ягодах облепихи, еще не описаны.

Многие исследования подтвердили, что сушка может снизить антиоксидантную способность абрикосов, перца, черники и других продуктов. Эти исследования в целом предполагают, что снижение антиоксидантной способности растительного сырья в процессе сушки в основном связано с потерей и деградацией биологически активных веществ, таких как фенолы и флавоноиды. Другие исследования также показали, что антиоксидантная способность растительных материалов, таких как имбирь и сладкий картофель, увеличивается после процесса

сушки. Реакция Майяра во время процесса сушки может производить вещества с сильной антиоксидантной способностью, такие как флавоноиды, фенолы и беталаины, тем самым увеличивая антиоксидантную способность материалов. Следовательно, важно выявить специфические изменения флавоноидов при сушке ягод облепихи.

Флавоноиды лютеолин и апигенин широко распространены в растениях и обладают противовоспалительными, противоаллергическими, антиоксидантными, противоопухолевыми и антибактериальными свойствами. Флавоноидные соединения являются наиболее хорошо изученными вторичными метаболитами, участвующими в защите растений. Растения могут активировать всю систему защиты или частичные системы защиты для защиты от изменений внешней среды, и при биотическом стрессе или стрессе окружающей среды можно наблюдать различные реакции на стресс. В ягодах облепихи выявлено 97 видов флавоноидов, относящихся к 12 классам. Ягоды облепихи в основном содержали изорамнетин-3-О-глюкозид.

Предыдущие исследования показали [1, 4], что уровни 10 основных веществ, ранжированных по содержанию, за исключением тилирозида и изорамнетина, имеют тенденцию к снижению после сушки, возможно, за счет различных механизмов. Например, чрезмерно высокие температуры могут вызвать разложение желтого гидроксифлора А через определенный период времени. Уровни флаванолов, включая галлокатехин, эпикатехин и эпигаллокатехин, снижаются после сушки, вероятно, из-за обезвоживания. Стресс от засухи изменяет внутренний метаболизм облепихи за счет эффектов, опосредованных низким внутренним водным потенциалом. Снижение катехина может быть связано с переходом от восходящего пути L-фенилаланина к фенилпропаноидам и бензоидам. Кроме того, изорамнетин, изорамнетин-3-О-глюкозид, изорамнетин-3-О-неогеспепидозид и рутин хорошо растворимы в воде, а реакция конденсации химических связей ионов гидроксония с полисахаридами клеточной стенки и целлюлозой трансформирует свободные флавоноиды в свежих ягодах облепихи на связанные флавоноиды в процессе сушки. Сушка также может вызывать окисление свободных флавоноидов пероксидазой и полифенолоксидазой до хинонов, что приводит к снижению их содержания. Однако механизм, лежащий в основе воздействия ферментов на связанные мономеры флавоноидов, нуждается в дальнейшем изучении. Снижение антиоксидантной способности сушеных ягод облепихи может быть результатом термической деградации флавоноидов в процессе сушки и последующей стрессовой реакции, баланс между оксидантами и антиоксидантами нарушается повышением температуры, концентрации кислорода и ферментативной активности, что приводит к клеточному окислительному стрессу, термическому разложению некоторых свободных флавоноидных соединений и, как следствие, снижению антиоксидантной способности облепихи.

Содержание некоторых флаванолов, в том числе 3,7,4'-тригидроксифлавона, мирицетина и кверцетина, значительно увеличилось после сушки. Повышенные уровни тилирозида и изорамнетина могут быть результатом того факта, что полифенолоксидаза и пероксидаза все еще биологически активны в процессе

сушки и могут катализировать превращение свободных флавоноидов в изорамнетин. Возможно также, что дегидратационный стресс вызывает усиление окислительных реакций в мякотной ткани ягод облепихи, а восприимчивость некоторых флавоноидов к температуре и окислению приводит к повышению экстрагируемости связанных флавоноидов, в том числе тилирозида, изорамнетина, диосметина, лютеолина, ороксина А, тангеретин, 5-О-деметилнобилетин, жацеозидин и ларицитрин после сушки.

Реакции термического разложения и окисления в процессе сушки также могут приводить к окислению катехина до хинонов и образованию ковалентных соединений между хинонами и макромолекулами. Процианидин В2 представляет собой свободный фенол, и дегидратация превращает свободные фенолы в связанные фенолы, уменьшая его содержание.

Результаты исследований показали, что содержание флавоноидов и антиоксидантная способность в сушеных ягодах облепихи были значительно выше, чем в свежих ягодах облепихи. Отсюда можно сделать вывод, что дегидратационный стресс сильно влияет на продукцию вторичных метаболитов.

Предлагается получать порошок облепихи на оборудовании [4, 5], в котором проводится вакуумная сушка с одновременным измельчением. Вакуумирование способствует увеличению испарения влаги при низких температурах для сохранения ценных компонентов исходного сырья. Перемешивание за счет вибрационного воздействия способствует выравниванию полей температуры и влажности в аппарате. Измельчение сырья мелющими телами увеличивает период постоянной скорости сушки практически до полного обезвоживания продукта.

Были проведены исследования кинетики сушки свежей облепихи и ее выжимок в вибрационной вакуумной сушилке-мельнице (ВВСМ) с целью исследования изменений химического состава исходного сырья после тепловой обработки.

Список литературы

1. David Tilman & Michael Clark / Global diets link environmental sustainability and human health // *Nature*, volume 515, pages 518–522 (2014)
2. Дубкова, Н.З. Технология получения порошка из ягод черники / Н.З. Дубкова, Э.Х. Тухбиева // *Техника и технология пищевых производств*. - 2010. - № 2 (17). - С. 65-68.
3. Dubkova, N. Using Jerusalem artichoke powder in functional food production / N. Dubkova, V. Kharkov, M. Vakhitov // *Foods and Raw Materials*. – 2021. – Vol. 9. – № 1. – P. 69-78.
4. Zhihua Geng, Jun Wang, Lichun Zhu, Xianlong Yu, Qian Zhang, Mengqing Li, Bin Hu, Xuhai Yang / Metabolomics provide a novel interpretation of the changes in flavonoids during sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) drying // *Food Chemistry*, Volume 413, 2023,
5. Патент на полезную модель № 14649 U1 Российская Федерация, МПК F26B 17/30. Вибрационная сушилка-мельница : № 2000106932/20 : заявл. 21.03.2000 : опубл. 10.08.2000 / Н. З. Дубкова, З. К. Галиакберов, Н. А. Николаев, Г. И. Иванова. – EDN JCPPCL.
6. Study of power consumption in vibromixing apparatus during Jerusalem artichoke drying / M. G. Kuznetsov, N. Z. Dubkova, V. V. Kharkov [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 072006. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072006. – EDN DLUTAL.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНОГО ИЗДЕЛИЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПОРОШКА ЧЕРНИКИ

Ю. С. Ламбакшева, Т. А. Ямашев, Н. З. Дубкова, Е. Г. Хакимова,
Г. Х. Гумерова, И. А. Гусарова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
dubkova_n@rambler.ru

Аннотация: Антоцианы получают из флавоноидов и представляют собой большой класс водорастворимых растительных пигментов, демонстрирующих широкий спектр цветового разнообразия. В последние десятилетия все больше исследований посвящено изучению защитного и стимулирующего действия антоцианов в некоторых фруктах и овощах на здоровье человека. Были проведены экспериментальные исследования по выпечке хлеба с добавлением порошка черники, исследованы свойства полученных образцов

Ключевые слова: черника, хлеб, порошок.

STUDY OF QUALITY INDICATORS OF BAKERY PRODUCTS WITH THE ADDITION OF BLUEBERRY POWDER

Yu. S. Lambaksheva, T. A. Yamashev, N. Z. Dubkova, E. G. Khakimova, G. Kh. Gumerova,
I. A. Gusarova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kazan National Research
Technological University, Kazan, Russia
dubkova_n@rambler.ru

Abstract: Anthocyanins are derived from flavonoids and are a large class of water-soluble plant pigments that exhibit a wide range of color diversity. In recent decades, more research has been devoted to the protective and stimulatory effects of anthocyanins in certain fruits and vegetables on human health. Experimental studies were conducted on baking bread with the addition of blueberry powder, the properties of the samples obtained were investigated.

Keywords: blueberries, bread, powder.

Черника богата биологически активными соединениями, в основном флавононами и другими полифенольными соединениями, которые придают сильные антиоксидантные свойства, которые приносят пользу для здоровья и заслуживают голубику титула функционального продукта питания. Антоцианы, основная часть всех фенольных соединений и самый важный подкласс флавоноидов, широко распространены во фруктах и овощах во всем мире. Кроме того, по сравнению с другими питательными веществами во фруктах содержание антоцианов в чернике высокое, что свидетельствует о высоком качестве питательных веществ фруктов как функционального продукта питания [1].

Антоцианы получают из флавоноидов и представляют собой большой класс водорастворимых растительных пигментов, демонстрирующих широкий спектр цветового разнообразия. В последние десятилетия все больше исследований посвящено изучению защитного и стимулирующего действия антоцианов в некоторых фруктах и овощах на здоровье человека. Черника, к тому же, улучшает зрение и функцию мозга, выполняя противовоспалительную функцию для ослабления прогнозируемых хронических заболеваний (таких как ожирение и диабет), просто за счет пребиотической роли, которая благоприятно регулирует микробную популяцию кишечника.

Пищевая промышленность также исследовала потенциал антоцианов в качестве натуральных красителей, поскольку возросло беспокойство по поводу потенциального неблагоприятного воздействия синтетических красителей.

Многочисленные исследования показали, что антоцианы черники могут поддерживать здоровье человека и снижать факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний. Антоцианы черники не только хорошо известны как мощные природные антиоксиданты, они также уменьшают воспаление, особенно в кишечнике, и защищают от развития сердечно-сосудистых заболеваний, ослабляя системное микровоспаление. Кроме того, эти соединения снижают риск развития диабета и ожирения.

Многие исследования показывают, что потребление черники может оказывать кардиозащитное действие. Связь между фенольными соединениями черники и сердечно-сосудистыми заболеваниями частично объясняется наличием в чернике антоцианов.

За последние несколько десятилетий были опубликованы многочисленные исследования, посвященные влиянию антоцианов черники на нервную систему человека. Эти исследования показали, что антоцианы черники способствуют положительному эффекту в случаях возрастных когнитивных нарушений, нейродегенерации и нарушений памяти. Антоцианы черники, по-видимому, оказывают благотворное влияние на зрение, улучшая, среди прочего, диабетическую ретинопатию, возрастную дегенерацию желтого пятна, ночное зрение.

С повышением уровня жизни людей все больше внимания уделяется безопасности пищевых продуктов. Перед лицом красителей, которые можно увидеть повсюду в жизни, люди, как правило, легче принимают натуральные красители, чем синтетические красители. Антоцианин является эффективным антиоксидантом и хорошим красителем. Антоцианы черничного жмыха использовались для окрашивания хлопка. Окрашивающая способность этого натурального ингредиента в кондитерских изделиях горячей обработки была подтверждена экспериментами, которые выявили его потенциал в качестве натурального пищевого красителя.

Несмотря на большой потенциал промышленного применения антоцианов, их использование было ограничено в основном из-за их относительной нестабильности и низкого извлечения при экстракции. На стабильность антоцианов и других красителей растительного происхождения влияют температура, значения pH, свет, кислород, ферменты и другие факторы. Кроме того, структура или тип

антоциана также играет решающую роль в его стабильности. Например, 3-дезоксидеоксиантоцианидины известны своей более высокой термостабильностью по сравнению с другими антоцианами. Продукты, богатые антоцианами, могут помочь улучшить общее состояние здоровья, и, если они получены из натуральных пищевых продуктов, они предоставляются в упаковке, которая включает ряд других питательных веществ. Включение отдельных или смешанных экстрактов ягод в новые пищевые продукты или напитки, такие как фруктовые напитки без добавления сахара, зерновые батончики, печенье из цельной пшеницы, хлеб и макаронные изделия, обеспечивает потенциальный подход к разработке функциональных пищевых продуктов [2, 3].

Черника все чаще потребляется в свежем виде или используется в качестве пищевых ингредиентов в различных пищевых продуктах, таких как салаты, хлопья, йогурты, соки, джемы, хлеб и пироги. Их скоропортящийся характер и сезонная доступность требуют пищевой переработки для получения круглогодичных и различных видов продукции из голубики. Начинки из черники в настоящее время широко используются в различных хлебобулочных изделиях, таких как пироги, выпечка, кексы, торты и печенье, которые потребляются почти ежедневно во многих регионах мира. Хотя переработка может увеличить разнообразие продуктов для выбора покупателя и продлить срок годности продуктов из черники, полифенолы и их соответствующие полезные для здоровья свойства чувствительны к различным видам обработки, особенно к термической обработке.

Были проведены экспериментальные исследования по лабораторной выпечке хлебобулочного изделия с добавлением порошка черники безопарным способом по рецептуре, состоящей из муки пшеничной высшего сорта, прессованных хлебопекарных дрожжей, соли, сахара. Порошок черники был получен по технологии, позволяющей максимально сохранить антоциановый состав сырья [4, 5] на лабораторной сушилке [6]. Порошок черники вносился в объеме 5 %.

Были проанализированы:

- влажность мякиша;
- кислотность хлеба;
- пористость хлеба;
- цветность хлеба;
- объем хлеба;
- органолептические показатели выпеченного хлеба.

При внесении растительной добавки черничного порошка в тесто наблюдалось увеличение пористости мякиша.

Проведенный органолептический анализ методом бальной оценки показывает, что полученный продукт набрал максимальное количество баллов и соответствует требованиям нормативной документации, отвечает всем требованиям, предъявляемым потребителям к готовым изделиям при визуальном контроле.



Рис. 1. Внешний вид хлебобулочных изделий (контрольного образца и с добавлением порошка черники)

Список литературы

1. Воронина, М. С. Антиоксидантная активность свежих ягод и продуктов их переработки на примере черники / М. С. Воронина, Н. В. Макарова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 3. – С. 33-36. – EDN TWTFEF.
2. Тенденции развития технологии кондитерских изделий / З. А. Канарская, Ф. К. Хузин, А. Р. Ивлева, В. М. Гематдинова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 3(69). – С. 195-204.
3. Применение антиоксидантов в технологии и формировании потребительских свойств обогащенной мучной продукции : Монография / З. Ш. Мингалеева, О. В. Старовойтова, С. В. Борисова, О. А. Решетник. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. – 168 с. – ISBN 978-5-7882-1599-0. – EDN ZGANRX.звестной рецептуре
4. Дубкова, Н. З. Технология получения порошка из ягод черники / Н. З. Дубкова, Э. Х. Тухбиева // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 2(17). – С. 65-68. – EDN MQPMBN.
5. Study of power consumption in vibromixing apparatus during Jerusalem artichoke drying / M. G. Kuznetsov, N. Z. Dubkova, V. V. Kharkov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 072006. – DOI 10.1088/1755-1315/640/7/072006. – EDN DLUTAL.
6. Патент № 2229340 С2 Российская Федерация, МПК В02С 17/14. Вибрационная шаровая мельница : № 2002117225/03 : заявл. 27.06.2002 : опубл. 27.05.2004 / Н. З. Дубкова, Г. И. Иванова, З. К. Галиакберов [и др.]. – EDN COEEXW.

ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭТАПОВ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА В УСЛОВИЯХ МАЛЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

М. В. Трусенёв, Д. Ф. Трусенёва, М. А. Поливанов

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
bananarama2007@yandex.ru

Аннотация: Проведены исследования по контролю качества молока, производимого в условиях крестьянско-фермерского хозяйства Трусенёва М.В. Рассмотрены вопросы технологического контроля при производстве мягких сыров. Показано, что продукция - мягкие сыры в условиях фермерского хозяйства производится из молока от швицких бурых коров которое вырабатывается в хозяйстве и отвечает требованиям ГОСТ 32263-2013 «Сыры мягкие. Технические характеристики».

Ключевые слова: контроль, качество, молоко, мягкие сыры, переработка, технология, малое фермерское хозяйство.

QUALITY CONTROL FEATURES OF SOME MILK PROCESSING STAGES IN THE CONDITIONS OF SMALL FARMS

M. V. Trusenev, D. F. Truseneva, M. A. Polivanov

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Studies have been carried out to control the quality of milk produced in the conditions of a peasant farm Trusenyova M.V. The issues of technological control in the production of soft cheeses are considered. It is shown that the products - soft cheeses in the conditions of a farm are made from milk from Swiss brown cows, which is produced on the farm and meets the requirements of GOST 32263-2013 "Soft cheeses. Specifications".

Keywords: control, quality, milk, soft cheeses, processing, technology, small farm.

В современной методике ведения фермерского хозяйства важнейшим фактором, влияющим на качество молока, является селекционная работа при формировании стада, подбор качественной кормовой базы, а также минерально-витаминных комплексов – это позволяет иметь высокопродуктивное стадо в работе и продлить период рабочей продуктивности поголовья.

Целью работы – контроль качества крестьянско-фермерского хозяйства Трусенёва М.В., являющимся в том числе и производителем мягких сыров. Продуктивность крупного рогатого скота, разводимого в КФХ Трусенёв М.В., превышает 8000 кг/год.

Наличие разных производственных этапов малого предприятия в комплексе производства и переработки молока позволяет снизить риски возникновения некачественного продукта. Так, например, молоко, получаемое на ферме,

проходит ветеринарный контроль, согласно ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия».

Наиболее целесообразные решения для повышения экономических показателей – это улучшение кормовой базы, контроль за соблюдением качества и своевременного выполнения работ по его качеству (правильная заготовка, раздача кормов); поиск энергосберегающих решений; модернизация технологии производства; соблюдение и контроль за условиями содержания животных; использование высокомолочных и устойчивых к лейкомии коров швицкой бурой породы крупного рогатого скота

В полном цикле рабочего процесса данного фермерского хозяйства получен вид деятельности, связанной с производством молока и молоко-переработкой. На предприятии вырабатываются следующие виды продукции: молоко питьевое пастеризованное, ряженка питьевая, сливки густые пастеризованные, творог, сыр мягкий, рикотта, йогурт. Приемка молока с целью ее дальнейшей переработки осуществляется в цеху. Оценка проходит в соответствии с ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия».

Согласно лабораторным экспертизам, молоко, поступающее в цех на переработку, как правило, имеет качественные показатели не ниже второго сорта, кислотность не выше 19°T , плотность не ниже 1027 кг/м^3 (рис. 1).

После приёмки молока составляются акты. Далее молоко проходит этап очистки (КТ ($T 6^{\circ}\text{C}$)) – что фиксируется в журнале. На промежуточном этапе после очистки молоко охлаждается при $T 4\pm 2^{\circ}\text{C}$ в течение 12 часов – эти данные так же вносят в журнал отчета. Далее молоко нагревают и сепарируют в теплообменнике и сепараторе-сливкоотделителе (при $T 35\text{-}45^{\circ}\text{C}$).

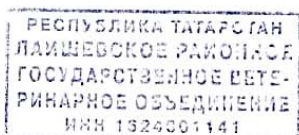
Следующий этап – приготовление в сырной ванне нормализованной смеси. Молоко нормализуют сливками в определённом соотношении для повышения жирности смеси. Далее полученную смесь пастеризуют в теплообменнике при $T (87\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Выдержка составляет 20 сек., последующая экспозиция в резервуаре – 10 мин. Процесс заквашивания и сквашивания проводится в молочном резервуаре для сыворотки в течение 1,5-2 сут. при массовой доле закваски 8-12 %. Все данные фиксируются в журнале.

Далее полученный сгусток начинают обрабатывать. Время выдержки сгустка 5-10 минут. Затем происходит формирование и самопрессование сырной массы. Самопрессования по продолжительности занимает 15-30 минут. Переворот сыра разрешен только один раз.

Соление, охлаждение и обсушка сыров - следующий этап производства. В вахтенном журнале фиксируются следующие показатели: М соль 2%; Т охлаждения $10\text{-}12^{\circ}\text{C}$.

Период охлаждения сыра, как правило, составляет 16 часов, период обсушки - одни сутки, здесь уже переворачивание один-два раза при каждой операции.

Финальными этапами являются вакуумная упаковка, маркировка, дополнительное охлаждение, хранение и транспортировка. Температура хранения ($4\pm 2^{\circ}\text{C}$). – как мы уже говорили, на всех этапах работы предприятия ведется свой журнал учёта.



ЭКСПЕРТИЗА

№ 12 от «19» января 2023 года

Лаборатория сообщает, что при физико-химическом исследовании 1(одной) пробы молока **коровьего**, доставленного «19» января 2023 г, из КФХ «Трусенев М.» с. Тетеево Лаишевского района, по сопроводительной № 6\н от «19» января 2023 г, получен следующий результат:

№	Показатели	Параметры	
		Допустимый норматив ТР/ТС 033/2013	Факт. Экспертиза № 12
1	Кислотность, °Т, не более	21	19
2	Массовая доля жира, % не менее	2,8	5,06
3	Массовая доля белка, % не менее	2,8	3,05
4	Плотность, кг/м3. не менее	1027,0	1027,77
5	СОМО, % не менее	8,2	8,51
6	Соматические клетки в 1 см ³ , не более	7,5*10 ⁵	0,90 *10 ⁵
7	Тетрациклиновая группа	не допускается (не менее 0,01 мг/кг)	не обнаружено
8	Стрептомицин	не допускается (не менее 0,2 мг/кг)	не обнаружено
9	Пенициллин	не допускается (не менее 0,004 мг/кг)	не обнаружено
10	Левомецетин	не допускается (не менее 0,0003 мг/кг)	не обнаружено
11	Сода, %	не допускается	не обнаружено
12	Добавленная вода, %	не допускается	не обнаружено
13	Перекись водорода, %	не допускается	не обнаружено
14	Аммиак, %	не допускается	не обнаружено
15	Кольцевая реакция на бруцеллёр	отрицательная	отрицательная

Рис. 1 – Акт экспертизы качества молока из КФХ Трусенев М.В.

На всех этапах ведется контроль за выполнением работ, состоянием персонала, условиями хранения, транспортировки, очистки и фильтрации производственных помещений, фиксируется в журналах контроля осмотра персонала, в листе регистрации температуры продукта и т.п..

На изученном материале можно сделать вывод, что в КФХ Трусенёв М.В. производится сыр, соответствующий требованиям ГОСТ 32263-2013 «Сыры мягкие. Технические условия».

Список литературы

1. Влияние породной принадлежности на долголетие и пожизненную продуктивность коров / Д.Н. Кольцов [и др.] // Генетика и разведение животных. – 2020. – № 2. – С. 70-77.
2. Влияние адсорбента и фитобиотика на плотность инфузорной фауны рубца и молочную продуктивность коров / Т.С. Кулакова [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – №1. – С. 38-40.
3. Чудакова, Е.А. ХАССП - как систематический подход к идентификации, оценке и контролю безопасности пищевых продуктов в молочной промышленности / Е.А. Чудакова, Е.И. Рыжков // Новые технологии. – 2015. - № 2. – С. 29-37.

АНТОЦИАНОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Г. К. Шакирова, Н. З. Дубкова, И. А. Гусарова, О. В. Азина, М. Г. Кузнецов

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
w-delia@mail.ru

Аннотация: Растительное сырье является богатейшим источником антоцианов, которые обладают антиоксидантными свойствами и оказывают терапевтическое действие на организм человека. Рассмотрен антоциановый состав различных видов растительного сырья.

Ключевые слова: антоцианы, цианидин, дельфинидин, мальвидин, пеларгонидин, пеонидин, петунидин.

ANTHOCYANIC COMPONENTS OF PLANT RAW MATERIALS

G. K. Shakirova, N. Z. Dubkova, I. A. Gusarova, O. V. Azina, M. G. Kuznetsov

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: Vegetable raw materials are the richest source of anthocyanins, which have antioxidant properties and have a therapeutic effect on the human body. The anthocyanin composition of various types of plant raw materials is considered.

Keywords: anthocyanins, cyanidin, delphinidin, malvidin, pelargonidin, peonidin, petunidin.

Антоцианы часто представляют собой химические вещества, состоящие из антоцианидина, сахаров и ацильной группы [1]. Они естественным образом присутствуют почти во всех тканях растений, включая цветы, плоды, листья, стебли и корни, и придают этим тканям цианистый цвет в качестве пигментов, содержатся в них в концентрации от 0,1% до 1,0% от сухого веса. Многие продукты нашего ежедневного рациона являются хорошими источниками антоцианов. Их благотворное влияние на здоровье изучалось в различных аспектах, включая снижение риска следующих заболеваний: рака, атеросклероза, сердечно-сосудистых заболеваний и диабета II типа. Из-за их многочисленных полезных для здоровья эффектов добавки антоцианов стали основной частью рынка пищевых продуктов. Так, были проведены исследования по выделению антоцианов из многих растений, включая плоды черной смородины, чернику, шелковицу, краснокочанную капусту и др [2, 3]. С другой стороны, выделение антоцианов из побочных продуктов сельского хозяйства также привлекает все большее внимание [4]. Например, красные вина являются хорошими источниками антоцианов, а побочный продукт красного вина — виноградные выжимки, так же содержат значительное количество антоцианов [5-7].

Пищевые флавоноиды представляют собой широкий спектр полифенольных соединений, встречающихся в природе в растительных продуктах. Сложность их структуры привела к их подклассификации на флавонолы, флавоны, флаваноны, флаван-3-олы (и их олигомеры, проантоцианидины), изофлавоны и антоцианы. Они присутствуют в значительных количествах во многих широко употребляемых фруктах, овощах и напитках.

Антоцианы являются гликозидами антоцианидинов, и в настоящее время считается, что только следующие шесть имеют отношение к рациону человека (цианидин, дельфинидин, мальвидин, пеларгонидин, пеонидин, петунидин).

Антоцианы состоят из основной структуры, которая представляет собой ион флавилия, состоящий из двух ароматических колец, связанных трехуглеродным кислородсодержащим гетероциклическим кольцом. Основная структура антоцианина включает антоцианидин, который представляет собой форму агликкона. Гликозидная форма антоцианидина приводит к образованию антоцианина. Различия в природе и количестве сахаров, связанных со структурой ядра, также являются причиной большого разнообразия антоцианов. Глюкоза, ксилоза, арабиноза, галактоза являются одними из наиболее распространенных остатков сахара, обнаруженных в антоцианах.

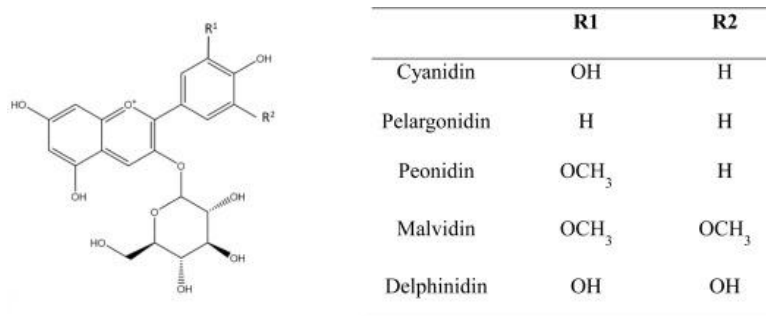


Рис. 1 - Химическая структура антоцианов.

В плодах антоцианы встречаются в виде форм пеларгонидина, цианидина, дельфинидина, пеонидина, петунидина и мальвидина, которые имеют одинаковую структуру колец А и С, но с различным количеством гидроксильных и метоксигрупп в кольцах. Помимо различных типов антоцианидинов, структура, количество и положение гликозильных или ацильных групп также могут приводить к разнообразию антоцианов, что способствует их разнообразному цвету.

Пеларгонидин является одним из основных антоцианидинов, он гидроксильрован в положении С4 кольца В и имеет оранжевый или красный цвет в фруктах. Различные гликозиды обычно присоединяются к атому кислорода в положении С3 пеларгонидина с образованием пеларгонидин - О - гликозида, такого как пеларгонидин-3- О - глюкозид и пеларгонидин-3- О - рутинозид. Среди них пеларгонидин-3- О - глюкозид распространен в фруктах, особенно в клубнике, его содержание может составлять около 90% от общего количества антоцианов. Кроме того, пеларгонидин-3- О - глюкозид также содержится в красном вино-

граде. Пеларгонидины обычно представляют собой гликозилированные или ацилированные модификации, которые накапливаются в виде дигликозидов или ацетилгликозидов в плодах для повышения их стабильности и растворимости в воде.

Цианидин является наиболее распространенным в природе антоцианидином, который имеет две гидроксильные группы на С3' и С4' кольца В. Цианидины в основном имеют красный или пурпурный цвет, из которых цианидин-3-*O*-глюкозид наиболее широко распространен в плодах. Цианидин-3-*O*-глюкозид также широко распространен в шелковице, черной смородине, яблоках и т. д. Любопытно, что цианидин-3-*O*-глюкозид является единственным присутствующим в груше китайской антоцианом, поэтому она может быть хорошим источником цианидин-3-*O*-глюкозида. В яблоках высокое содержание цианидин-3-*O*-галактозида, пигмента, в первую очередь ответственного за красную окраску яблок. Кроме того, цианидин-3-*O*-рутинозид в изобилии содержится в спелых сливах. Цианидиндигликозиды и производные ацетилгликозидов менее распространены в антоцианах по сравнению с цианидинмоногликозидами. Было продемонстрировано, что цианидин-3-(6"-малонил)-глюкозид является одним из основных антоцианов красного апельсина и ежевики. Более того, цианидин-3-(6"-ацетил)-глюкозид есть в сливе.

В отличие от пеларгонидина и цианидина, дельфинидин имеет три гидроксильные группы в положениях С3', С4' и С5' кольца В и способствует фиолетовому или синему цвету. Дельфинидин-3-*O*-глюкозид является наиболее широко распространенным дельфинидином в чернике, вишне и клюкве. Дельфинидин-3-*O*-рутинозид обнаружен в бананах и черной смородине. Среди дельфинидиндигликозидов и производных ацетилгликозидов наиболее характерными антоцианами являются дельфинидин-3,5-диглюкозид в гранате, дельфинидин-3-(6"-ацетил)-глюкозид в чернике, а также дельфинидин-3-(6"-кумароил)-глюкозид в красном винограде.

Пеонидин получают из цианидина путем одиночного *O*-метилирования в положении С3', что вызывает легкий эффект покраснения. Пеонидин-3-*O*-глюкозид является наиболее распространенным пеонидином, который обильно распространен в чернике, и его содержание различается у разных сортов. Например, пеонидин-3-*O*-глюкозид является наиболее распространенным пеонидином, который широко распространен в голубике. Пеонидин-3-*O*-глюкозид также содержится во многих других фруктах, таких как кизил, виноград. Пеонидин-3-*O*-рутинозид в основном распространен в абрикосе и чубушнике. Среди дигликозидов и ацилгликозидов пеонидина в плодах пеонидин-3,5-диглюкозид широко распространен в яблоках и винограде. В винограде также обнаружен пеонидин-3-(6"-кумароил)-глюкозид.

Петунидин получен из дельфинидина путем одиночного *O*-метилирования в положении С3'. Петунидины являются основными источниками темного цвета плодов, таких как петунидин-3-*O*-глюкозид в винограде, петунидин-3-*O*-диглюкозид в винограде конкорд и петунидин-3-*O*-рутинозид черники. Было продемонстрировано, что петунидин-3-*O*-глюкозид является основным производным петунидина, который является одним из основных антоцианов китайских

дикорастущих ягод. В отличие от моногликозидов петунидина, дигликозиды и ацилгликозиды петунидина имеют меньше видов и распределений. Небольшие количества петунидин-3-(6"-ацетил)-глюкозида, петунидин-3,5-диглюкозида и петунидин-3-(6"-кумароил)-глюкозида обнаружены в винограде.

Мальвидин получен из дельфинидина путем двойного *O*-метилирования в положениях С3' и С5', который является самым красным индивидуальным антоцианидином. Среди моногликозидов мальвидина пигментом, в первую очередь ответственным за окраску винограда, является мальвидин-3- *O* - глюкозид, который также является наиболее широко распространенным мальвидином в других фруктах. В то время как мальвидин-3- *O* - галактозид имеет самое высокое содержание среди сортов голубики, он также обычно накапливается в клюкве и голубике. Мальвидин-3- *O* - арабинозид широко распространен во многих ягодах, таких как черника и клюква. Мальвидин-3- *O* - рутинозид характерен для плодов черники и винограда.

Антоцианы всегда обнаруживались в кожуре спелых фруктов, таких как черешня, виноград и различные ягоды, тогда как в мякоти они обнаруживались редко. Кроме того, мы также обнаружили, что черника является одним из самых богатых источников антоцианов. В чернике комбинация различных агликонов и антоцианов более разнообразна, образуя больше видов антоцианов. Поэтому выбор черники в качестве объекта исследования антоцианосодержащего сырья является перспективным и показательным.

Список литературы

1. Arpita, Basu. Blueberries Decrease Cardiovascular Risk Factors in Obese Men and Women with Metabolic Syndrome / Arpita, Basu Mei Du, Misti J. Leyva, Karah Sanchez, Nancy M. Betts, Mingyuan Wu, Christopher E. Aston, Timothy J. Lyons // The Journal of Nutrition, Volume 140, Issue 9, 2010, Pages 1582-1587
2. Дубкова, Н.З. Технология получения порошка из ягод черники / Н.З. Дубкова, Э.Х. Тухбиева // Техника и технология пищевых производств. - 2010. - № 2 (17). - С. 65-68.
3. Dubkova, N. Using Jerusalem artichoke powder in functional food production / N. Dubkova, V. Kharkov, M. Vakhitov // Foods and Raw Materials. – 2021. – Vol. 9. – № 1. – P. 69-78.
4. Iaqi Tan, Yanmei Han, Bo Han, Xiangmei Qi, Xu Cai, Shaoqin Ge, Hongkun Xue, Extraction and purification of anthocyanins: A review, Journal of Agriculture and Food Research, Volume 8, 2022, 100306
5. Тухбиева, Э.Х. Технология пищевых порошков из отходов ликероводочного производства / Тухбиева Э.Х., Дубкова Н.З., Галиакберов З.К., Шарафутдинов В.Ф., Николаев А.Н. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2010. № 2-3 (314-315). С. 57-59.
6. Дубкова, Н.З. Влияние формы и поверхности мелющих тел на кинетику сушки в технологии пищевых порошков / Н.З. Дубкова, В.Ф. Шарафутдинов, А.Н. Николаев // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2010. - № 7. - С. 8-11.
7. Дубкова, Н.З. Закономерности движения компонентов загрузки в вибрационной сушилке-мельнице / Н.З. Дубкова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2012. - № 12. - С. 39-41.

Секция 9

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

DEVELOPMENT OF AN INSTANT FOOD PRODUCT FOR INDUSTRIAL WORKERS

A. F. Gaisina, R. S. Gataullin, T. Yu. Gumerov

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

tt-timofei@mail.ru

Abstract: *The paper presents a product designed to feed people working with radioactive substances and ionizing radiation. The effectiveness of the proposed composition is characterized by the anti-radiation properties of the ingredients included in the composition in the optimal amount and ratio. This product can be recommended as an additional component of dietary and therapeutic nutrition for radiation damage and free radical oxidation of the human body. The presence of a sulfur-containing amino acid - cysteine determines the radiation protective properties of the product and provides an antitumor effect.*

Keywords: *nutrition, quality, cereal bars, occupational diseases.*

The rules and conditions for the free issuance of healthful and dietary nutrition or other equivalent food products are approved in the manner established by the Government of the Russian Federation. Working conditions are recognized as dangerous after a special assessment of jobs or on the basis of certification, if it took place before 1.01.2014 (the results are valid for 5 years). This innovation is aimed at improving the control of the situation by the state. In accordance with Federal Law No. 426 of December 28, 2013, a special assessment of working conditions is carried out by independent experts: laboratories accredited by the Ministry of Labor.

People working in difficult industrial conditions need increased support for their health, as the body is subjected to enormous loads. The risk of getting an occupational disease, weakening of the immune system, and general state of health is increasing. The legislator and doctors have developed a special set of measures to support the health of specialists. One such protective measure is special nutrition and special benefits. After all, it is the food that a person consumes that affects his metabolism and state of health.

Currently, urgent issues are protection from radioactive radiation and search for their sources. Radiation is an invisible and especially insidious enemy. People who have been living in infected areas for decades may not be aware of the danger. The effect of radiation on the body gradually manifests itself in the form of heart rhythm failures and the appearance of cancer. The cause of such pathologies, as a rule, is considered stress, smoking, a disordered lifestyle, and poor heredity. Usually no one thinks about the fact that somewhere nearby there is a source of radioactive infection.

Healthful and dietary nutrition is provided under harmful (dangerous) working conditions for those employees of the enterprise whose professions (positions) are listed in order No. 46n of 16.02.2009, and who perform work in such conditions for at

least half of the working day (shift). In addition, healthful and dietary nutrition is issued: to workers who perform various repair, start-up and other types of work in buildings, where working conditions have an increased risk to humans; employees who are on sick leave due to a professional illness (outside the hospital) or have received disability while working in dangerous conditions; workers temporarily transferred from premises with dangerous conditions to other types of work for health reasons. For those employees who were transferred to another job due to occupational disease or received disability in hazardous work, additional meals are required for a period not exceeding 1 year.

The imperceptible effects of radiation last for years. Radiation protection may be necessary for everyone. Blood taken for analysis makes it possible to establish the status - “irradiated” or “injured”. These terms describe the degree of damage to everyone who came in contact with radiation. Radiation does not always affect the body immediately. Some effects of exposure to radiation reveal themselves only after a few years. In this case, it is important to have documentary evidence of “irradiated” status. The natural radiation background should be 0.10-0.20 mSv/h. But if the dosimeter shows 0.3 mSv/h or more, it should be perceived as a cause for alarm.

The radiation dose that can cause acute radiation sickness can only be obtained in radiation accidents at nuclear reactors or in the zone of use of nuclear weapons. So, with uniform one-off event exposure, the threshold dose for the occurrence of acute radiation sickness is 1 Sievert. The first symptoms of acute radiation sickness are nausea, vomiting, lethargy, apathy, lack of desire to move (adynamy). This condition is also called primary radiation reaction. The early symptoms that occur immediately after exposure depend on the dose received by the person. The higher the radiation dose, the first sign occurs earlier and the more pronounced and prolonged it is. This is followed by a period of imaginary well-being and the height of the disease, when the main symptoms of radiation sickness are associated with a violation of the cellular structures of the body.

Studies have shown that people who have professional contact with ionizing radiation (radiation) can develop leukemia and various undesirable biological effects. A large dose causes certain (deterministic) symptoms, which in general are called radiation sickness. Small doses of radiation lead to various random (stochastic) changes in the human body, which can occur in both short and long periods (genetic, oncological and other diseases).

With radiation sickness in the human body, the functioning of physiological systems is disrupted, and certain cellular structures are destroyed. This disease manifests itself in a multicomponent and multilevel state. There is acute and chronic radiation sickness caused by external and internal radiation, the accumulation of radionuclides in various tissues.

TINRO-center experts recommend simple and affordable ways to prevent radioactive contamination. The best sorbents and iodine-containing products are provided by the sea.

The first remedy that the Japanese began to use is dried seaweed powder. In the fight against radiation, seaweed is useful as a dietary supplement, in the Far East salad or in dried form. Algae contain iodine and the most important trace elements,

moreover, in the form in which radioactive isotopes are displaced, trying to integrate into human metabolism. The sorbing properties of algae bind and remove toxins. At the same time, the substances of seaweed work gently, starting to remove dangerous cesium and strontium first. And algae iodine does not accumulate in the body to dangerous conditions - the thyroid receives exactly as much as it needs.

In addition, pectin contained in all domestic fruits and berries (gooseberries, currants) also effectively removes isotopes from the body. The Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 20 dated January 24, 2000 "On the implementation of the guidelines for the organization of sanitary and hygienic and healthful and dietary measures for large-scale radiation accidents" outlines measures for the use of iodine prevention by the population. Iodine prophylaxis protects the thyroid gland from the negative effects of radioactive isotopes, preventing deterministic and reducing stochastic effects.

According to the approved order No. 298n dated May 16, 2022, the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation approved and agreed with the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare:

- a list of certain types of work, during the performance of which employees are provided with therapeutic and preventive nutrition free of charge according to established standards;
- norms of free distribution of vitamin preparations;
- norms and conditions for the free delivery of therapeutic and preventive nutrition.

The chemical composition of the proposed diet should include 59 g. proteins, 51 gr. fat, 159 gr. carbohydrates, the energy value should be 1380 kcal.

In view of the foregoing, the authors of the article proposed a Grain product for nutrition of those working with carbon disulfide, iation, for which the Russian Federation patent №. 2750121 was obtained (published on June 6, 2021, bull. №. 18).

The composition of the proposed food product is enriched with ingredients that block the ionization of atoms and molecules of tissues with the formation of free radicals when exposed to radiation on the human body. As a result, a radiation protective effect and acceleration of the removal of radioactive substances from the body through the intestine is ensured. The cooking process includes the alternate combination of grain ingredients (oat bran, wheat fiber, buckwheat flour, sesame seeds, and pumpkin seeds), chopped dried apricots and raisins with fruit and vegetable mass and butter-honey component. The resulting composition is baked in a special form at a temperature of 180 degrees for 15-20 minutes. Then, the ready-made cereal cake is cooled and cut into bars of the appropriate weight.

Thus, the composition of this product includes radiation protective components of food, proteins of high biological value, ingredients enriched with sulfur-containing amino acids, dietary fiber that can bind and effectively remove radionuclides from the body.

A food product can be an additional source of necessary food components with a high content of grain (cereal) dimension and provide a lack of energy value in the nutrition of individuals when working with radioactive substances and ionizing radiation.

Список литературы

1. Габдукаева Л.З., Нигъмэтзянова Г.Г. Исследование физико-химических показателей качества молочных десертов с ягодными наполнителями // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2018. № 4 (71). С. 82–88.
2. Маслов А.В., Мингалеева З.Ш., Решетник О.А. Применение грибного порошка вёшенки обыкновенной для активации прессованных хлебопекарных дрожжей // Индустрия питания. 2020. Т. 5. № 4. С. 38-44.
3. Savelyeva E.V., Zinurova E.E., Mingaleeva Z.S., Maslov A.V., Starovoitova O.V., Borisova S.V., Reshetnik O.A. The study of the possibility of using the additive of plant origin for improvement the quality of yeast and wheat bread // Journal of Environmental Treatment Techniques. 2019. Т. 7. № Special Issue. С. 1036-1040.
4. Muraveva E. V., Sibgatulina D. Sh., Chabanova A. A. Reducing environmental risks during the operation of water development facilities using optronic monitoring equipment J. Quality and life. 2016. № 3. P. 76–79.
5. Shakirova A. I. Proc. Int. Conf on Sendai Framework Program for Disaster Risk Mitigation for 2015-2030. 2016. №1 P 191–197.

CREATION OF A FOOD PRODUCT RECIPE FOR PERSONS WORKING IN HAZARDOUS WORKING CONDITIONS

A. B. Gurova, G. I. Shafigullina, T. Yu. Gumerov

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

tt-timofei@mail.ru

Abstract: *The paper presents a food product intended for the nutrition of those working with mercury and its inorganic compounds. Efficiency consists in the ability to neutralize mercury compounds, convert them to an inert form, have a neutralizing effect and cleanse the body. The composition of the product includes ingredients that reduce the processes of intoxication with mercury and its inorganic compounds, as well as reduce the main symptoms and stages of mercury poisoning (chronic mercury poisoning with constant exposure to metal vapors or its compounds).*

Keywords: *nutrition, quality, cereal bars, occupational diseases.*

In case of healthful and dietary meals under harmful working conditions, Russian legislation provides for various measures to protect workers whose activities are associated with conditions that negatively affect their health. Healthful and dietary meals is the release of certain foods and vitamins intended for people working in harmful and dangerous conditions, which help minimize the effects of harmful substances on humans and contribute to the speedy removal of toxins and other toxic substances from the body. Depending on the type of work performed, Healthful and dietary meals consist of: dairy products; hot meals on special diets; vitamin complexes or products enriched with vitamins and minerals. The need to provide additional free meals for workers is indicated in art.222 of the Labor Code of the Russian Federation. It is part of a set of labor protection measures for workers in harmful and hazardous industries.

Currently, working conditions are divided into several classes. Such a separation directly depends on the presence of risk factors for life and the degree of danger to which workers are exposed:

The first class (optimal working conditions) is the most “harmless” class. It is assumed that in this case, nothing threatens human health, so he works at the limit of his physical abilities.

The second class (permissible working conditions) - in this case, employers provide the employee with a break during which he regains his strength. It is believed that nothing will happen to the health of the worker and his descendants in the near or distant future.

The third class (harmful working conditions) - work in negative conditions for humans. The worker's well-being is affected by various negative factors, which are also divided into four degrees, depending on the measure of influence on the human body.

The fourth class (hazardous working conditions) - working conditions which the government considers to be extreme. A person's life is exposed to deadly risks, and serious occupational diseases may develop, which can take a severe form. For example, professions such as miner, radiologist, oncologist, and others are considered dangerous to health.

Nutrition for the treatment and prevention of diseases associated with physiological nutritional standards. The main food and biologically active components necessary for the human body and associated with metabolic disorders due to harmful factors should be provided to employees of enterprises with adverse working conditions. Prevention of diseases associated with professional activities is an important state and medical task. To solve it, various hygienic, sanitary-technical and biomedical measures are carried out, which are aimed at preventing a number of diseases that arise due to exposure to harmful substances in the workplace. The nutrition of a preventive nature is based on the following principles:

- the use of antidote food components corresponding to harmful factors, as well as their action;
- accelerating the metabolism and elimination of toxic substances with a slowdown in their absorption in the gastrointestinal tract;
- increasing the overall resistance and functional ability of severely affected organs;
- compensation of increased costs that relate to biologically active substances due to the detoxification of toxic elements and the effects of negative components.

Healthful and dietary products are received by: Employees of manufacturing enterprises, as well as those performing construction, installation and repair work. Employees of organizations involved in cleaning and preparing equipment before repair or preservation in workshops. Persons who have received a disability due to an occupational disease. Employees who were previously on medical nutrition and for some time transferred to another place of employment due to the primary manifestations of occupational diseases for up to one year. Women working in production on maternity leave – until the end of it. Female employees of organizations that have children, who have not reached the age of one and a half years, if their work is associated with harmful factors, are entitled to a preventive nutrition until the child is one and a half years old.

Under industrial conditions, mercury poisoning is becoming more common. Mercury poisoning is most often observed in workers whose activities are related to mining or using it in the manufacture of measuring instruments, x-ray tubes, mercury medicines, etc. Mercury is a substance of the first hazard class (GOST 12.1.005-88), which tends to evaporate at room temperature and enter the human body by inhalation. Mercury exists in several forms: liquid metal, steam, and solid metal (at temperatures below 30 degrees). Inhalation of mercury vapor to the lungs leads to its accumulation in the blood, where it remains unchanged for a certain time. Gradually, mercury forms compounds with blood proteins that are partially excreted in the urine, biological secrets, and through the intestines.

A significant amount of mercury is deposited in the parenchyma organs, the brain (here the highest concentration of this substance is observed). An almost exclusive accumulation of metal is observed in the basal nuclei, the midbrain region. Due to

the ability of mercury to circulate in the cerebrospinal fluid, the vascular plexuses and the cerebral cortex itself are irritated. Mercury can enter the human body:

- at all stages of mining, cleaning, production and use of this metal (especially in case of safety violations, air conditioning failures, insufficient cleaning - mercury poisoning at work);
- at power plants;
- in the production of pesticides including mercury, X-ray tubes, thermometers and other devices;
- in medical institutions, first-aid posts, rooms where devices with mercury are used;
- at home (mercury poisoning with broken thermometers).

Three methods for the penetration of mercury are considered:

1. Aspirating way (poisoning by mercury vapor) - the most dangerous way.
2. Orally (by mouth) with dirty hands or when contaminated seafood is consumed. Because fish and shellfish tend to accumulate mercury.
3. Transcutaneous (through the skin).

Most often, mercury enters the body by aspiration, reacts with proteins, and in the form of complexes of albuminates travels through the bloodstream. After oxidative reactions, the metal transforms into mercury dichromate, and at the end of the chemical reaction into mercury chrome albuminate. Over time, part of the mercury is excreted by the kidneys, liver and through saliva. And the remaining amount is deposited in the parenchyma, lungs and bones.

Chronic mercury intoxication develops slowly, several years after the onset of contact with mercury. There are several consecutive stages of pathology (Kussmaul, 1861).

1. Irritable weakness syndrome - emotional instability, increased fatigue, memory impairment, sleep formula disorders - insomnia, sleep inversion. Typical for this stage is the tremor of the fingers of outstretched hands, first transient, with an increase in amplitude and duration. The excitability of the autonomic nervous system increases (pulse lability, blood pressure, disturbance of the oculo-cardiac reflex, bright red dermatography). The early symptoms of intoxication include mercury stomatitis, gingivitis with the formation of a blue-black border on the gums, hair loss, and brittle nails. Intoxication, which has a latent course, can worsen with acute infection or various other stressful effects on the body. Symptoms are reversible with timely treatment.

2. The symptom of mercury erythrism is the occurrence of severe excitement, anxiety in the presence of strangers, and the inability to perform normal work, a vaso-vegetative reaction (facial flushing, sweating, and palpitations). At this stage, the tremor intensifies, becomes constant, and spreads to the lower extremities, in a state of excitement it looks like hyperkinesia. Timely active treatment reduces symptoms.

3. Mercury encephalopathy with symptoms of intense headache and insomnia. Large amplitude tremors of the upper and lower extremities, head, chorea-like hyperkinesia, dynamic ataxia, chanted speech, nystagmus, hyperreflexia with pathological reflexes are observed. In some cases, polyneuropathy occurs with a predominant lesion of the ulnar nerve. Treatment includes the evacuation of the victim from the contaminated area and spa treatment with healthful and dietary meals.

It is known that the effect of metallic mercury vapor (which may mainly be due to the development of occupational intoxication with mercury) is significantly different from the action of its salts. In case of poisoning with mercury salts (mercuric chloride, mercury nitrate, calomel, explosive mercury) in the clinical picture, usually the most pronounced changes are in the excretory organs – the kidneys and liver.

Inhalation of air, which contains mercury vapor in a total concentration of 0.25 mg/m^3 , leads to the accumulation of metal in the lung tissues and this is due to its specific effect on the human body. At higher concentrations, mercury can be absorbed through the skin. Chronic or acute poisoning develops depending on the duration of mercury intake and its quantity. Micro mercury poisoning is referred to a separate category.

The first symptoms of acute poisoning are noted a couple of hours after direct contact with the metal: headache; general weakness; metallic taste; pain when trying to swallow something; lack of appetite; nausea; vomiting; swelling and bleeding of the gums; salivation. A little later occurs: mucous diarrhea with blood and severe pain in the abdomen; shortness of breath and cough - the addition of inflammation of the lung tissue, severe chills, chest pain, catarrh of the respiratory tract; also characterized by hyperemia with an increase in temperature to $38-40$ degrees; the presence of mercury in the urine (determined by examination).

If any situation, that carries the risk of exceeding the permissible concentration of mercury in the air, develops you need to invite a special accredited laboratory and take measurements (standard - not more than 0.0003 mg/m^3). The maximum permissible concentration of mercury in the air of working premises is 0.01 mg/m^3 .

For complex treatment, they resort to prescribing of Nootropics that improve blood supply to the brain, and also improve metabolic processes in neurons.

The authors of the work proposed a Cereal bar for nutrition of those working with amino and nitro compounds of benzene, for which a Russian Federation patent № 2712697 was obtained (published on January 30, 2020, bull. №4).

According to the approved order No. 298n dated May 16, 2022, the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation approved and agreed with the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare:

- a list of certain types of work, during the performance of which employees are provided with therapeutic and preventive nutrition free of charge according to established standards;
- norms of free distribution of vitamin preparations;
- norms and conditions for the free delivery of therapeutic and preventive nutrition.

The chemical composition of the proposed diet should include 63 g. proteins, 50 gr. fat, 185 gr. carbohydrates, the energy value should be 1481 kcal.

The proposed food product is enriched with ingredients that can reduce the processes of mercury intoxication, reduce the main symptoms and stages of mercury poisoning, and also effectively adsorb heavy metals, converting them to an inert form and remove them from the body. The process of preparing a cereal product consists in preparing a mixture of oat bran, wheat fiber, rice flour, sesame seeds, peanuts, dried dates

and raisins. Then add chopped beets, dried rosehips fruit and seaweed, chlorella powder, cilantro. Next, strawberry fruit puree, coconut flakes, butter and honey are entered. After that, all dry and liquid components are thoroughly mixed. The resulting mass is distributed in a baking dish, kept for 15-20 minutes and baked in the oven at a temperature of 180° for 15-20 minutes. After that, the obtained cereal cake is cooled and cut into bars weighing 30g.

Thus, the composition of this product includes proteins, dietary and fruit fibers, as well as vitamins of groups B and C, which are able to block the flow of mercury into the human body. A food product can be an additional source of necessary food components and provide a lack of energy value in the nutrition of individuals when working with mercury and its inorganic compounds.

Список литературы

1. Лечебно-профилактическое питание. [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный: https://studopedia.ru/1_84750_lechebno-profilakticheskoe-pitanie.html. – (Дата обращения: 20.07.2021).
2. Savelyeva E.V., Zinurova E.E., Mingaleeva Z.S., Maslov A.V., Starovoitova O.V., Borisova S.V., Reshetnik O.A. The study of the possibility of using the additive of plant origin for improvement the quality of yeast and wheat bread // Journal of Environmental Treatment Techniques. 2019. T. 7. № Special Issue. С. 1036-1040.
3. Muraveva E. V., Sibgatulina D. Sh., Chabanova A. A. Reducing environmental risks during the operation of water development facilities using optronic monitoring equipment J. Quality and life. 2016. № 3. P. 76–79.
4. Маслов А.В., Мингалеева З.Ш., Решетник О.А. Применение грибного порошка вёшенки обыкновенной для активации прессованных хлебопекарных дрожжей // Индустрия питания. 2020. Т. 5. № 4. С. 38-44.
5. Абакумова Ю.В. Новая технология лечебно-профилактического питания работающих во вредных и особо вредных условиях труда как часть комплексной профилактики вредного воздействия производственной среды // Вестник медицинского института РЕАВИЗ. 2013. № 1. С. 33-43.

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЫКВЫ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ

А. С. Арефьева, Ю. О. Балабанов

ГБПОУ «Самарский техникум кулинарного искусства», г. Самара, Россия

arana7@mail.ru

Аннотация: Работа посвящена экспериментальной оценке эффективности использования пюре тыквы для повышения биологической ценности хлеба. Определено влияние добавления протёртой тыквы на подъёмную силу дрожжей, кислотность теста и время брожения. Проведены микробиологический, химический анализ ингредиентов рецептуры. Разработанный хлеб является функциональным инновационным продуктом, содержащим только полезные для здоровья ингредиенты, без химических добавок.

Ключевые слова: дрожжи, протёртое пюре тыквы, мальтазная и зимазная активность, функциональный инновационный продукт.

SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF THE USE OF PUMPKIN IN BAKING TECHNOLOGY

A. S. Arefyeva, Yu. O. Balabanov

Samara Technical School of Culinary Art, Samara, Russia

Abstract: The paper is devoted to the experimental evaluation of the effectiveness of using pumpkin puree to increase the biological value of bread. The effect of the addition of mashed pumpkin on the lifting power of yeast, the acidity of the dough and the fermentation time was determined. Microbiological and chemical analysis of the ingredients of the formulation was carried out. The developed bread is a functional innovative product containing only healthy ingredients, without chemical additives.

Keywords: yeast, mashed pumpkin puree, maltase and zimase activity, functional innovative product.

Введение. В настоящее время особое внимание уделяется разработке и внедрению в хлебопекарной области новых инновационных технологий с целью повышения качества хлебобулочных изделий.

Цель исследования: совершенствование технологии хлебобулочных изделий, обладающих высоким качеством и безопасностью с применением протертого пюре тыквы.

Актуальность и практическая значимость работы заключается в том, что хлеб в России является основным продуктом питания, а его качество не всегда соответствует предъявляемым требованиям. Исследованиям в области обеспечения качества и безопасности хлебной продукции посвящены многие работы наших соотечественников [1,5,6]. Однако и до настоящего времени данная проблема пока еще не решена. Основные задачи работы:

1. провести сравнительный анализ химического состава тыквенного сырья как источника биологически активных веществ, способных повысить качество и безопасность хлебобулочных изделий и оценить возможность их включения в рецептуры хлеба;

2. провести физико-химические, микробиологические исследования влияния используемого пюре протёртой тыквы на культуры дрожжей и параметры тестоприготовления;

Материалы и методы исследований. В ходе исследования были проанализированы показатели химического состава трёх сортов тыквы – Русская серая, Витаминная мускатная и Баттернат. Использовали сырье - мука пшеничная (ГОСТ 26574 – 2017) хлебопекарная высшего сорта «Алексеевская», производитель ООО «Самарские мельницы», Самарская область, Кинельский район, с. Сырейка; дрожжи прессованные хлебопекарные расы *Saccharomyces cerevisiae* высокоактивные «Традиционные дрожжи Люкс», производитель ООО «Комбинат пищевых продуктов», г. Тульская область, г. Узловая; полуфабрикаты и выпеченные из них готовые хлебобулочные изделия. Применяли микробиологический, физико-химический, органолептический анализ. Данная работа позволит рекомендовать подобранные надежные соотношения и оптимальные характеристики тыквенного сырья при получении функциональных инновационных хлебопродуктов.

Результаты исследований и их обсуждение.

Польза тыквы для организма человека определяется содержанием в ней каротиноидов, лютеина, зеаксантина. Из них в организме синтезируется витамин А. Чем ярче мякоть, тем больше их в плоде. В тыкве содержатся витамины группы В, в ней много калия (в сыром плоде, по данным [12] может быть до 340 мг на 100 г). Как показывают исследования ученых, богатая калием диета нормализует кровяное давление и снижает риск инсульта.

Мякоть тыквы богата флавоноидами – антиоксидантами растительного происхождения, защищающими клетки организма от повреждений. В ней также много мягкой растворимой клетчатки, которая способствует улучшению пищеварения. Люди, которые едят много продуктов, содержащих бета-каротин, могут иметь более низкий риск некоторых видов рака. Кроме того, лютеин и зеаксантин снижают риск опасного заболевания глаз – возрастной дегенерации.

Некоторые тыквы могут горчить, это связано с содержанием в них соединения кукурбитацина. Причиной его накопления могут быть чрезмерная жара и недостаточный полив при выращивании. По словам исследователей [12], кукурбитацины обладают комплексом положительных свойств. Среди них противоопухолевые, противовоспалительные, антимикробные, антигельминтные свойства. Ученые активно изучают действие этих соединений. Однако горькую тыкву лучше не есть: известны случаи пищевого отравления.

Комплекс биологически активных веществ из тыквы (каротиноиды, токоферолы, фосфолипиды, стерины, насыщенные, ненасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты — пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая используются для создания лекарственного препарата «Тыквеол».

Определяющим фактором, формирующим возможность использования тыквенного сырья в хлебопекарном производстве, являются входящие в его состав полезные вещества, способные повысить качество и безопасность хлеба. Учитывая это, проанализировали химический состав тыквенного сырья, который оказался очень разнообразен [5,6,12].

Показатели качества плодов тыквы представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Показатели качества плодов тыквы

Сорт тыквы	Массовая доля сухих веществ, г/100 г	Массовая доля сахаров, г/100г	Массовая доля витамина С, мг %	Титруемая кислотность, град	Массовая доля пектиновых веществ, г/100 г	Массовая доля бета-каротина, мг %
Русская серая	7,80	5,80	11,50	0,10	1,02	8,00
Витаминная мускатная	7,50	6,30	10,50	0,07	1,00	9,00
Баттернат	8,70	8,80	12,80	0,07	1,05	9,00

Таблица 2

Химический состав плодов тыквы разных сортов, %

Сорт тыквы	Крахмал	Клетчатка	Фитостеролы	Жирные кислоты (пальмитиновая и стеариновая)	Олеиновая, линоленовая кислоты	Кальций	Витамин Е (токоферол)	Кукурбитин	Магний	Фосфор
Русская серая	15,0	17,2	11,0	25,0	45,0	0,54	1,06	10,0	12,0	25,0
Витаминная мускатная	15,5	17,1	10,9	45,2	47,0	0,55	1,08	10,0	13,1	31,2
Баттернат	15,0	18,0	22,1	50,0	48,0	0,55	1,08	11,0	13,0	35,0

Наиболее ценные показатели биологически активных веществ преобладали в тыкве сорта Баттернат. Данная культура превосходит другие сорта по содержанию бета-каротина и пектиновых веществ, отличается сладким вкусом мякоти, обладает ореховым привкусом, маслянистая. Кроме того, тыква содержит фитостеролы 22%, аскорбиновой кислоты 12,8% допустимого суточного рациона, 50% жирных масел (триглицериды пальмитиновой, стеариновой, олеиновой и

линоленовой кислот), смолистые вещества, витамины группы В, Е, токоферолы, микроэлементы (ионы калия, кобальта, ванадия, меди, кремний) [7].

Из анализа химического состава тыквы видно, что используемый компонент пюре является наиболее богатым по содержанию основных пищевых и биологически активных веществ, что способно повысить качество и безопасность хлебобулочных изделий. Такая добавка не только улучшает биологическую и пищевую ценность, но и выполняет эстетическую функцию, придавая изделиям характерный цвет и аромат.

Использовали приёмы производства, которые позволяют сохранить как можно больше биологически активных веществ. Подготовку тыквы к переработке осуществляли в следующей последовательности: мытьё плода, очистка от кожицы и семян, нарезка средними кусками и выдерживание их в течение 1 ч в заливке (вода с лимонной кислотой).

Водорастворимые витамины группы В устойчивы при нагревании в кислой среде, а в щелочной и нейтральной среде разрушаются на 20-30%, частично они переходят в отвар. Самые большие потери тиамина и пиридоксина имеют место при комбинированном нагреве (тушении). Высокая сохранность обеспечивается кратковременной тепловой обработкой и незначительным количеством вытекающего сока. Устойчивость пигмента каротина при тепловой обработке сильно зависит от его концентрации.

Если тыква запечённая, то в ней сохраняются до 80% полезных веществ. Запекание проводили в духовом шкафу при температуре 180 С. Затем из запеченной охлажденной тыквы получали пюре измельчением через терку.

Для определения влияния тыквенного пюре на пищевую, биотехнологическую ценность хлебобулочных изделий проводили пробные лабораторные выпечки.

Было три направления исследования. Контрольный (образец №1) – общепринятая рецептура выпечки пшеничного хлеба; внесение 5% тыквенного пюре от массы муки при замесе теста (образец №2) и добавка 10% тыквенного пюре от массы муки при замесе теста (образец №3).

В ходе исследования нами была определена подъёмная сила [8,10] дрожжей, титруемая кислотность, продолжительность времени брожения и температура теста во время брожения всех трёх образцов.

В таблице 3 представлены микробиологические и физико-химические результаты нашего исследования.

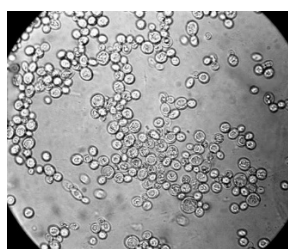
Из данных таблицы видно, что подъёмная сила дрожжей увеличивается с введением в тесто пюре тыквы по отношению к контрольному образцу.

Наличие органических кислот в тыкве и сахаров, которые используются в процессе брожения способствуют накоплению в тесте титруемых кислот. Кислотность теста образца №3 оказалась немного выше. Молочная кислота теста при взаимодействии с другими компонентами обуславливает характерный вкус и аромат выпекаемых изделий, а добавленная тыква способствует ускорению процесса кислотонакопления. Как следствие мякиш лучше переваривается.

**Микробиологические и физико-химические показатели качества
исследуемой опары**

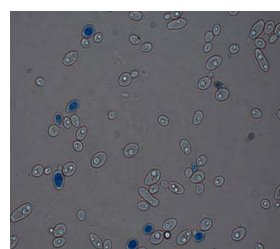
Образец опары	Микробиологические и физико-химические показатели				
	Микроскопиро- вание гликогена в культуре (качественно)	Подъёмная сила, мин	Титруемая кислотность, град	Продолжи- тельность брожения теста, мин	Температура теста во время бро- жения, С
Образец №1 (кон- троль)	+	40	1,8	60	30
Образец №2 (5% пюре тыквы)	+	42	1,9	65	29
Образец №3 (10% пюре тыквы)	+	45	2,0	65	28

В контрольном образце №1 отмечаем интенсивное созревание теста. Введение в рецептуру протертой тыквы время брожения увеличивает. Допускаем, что это связано с отсутствием клейковинных белков в тыкве. Увеличение объёма теста происходило медленнее, поэтому время брожения увеличилось. Температура теста во время брожения находилась в пределах нормы у всех образцов. Добавка тыквенного пюре увеличивает содержание в тесте легкобродящих углеводов, являющихся дополнительным питанием для микроорганизмов, что также подтверждается микробиологическим исследованием на гликоген. Микробиологическое определение [8,10] гликогена подтверждает высокую мальтазную и зимазную активность дрожжей (Рис. 1).



**Микроскопия зимазной активности
дрожжей**

(увеличение в 400 раз)



**Микроскопия мальтазной активности
дрожжей**

(увеличение в 400 раз)

Рис. 1. Микробиологическое исследование качества ингредиентов рецептуры

При проведении пробных лабораторных выпечек, было установлено, что добавление в тесто пюре тыквы приводит к улучшению основных показателей качества хлеба.

Мякиш хлеба с применением тыквенного пюре имеет более равномерную тонкостенную пористость, приятный вкус и аромат по сравнению с другими образцами. Добавка в количестве 5 % обеспечивает получение готовых изделий с хорошими органолептическими свойствами, воздушным мякишем, привлекательным цветом с золотистой корочкой, обогащает витаминами, пектиновыми и

минеральными веществами, позволяет снизить количество вносимого сахара. При оценке внешнего вида и вкусовых качеств хлебобулочные изделия с добавлением 5 – 10% протертого пюре тыквы имели слегка сладковатый вкус с гармоничным привкусом тыквы и имели приятный слабо ощутимый запах тыквы. По структуре мякиш более эластичный при добавлении тыквенного пюре, чем в контрольном образце. Предполагаем, что оказали влияние на эластичность пектиновые вещества за счет изменения структуры клейковинных белков.

Результаты исследования по классической методике [2,3,10] представлены в таблице 4 и на рисунке 2.

Таблица 4

Оценка качества хлеба

Показатели качества хлеба	Характеристики показателей качества хлеба		
	Образец №1 (контроль)	Образец №2 (5% пюре тыквы)	Образец №3 (10% пюре тыквы)
Влажность, %	32,5	33,7	35,0
Кислотность, ⁰	2,0	2,1	2,2
Органолептические характеристики			
Внешний вид	Правильной формы, выпуклая.	Правильной формы	Правильной формы
Состояние пористости	Поры плотные, крупные развиты	Поры тонкие, равномерные мелкие	
Состояние корки	Корка гладкая без трещин и разрывов	Корка гладкая без трещин и разрывов, золотистая	Корка гладкая без трещин и разрывов, золотистая
Вкус и аромат	Не ярко выраженный, хлебный	Слабо ощутимый аромат тыквы, сладковатый вкус	Слабо ощутимый аромат с гармоничным привкусом сладкой тыквы



Образец №1 (контроль)



Образец №2
(5% пюре тыквы)



Образец №3
(10% пюре тыквы)

Рис. 2. Пористость хлеба

На основе результатов исследования можно сделать вывод, что при разработке рецептур функциональных хлебобулочных изделий необходимо учитывать разновидности используемых сортов овощных культур. Содержание биологически активных веществ в тыквенном сырье зависит от сорта.

При получении пюре тыквы необходимо придерживаться технологий, сохраняющих полезные свойства культуры. Дозировка пюре тыквы 5 – 10 % к

массе муки позволяет получить изделия, обогащенные бета-каротином, пектиновыми веществами, улучшая качество продукта.

Заключение. Проведённые исследования доказывают целесообразность и эффективность применения протертого пюре тыквы для повышения качества и безопасности хлебобулочных изделий.

Разрабатываемый нами «Хлеб тыквенный» является функциональным продуктом, содержащим только полезные для здоровья ингредиенты, без химических добавок. Употребление данного хлеба позволит людям придерживаться здорового образа жизни, а также расширить круг полезных, вкусных и доступных продуктов. В перспективе продолжаем исследования в направлении внедрения на рынок тыквенного хлеба как нового инновационного продукта.

Список литературы

1. Н.В. Степычева, С.Н. Петрова. Разработка функциональных хлебобулочных изделий: теория и практика. Учебное пособие. Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2017. – 165 с.
2. Чижова О.Г., Коршенко Л.О. Технология производства хлеба и хлебобулочных изделий – М.: Юрайт, 2020 г, 177 с.
3. Сизенко, Е. И. Наука и качество хлебобулочных изделий / Е. И. Сизенко // Хлебопечение России. - 1997. - №3. - С. 4.
4. Пищевые добавки для повышения качества хлеба и улучшения сроков хранения / Р. Д. Поландова, Ф. Н. Кветный, А. Н. Стребыкина и др. // Хлебопечение России. - 2002. - №1. - С. 20 - 21.
5. Исследование возможностей использования тыквенного пюре в хлебопечении / Е.Ю. Ухина, О.Б. Мараева // Индустрия хлебопечения. – 2012. - №3 (12). – С. 50 – 53.
6. Химия. Большой энциклопедический словарь/Гл. ред. И.Л. Кнунянц. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2000 г. – 792 с.
7. Отосина В.Н. Практические работы по товароведению продовольственных товаров. Изд-во «Феникс», Ростов-на-Дону, 2003 г, 285 с.
8. ГОСТ 26574-85. Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. - Взамен ОСТ КЗ СНК 8467/265; введ. 01.07.86 до 01.07.97. - М.: Изд-во стандартов. 2017.- 6 с.
9. Красникова Л. В., Кострова И. Е. Микробиология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств: Учеб. пособие. - СПб.: СПбГУНиПТ, 2001. - 81 с.
10. Программа «Шеф Эксперт» в соответствии с ГОСТ 31987 -2012.
11. Хусид С.Б. Физиолого-биохимические аспекты подбора сортов тыквы для использования в кормопроизводстве: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. с/х. наук/ Хусид Светлана Борисовна; ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет». – г.Краснодар, 2013. - 23 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗЕРНОВОГО ХЛЕБА ИЗ ПОЛБЫ

Д. Р. Галиуллина, С. В. Китаевская, О. А. Решетник

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
darya.kamartdinova@mail.ru

Аннотация: В работе проведено исследование качества тестовых полуфабрикатов и зернового хлеба из полбы, в технологии приготовления которых применялась стадия ферментации диспергированной зерновой массы путем внесения заквасок молочнокислых бактерий. Установлено, что применение штаммов р. *Lactobacillus* позволяет улучшить органолептические, физико-химические и реологические характеристики зернового хлеба из полбы.

Ключевые слова: полба, зерновой хлеб, молочнокислые бактерии, закваска, качество.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF SPELT GRAIN BREAD

D. R. Galiullina, S. V. Kitaevskaya, O. A. Reshetnik

Kazan national research technological university, Kazan, Russia
darya.kamartdinova@mail.ru

Abstract: The study of the quality of dough semi-finished products and cereal spelt bread, in the technology of preparation of which the stage of fermentation of dispersed grain mass by adding lactic acid bacteria starters was used. It was found that the use of *Lactobacillus* strains improves organoleptic, physico-chemical and rheological characteristics of spelt grain bread.

Keywords: spelt, grain bread, lactic acid bacteria, sourdough, quality.

Введение зернового хлеба из полбы в рацион питания населения позволяет увеличить доступность пищевых веществ, которые положительно влияют на работу человеческого организма.

Зерно полбы является ценным источником растительного белка, ненасыщенных жирных кислот и клетчатки. Помимо этого, оно богато витаминами группы В, Е, К, РР, макро- и микроэлементами. Благодаря своему химическому составу зерно полбы применяется в технологии приготовления продуктов питания специализированного и лечебно-профилактического назначения. Употребление зерна полбы благотворно влияет на иммунитет, позволяет нормализовать уровень сахара в крови, улучшить работу сердечно-сосудистой, нервной, эндокринной, репродуктивной и пищеварительной систем человеческого организма.

Важно отметить, что продукты, изготовленные из полбы, рекомендуются для диетического и лечебно-профилактического питания людей с аллергией на

глютен (целиакия). Это связано с тем, что клейковина полбы не вызывает аллергической реакции пищеварительного тракта.

В настоящей работе зерно полбы является перспективным видом сырья для производства зернового хлеба повышенной пищевой ценности. Анализ научно-технической литературы свидетельствует о том, что цельнозерновой хлеб обладает характерные органолептические свойства - низкие показатели удельного объема, формоустойчивости, а также липкий мякиш.

Применение заквасок молочнокислых бактерий в технологии зернового хлеба помогает улучшать качество тестовых полуфабрикатов и готовых изделий.

Объектами исследования явились штаммы молочнокислых бактерий *p. Lactobacillus acidophilum* (опыт 1), *p. Lactobacillus fermentum* (опыт 2) и *p. Lactobacillus casei* (опыт 3) на технологию приготовления хлебобулочных изделий из цельного зерна полбы. Характеристика используемых культур молочнокислых бактерий приведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика используемых культур молочнокислых бактерий

Свойство	L. acidophilum Опыт - 1	L. fermentum Опыт - 2	L. casei Опыт - 3
Форма и величина клеток	палочки, (1-х0,6-1) мкм	палочки, (2-3х0,5-1) мкм	палочки, (2-4х 0,7-1) мкм
Форма и величина колоний	мелкие, куполообразные, беловатые	мелкие, округлый, белые	мелкие, выпуклые, беловатые, блестящие
Оптимальная температура роста, °С	30-32	37-40	30-32
Предельная температура роста, °С	15-40	20-48	15-45
Тип молочнокислого брожения	гомоферментативное	гетероферментативное	гомоферментативное

Исследуемые штаммы молочнокислых бактерий хорошо размножаются в широком диапазоне температур от 15 до 48 °С, оптимальная температура роста 30-37 °С. Благодаря ранее проведенным исследованиям представленные молочнокислые характеризуются высокой антагонистической активностью по отношению к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам, которые способны вызывать порчу сырья и готовой продукции в условиях длительного хранения.

В исследовательской работе предлагается технология приготовления хлеба, в которой перед этапом замеса теста вводится стадия ферментации зерновой массы в течение 4 часов путем внесения штаммов молочнокислых бактерий. Экспериментальные данные свидетельствуют о значительном увеличении коли-

чества клеток молочнокислых бактерий в процессе ферментации, а также снижении активности амилалитических и протеолитических ферментов зерна, что позволяет улучшить стабильность качества полуфабрикатов и готовой продукции.

По результатам исследования свойств тестовых полуфабрикатов выявлено, что применение заквасок молочнокислых бактерий позволяет ускорить процесс кислотонакопления и, следовательно, сократить процесс брожения.

Качественные характеристики зернового хлеба из полбы свидетельствуют о положительном влиянии применения штаммов молочнокислых бактерий в технологии зернового хлеба. Результаты оценки физико-химических показателей качества зернового хлеба из полбы представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели качества зернового хлеба из полбы

Показатели качества	Контроль	<i>L. acidophilum</i> Опыт - 1	<i>L. fermentum</i> Опыт - 2	<i>L. casei</i> Опыт - 3
Влажность, %	50	50	50	50
Пористость, %	61,5	62,2	65,3	63,1
Кислотность, град.	3,8	5	5,2	4,2
Удельный объем, см ³ /г	1,6	1,7	1,9	2
Формоустойчивость, %	0,23	0,28	0,29	0,27

Наблюдается повышение значений содержания кислотности опытных образцов по сравнению с контролем в среднем на 26 %, что позволяет в перспективе предотвратить развитие заболеваний и порчи готовых изделий. Проведенные экспериментальные исследования также свидетельствуют об улучшении у образцов с применением заквасок показателей удельного объема, формоустойчивости и пористости, которые являются основными показателями качества хлеба.

В ходе исследования также была проведена органолептическая оценка опытных образцов. Внешний вид опытных образцов хлебобулочных изделий представлен на рисунке 1.

Выявлено, что образцы хлеба с применением заквасок обладали улучшенными вкусовыми характеристиками: поверхность изделий без трещин и разрывов, окраска корок от коричневого до темно - коричневого, эластичный мякиш, тонкая и однородная пористость, интенсивный вкус и аромат. Наилучшую органолептическую оценку качества имели образцы зернового хлеба с добавлением штамма молочнокислых бактерий *p. Lactobacillus fermentum* (опыт 2).

На следующем этапе экспериментальной работы проводили определение реологических характеристик мякиша хлеба с использованием «Структурометра СТ-2». Установлено, что опытные образцы с применением заквасок обладают наилучшими показателями пластической и упругой деформации по сравнению с

контролем. Использование заквасок молочнокислых бактерий в технологии приготовления хлебобулочных изделий из зерна полбы позволяет улучшить реологические показатели в 1,5 раза по сравнению с контролем.

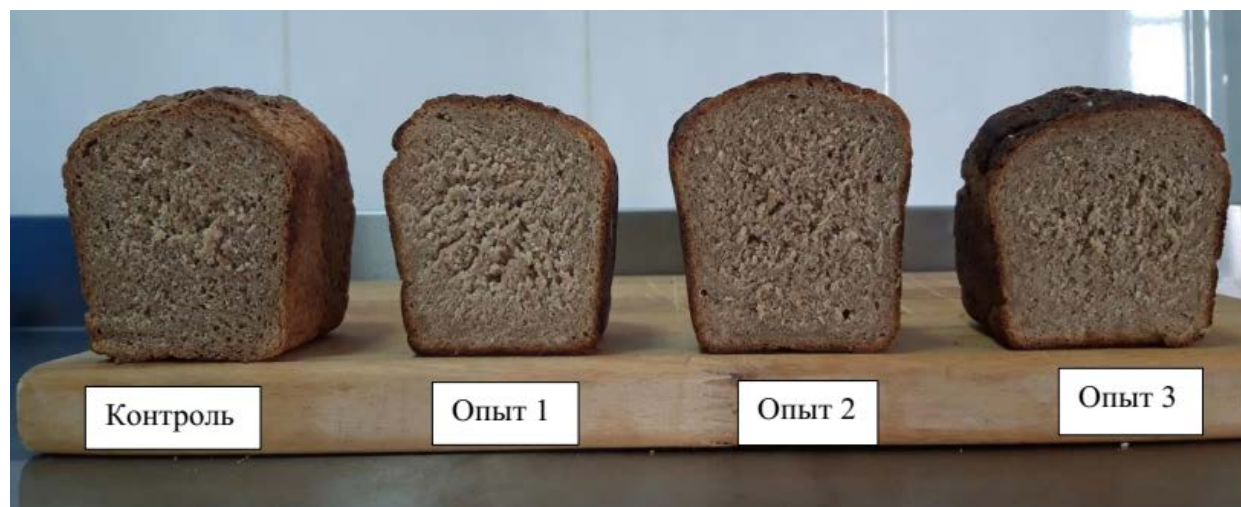


Рис. 1. Внешний вид опытных образцов хлебобулочных изделий

В исследовательской работе также проведено исследование влияния штаммов молочнокислых бактерий на микробиологические показатели зернового хлеба из полбы. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3

Изменение микробиологических показателей в процессе хранения зернового хлеба

Показатели качества	Контроль	<i>L. acidophilum</i> Опыт - 1	<i>L. fermentum</i> Опыт - 2	<i>L. casei</i> Опыт - 3
через 24 ч хранения				
КМАФАнМ	$(24 \pm 3) \times 10^2$	$(44 \pm 5) \times 10$	$(18 \pm 3) \times 10$	$(22 \pm 4) \times 10$
Плесени	< 10	< 10	-	-
Дрожжи	< 10	< 10	-	-
через 72 ч хранения				
КМАФАнМ	$(31 \pm 5) \times 10^3$	$(11 \pm 3) \times 10^2$	$(79 \pm 6) \times 10$	$(54 \pm 5) \times 10$
Плесени	< 10	< 10	-	-
Дрожжи	< 10	< 10	-	-

Результаты исследования демонстрируют низкую микробиологическую обсемененность образцы хлеба с применением ферментированной зерновой по сравнению с контрольным образцом.

Таким образом, в результате данной исследовательской работы выявлено, что применение в технологии зернового хлеба из полбы заквасок молочнокислых бактерий позволяет улучшать физико-химические, органолептические и микробиологические показатели качества.

Список литературы

1. Нижельская, К.В. Пищевая ценность и использование пророщенного зерна полбы / К.В. Нижельская, О.Г. Чижилова, Л.О. Коршенко // Вестник РГАТУ. – 2018. - № 3(39). – С. 151-156.
2. Еникеев, Р.Р. Применение заквасок в хлебопечении / Р.Р. Еникеев, А.Г. Кашаев, А.В. Зимичев // Известия вузов. Пищевая технология. – 2010. - №2-3. – С.7-9.

ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Г. А. Гасимова, А. А. Сергеева, А. Н. Волостнова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г.Казань, Россия
e-mail: gulshat.gasimova@mail.ru

Аннотация. Исследования направлены на повышение биологической ценности хлебобулочных изделий и обогащение их пищевыми волокнами, витаминами и минеральными веществами, за счет увеличения содержания полиненасыщенных жирных кислот, белков и пищевых волокон. Разработана оптимальная рецептура и способ приготовления пшеничного хлеба из проростков пшеницы без использования муки и дрожжей, с добавлением солода ржаного, семян льна и подсолнечника.

Ключевые слова: проростки пшеницы, семена льна и подсолнечника, ржаной солод, соплодия хмеля.

BAKERY PRODUCTS OF FUNCTIONAL PURPOSE FROM SPROUTED WHEAT GRAIN

G. A. Gasimova, A. A. Sergeeva, A. N. Volostnova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Summary: The research is aimed at increasing the biological value of bakery products and enriching them with dietary fibers, vitamins and minerals, by increasing the content of polyunsaturated fatty acids, proteins and dietary fibers. An optimal recipe and method for making wheat bread from wheat sprouts without the use of flour and yeast with the addition of rye malt, flax seeds and sunflower seeds has been developed.

Keywords: wheat germs, seeds of flax and sunflower, rye malt, hop yeast (fresh sour).

Государственная политика в области здорового питания направлена на обогащение пищевого рациона (в том числе хлебобулочных изделий) дефицитными веществами, используя для этого так называемые функциональные ингредиенты и создавая продукты функционального назначения.

Повышение пищевой ценности хлеба и булочных изделий осуществляется в настоящее время по четырем направлениям:

- создание способов производства хлеба из целого зерна; выработка тонкодиспергированной муки из целого зерна пшеницы и использование ее в хлебопечении позволит обогатить хлеб естественными витаминами и минеральными веществами;

- использование различных полезных пищевых добавок; в качестве обогатителей в хлебопекарной промышленности широко применяют молочные продукты (молоко натуральное и сухое, молочную пахту и сыворотку), перспективным белковым обогатителем служат соевая и гороховая мука;

- получение принципиально новых хлебных продуктов из нетрадиционного сырья хлебопекарного производства (использование картофельного, кукурузного крахмала и других продуктов);

- создание специализированных диетических изделий с заранее заданной пищевой ценностью и определенным химическим составом для людей, страдающих различными заболеваниями [1].

Учитывая, что хлебу принадлежит исключительно важное место в питании человека, уделяется большое внимание обогащению хлеба функциональными добавками, придающими ему лечебные и профилактические свойства. Повышая пищевую ценность хлебобулочных изделий, можно целенаправленно воздействовать на здоровье человека и его трудоспособность. В качестве перспективных компонентов для создания функциональных пищевых продуктов практический интерес представляет растительное сырье, в составе которого находится большое количество витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и пищевых волокон [2, 3, 4]. Хлеб из муки – один из главных продуктов питания в России. При помоле в муку из зерна удаляются самые ценные компоненты: зародыш, алейроновый слой и многослойные оболочки. Из неё удалены почти все витамины, минеральные вещества и пищевые волокна. Аминокислотный состав белка у такой муки очень беден и не сбалансирован. Хлеб из пророщенного зерна не имеет перечисленных недостатков. Известно, что семена пшеницы в момент прорастания меняют свои свойства. В процессе роста в составе злака начинают интенсивно действовать ферменты, отвечающие за расщепление белков, крахмала и жиров в полезные элементы. Лечебные свойства пророщенной пшеницы делают ее лекарством от многих болезней. Однако, чтобы добиться максимального эффекта, необходимо правильно употреблять этот продукт. Измельченные ростки чаще всего добавляют в хлебобулочные изделия. Как известно, до открытия хлебных дрожжей хлеб пекли, используя закваски. В настоящее время применение качественных заквасок при производстве позволяет не только придать хлебу особый вкус и аромат, но и способствует увеличению срока хранения хлеба, повышению устойчивости к картофельной болезни и плесневению [2, 3, 5]. В данной работе исследования направлены на повышение питательной ценности хлебобулочных изделий за счет увеличения содержания полиненасыщенных жирных кислот, белков и обогащения их пищевыми волокнами, витаминами и минеральными веществами.

Цель настоящей работы: разработка технологии производства хлебобулочных изделий функционального назначения из пророщенного зерна пшеницы без использования муки и с добавлением растительных компонентов.

Работа выполнена на кафедре технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Казанская ГАВМ имени Н.Э. Баумана».

Объект исследования: технология производства хлеба из пророщенного зерна пшеницы. Для проведения патентных исследований определен предмет поиска. Предмет поиска: «Технология производства хлеба из пророщенного зерна пшеницы». При приготовлении хлеба были использованы: зерно пшеницы сорта «Экада», соль поваренная пищевая по ГОСТР 51574-2000, вода питьевая по СанПин 2.1.4.1074-01, семечки подсолнечника очищенные СТО 17983107-001-2013, хмель сорта «Ранний Московский» ГОСТ 21947-76, семена льна ГОСТ 10582-76. Исследования качественных показателей хлеба проведены по следующим стандартам и методикам: - органолептические показатели хлеба по ТУ 9113-001-96886020-2009;- физико-химические показатели хлеба по ТУ 9113-001-96886020-2009;- определение влажности по ГОСТ 21094-75;- определение кислотности по ГОСТ 5670-96;- определение пористости по ГОСТ 5669-86;-метод пробной лабораторной выпечки по ГОСТ 27669-88. Для приготовления массы из проростков пшеницы зерно промывали, замачивали и проращивали: промытое зерно насыпали слоем не более 2 см и заливают водопроводной водой так, чтобы над поверхностью зерна слой воды был не более 0,1 см в течение 24-36 ч при комнатной температуре (20°C). При появлении проростков 1,5-2 мм зерно промывали. Измельчение проведено с помощью мясорубки с мелкой перфорацией выходных отверстий. За основу была взята рецептура производства хлеба из пророщенного зерна пшеницы с добавлением дрожжей. В опытном варианте: дрожжи исключили из рецептуры, закваску на отваре хмеля, добавили солод ржаной, семена льна и подсолнечника. Технологический процесс был представлен следующими этапами: 1) подготовка сырья; 2) приготовление закваски; 3) приготовление опары; 4) замес теста; 5) разделка теста; 6) брожение теста+расстойка; 8) выпечка; 9) укладка, хранение готовых изделий.

Для приготовления водного отвара 60 г сухих шишек хмеля смешивали с 1 л воды и кипятили на водяной бане в течение 15 мин, с последующим настаиванием смеси не менее 1 ч. Затем смесь процеживали и отжимали, в полученный водный отвар хмеля вносили зерновую смесь в количестве 300 г для образования смеси густоты сметаны, смесь выдерживали в термостате при температуре 35°C в течение суток. Готовность определяли при появлении на поверхности мелких пузырьков, при этом смесь в процессе брожения периодически перемешивали для обогащения ее кислородом [6]. Готовность новой закваски определяли по кислотности (от 9 до 10 градусов), либо готовили из «спящей» в соотношении 90: 60: 100 с добавлением цельнозерновой муки и воды, выбраживали при температуре 30-35°C. Приготовление опары. В готовую закваску добавляли половину зерновой массы и выбраживали при температуре 30-35°C 90-120 минут. Готовность опары определяли по кислотности, установленной технологическим режимом и органолептически. Объем готовой опары должен увеличиться примерно в 1, 5 раза. В готовую опару внесли раствор соли, растительные компоненты, замесили тесто до получения однородной массы, разделили на заготовки нужной массы, уложили в смазанные формы, накрыли пищевой пленкой и отправили тесто на брожение и расстойку. Продолжительность расстойки 90-120 минут при температуре 35°C.

Выпечка производилась при температуре 220-230°C, время выпечки - 20-30 минут. Готовый хлеб при выемке из печи смачивали водой.

По органолептическим и физико-химическим показателям хлеб экспериментальный соответствует требованиям ГОСТ 25832-89 Изделия хлебобулочные диетические. Технические условия. влажность 46,5%, пористость 56, кислотность - 4. Употребление 100 г зернового хлеба с добавлением растительных компонентов обеспечивает суточную потребность человека в (%): белках -19,7, жирах - 5,0 , углеводах -14,4, пищевых волокнах – 66,0. Употребление 100 г зернового хлеба с добавлением растительных компонентов обеспечивает суточную потребность человека в витаминах : РР – на 14,8 %, В₁ – на 21,8 %, В₆ – на 12 %, Е –32,3 %, ; в макро и микроэлементах : в магнии –на 20,7 %, калии –23,2 %, фосфоре –37,9 %, железе – 11,9 %, меди -28,5 %, марганце - 30 %. Производство хлеба из проростков пшеницы с добавлением растительных компонентов экономически выгодно. Рентабельность производства хлеба составляет 44%.

Заключение. Проведенные исследования, наглядно показывают что, замена дрожжей на хмелевую закваску и внесение в рецептуру растительных компонентов, делает хлебобулочные изделия функциональными[5,7], а так же повышает рентабельность производства, при этом имея низкую себестоимость.

Проведенные исследования дают основание рекомендовать внедрение в практику производство хлебобулочных изделий из проростков пшеницы с добавлением растительных компонентов с целью расширения ассортимента изделий функционального назначения.

Список литературы

1. Пучкова, Л.И Технология хлеба./ Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева – СПб.: ГИОРД, 2005. – 559 с.
2. Басырова, Э.З. Производство пшеничного хлеба с добавлением проростков пшеницы/ Э.З. Басырова//Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи «Современные проблемы и тенденция развития агропромышленного комплекса», Казань 2017 г. Казань. С.180-182.
3. Староверов, Ю.Г. Производство оздоровительных сортов хлеба путем прямой переработка зерна без стадии мукомольного процесса / Ю.Г. Староверов Материалы III научно-практической конференции «Целебная сила ржи». Москва, 2016.- 14-16 с.
4. Габдрахманов, Р. Ф. Технология производства хлебобулочного изделия с добавлением корня солодки / Р. Ф. Габдрахманов // Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК : Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи, Казань, 30 мая 2019 года. – Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2019. – С. 265-268.
5. Ганеева, А.А. Технология производства пшеничного хлеба на закваске с добавлением проростков пшеницы / А.А. Ганеева, Г.А. Гасимова // 3-я Междун. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых «Наука молодых - будущее России» сборник научных статей Курск. 11-12 декабря 2018 г., Т 5.- С. 129 - 132.
6. Патент РФ № 2012149536/13, 20.05.2014. Способ производства зернового хлеба повышенной пищевой ценности // Патент России № 2516598.
7. Зайнуллина, Л.Х. Творог с добавлением амарантовой муки / Л.Х. Зайнуллина, М.К. Гайнуллина // 3-я Международная науч. конф. перспективных разработок молодых ученых «Наука молодых - будущее России» сборник научных статей Курск. 11-12 декабря 2018г., Т 5.- С. 136-139.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА БАТОНЧИКА ДЛЯ БЫСТРОГО ПЕРЕКУСА

Т. С. Голубева, В. Г. Каткасова, А. Н. Гуляева, М. С. Воронина

ФГБОУ ВО «Самарский Государственный Технический университет»,
г. Самара, Россия
tanchesssko15@yandex.ru

Аннотация: Проведены исследования по разработке технологии батончика на основе взрывного сырья. Приведены результаты физико-химических исследований полученных продуктов. Результаты физико-химического анализа полученных зерновых батончиков свидетельствует о функциональности продуктов, включенных в состав. Приведена рецептура и технологическая схема зернового батончика.

Ключевые слова: взрывное сырье, батончик, быстрый перекус, химический состав, технологическая схема, рецептура.

DEVELOPMENT OF THE RECIPE COMPOSITION OF A BAR FOR A QUICK SNACK

T. S. Golubeva, V. G. Katkasova, A. N. Gulyaeva, M. S. Voronina

«Samara State Technical University», Samara, Russia

Abstract: Research has been carried out on the development of a bar technology based on explosive raw materials. The results of physico-chemical studies of the obtained products are presented. The results of the physico-chemical analysis of the obtained grain bars indicate the functionality of the products included in the composition. The recipe and technological scheme of a grain bar are given.

Key words: explosive raw materials, bar, quick snack, chemical composition, technological scheme, recipe.

Здоровье – это самое важное для человека и общества. Сбалансированное питание – одно из главных условий сохранения и укрепления здоровья [2].

Потребность человека в пище, с точки зрения физиологии, является жизненно необходимой, насколько бы не был загружен график человека в течение дня, время на перекус все же находится. Взрослые люди могут устроить небольшой кофе-тайм с кусочком шоколада, студент перекусить булкой с газировкой в перерыве между парами, школьник съесть школьную пищу в столовой. Сфера услуг настолько развита в наше время, большое количество супермаркетов в шаговой доступности от работы, учебы, существуют различные доставки еды, где можно получить вкусный обед в течение часа, что очень удобно, но совсем не полезно. В спешке люди питаются фастфудом, кондитерскими изделиями, пьют газировки и большое количество кофе, что очень пагубно влияет на здоровье, в том числе на избыточный вес.

Проблема в питании в настоящее время – некачественные продукты, это зависит от сырья, технологии обработки и приготовления. Решить проблему можно, создав продукты питания, сбалансированных по химическому составу, пищевой и энергетической ценностью [1].

Задачей нашего исследования являлась разработка состава и рецептуры батончика из взрывного сырья, имеющего высокую энергетическую ценность для быстрого насыщения, с целью внедрения его на рынок для быстрого и вкусного перекуса.

Объектом исследования являлся зерновой батончик, полученный в промышленной лаборатории. В качестве сырья для его приготовления были использованы следующие продукты: сахар (ГОСТ 33222-2015), патока крахмальная (ГОСТ 33917-2016), сухое молоко (ГОСТ 33629-2015), рис (ГОСТ 6292-93) и гречка (ГОСТ 5550-2021), взорванные с помощью пушки для взрыва зернового сырья, кокосовое масло (ГОСТ 10766-64). Сырье было подобрано таким образом, чтобы в нем содержалось достаточное количество питательных веществ, а также высокая энергетическая ценность.

Для производства батончика предусматриваются 3 основные стадии приготовления: приготовление основного сиропа-связки, взрыв зернового сырья с помощью технического оборудования – пушки для взрыва зернового сырья, смешивание готового сиропа со взрывным сырьем.

Готовый батончик был исследован по следующим показателям качества: содержание сухих веществ и влаги (по ГОСТ 5897-90), содержание сахара (по ГОСТ 5903-89), определение массовой доли жира (по ГОСТ 31902-12) (табл. 1).

Таблица 1

Физико-химические показатели батончика из взрывного сырья

Показатель	Значение
Массовая доля сухих веществ, %	6
Массовая доля сахарозы, %	20,7
Массовая доля жира, %	42

Энергетическая ценность готового батончика составила 183 ккал на 30г.

Также, готовый батончик прошел органолептическую оценку среди 23 опрошенных людей, которая была оценена высокими показателями (см. табл. 2.).

Таблица 2

Органолептическая оценка батончика из взрывного сырья

Блюдо	Показатели				
Зерновой батончик	Внешний вид	Цвет	Аромат	Вкус	Консистенция
	4,4	4,8	5	4,4	4,8

С учетом особенностей технологии приготовления батончика, была разработана технологическая схема, которая представлена на рис. 1.

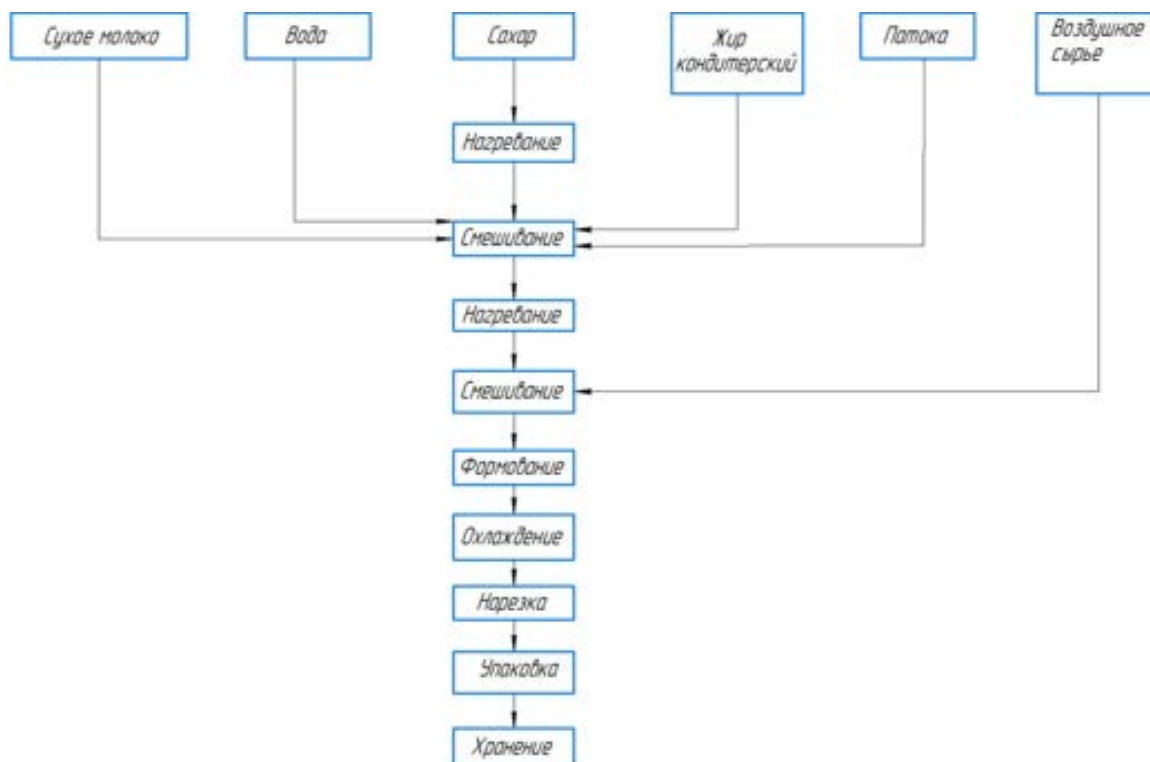


Рис. 1. Технологическая схема приготовления зернового батончика

На рис. 2. представлен внешний вид зернового батончика.



Рис. 2. Внешний вид зернового батончика

Вывод: была произведена разработка технологии производства батончика из взрывного сырья, проведена органолептическая оценка среди 23 опрошенных людей, которая показала, что батончик обладает приятными как вкусовыми качествами, так и внешним видом. Физико-химические характеристики показали, что батончик является достаточно калорийным и питательным, сбалансированным, содержит большое количество сахара и имеет высокую энергетическую

ценность. Также была разработана и составлена технологическая схема батончика из взрывного сырья.

Список литературы

1. Присухина Наталья Викторовна, Ергош Лариса Георгиевна, Ковальчук Наталья Николаевна Разработка рецептурного состава батончиков для перекуса // Вестник КрасГАУ. 2021. №7 (172).
2. Алексеенко Елена Викторовна, Петрова Анастасия Андреевна, Рубан Наталья Викторовна, Бакуменко Олеся Евгеньевна Разработка рецептурной композиции функционального снекового батончика на основе растительных ингредиентов // Health, Food & Biotechnology. 2021. №4.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

Д. Т. Исхакова, Ю. К. Кукаркина, Л. З. Габдукаева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Российская Федерация,
e-mail: carramba@bk.ru

Аннотация: С целью повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий рассмотрена возможность использования ягодного порошка в технологии хлебобулочных изделий. Изготовлены экспериментальные образцы изделий с повышенным содержанием клетчатки и минеральных веществ.

Ключевые слова: рецептура, хлебобулочные изделия, пищевая ценность.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF BAKERY PRODUCTS OF INCREASED NUTRITIONAL VALUE

D. T. Ishakova, Y. K. Kukarkina, L. Z. Gabdukaeva

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: In order to increase the nutritional value of bakery products, the possibility of using berry powder in the technology of bakery products is considered. Experimental samples of products with a high content of fiber and minerals were made.

Keywords: recipe, bakery products, nutritional value.

Современная хлебопекарная промышленность выпускает широкий ассортимент хлеба и хлебобулочных изделий: массовые сорта, изделия лечебно-профилактической, функциональной направленности для людей, страдающих сахарным диабетом, ожирением, заболеваниями сердечно-сосудистой системы, почек и др. [1-2]. Необходимо отметить положительную тенденцию расширения ассортимента хлеба и хлебобулочных изделий, изготовленных по традиционным схемам приготовления теста. Такие схемы предусматривают использование длительных холодных технологий, молочнокислых заквасок и опар.

В настоящее время намечается тенденция увеличения спроса на лечебно-профилактические сорта хлебобулочных изделий. Основным направлением расширения ассортимента и создания новых видов хлебобулочных изделий является введение в рецептуры изделий различных нетрадиционных видов муки из бобовых, крупяных и масличных культур, придающие им диетические, профилактические и функциональные свойства, которые позволяют решить проблему дефицита необходимых пищевых веществ [3-5].

Экспериментальные образцы хлеба изготовили безопасным способом из смеси ржаной и пшеничной муки без применения хлебопекарных дрожжей. С целью повышения пищевой ценности и обогащения изделий клетчаткой и минеральными компонентами часть муки была заменена на измельченные ягодные плоды.

Ржаная мука отличается повышенным содержанием сахаров и липидов. Среди растворимых сахаров в ржаной муке содержится пентоза (арабиноза), гексозы (фруктоза, галактоза и глюкоза), а из дисахаридов преобладает сахароза.

Сравнивая содержание основных питательных веществ в пшеничной и ржаной муке, необходимо отметить, что сумма водо- и солерастворимых белков в ржаной муке почти вдвое больше (35-45 %), чем в пшеничной. По аминокислотному составу белки ржи обладают большей питательной ценностью, чем пшеницы, так как богаче многими незаменимыми аминокислотами, и в первую очередь лизином. В состав ржаной муки входит

белки – 8,9 г, жиры – 1,7 г, углеводы – 61,8 г, пищевые волокна – 11,4 г, К – 350 мг, Са – 34 мг, Mg – 60 мг, Na – 2 мг, Р – 189 мг, Fe – 3500 мкг; I – 3,9 мкг, Mn – 1340 мкг, Cu – 230 мкг, F – 38 мкг; Zn – 1230 мкг, витамины группы В, витамин РР (ниацин). Энергетическая ценность – 300 ккал [6].

Шиповник – источник витаминов и микроэлементов. Прежде всего, шиповник рекордсмен по содержанию витамина С – в мякоти зрелых плодов его в десять раз больше, чем в черной смородине. Витамин С содержится не только в плодах, но даже в листьях шиповника.

Кроме того, в плодах шиповника высокое содержание сахара (до 18 %) и витаминов – витамин Р, витамины группы В, витамин К, способствующий свертываемости крови, провитамин А. В семенах содержится витамин Е. В плодах присутствуют дубильные вещества – до 4,5 %, пектины – 3,7 %, а также органические кислоты: лимонная – до 2 %, яблочная – до 1,8 %; ликопин, эфирное масло, значительное количество солей калия.

В полуфабрикатах и готовых изделиях были проанализированы следующие показатели: общая кислотность, активность молочнокислых бактерий, массовая доля влаги, зольность, органолептические показатели качества, расчет пищевой и энергетической ценности.

Исходя из комплексной оценки качества образцов изделий установлено оптимальное количество внесения плодов шиповника. Изделия отличались характерным слабокислым приятным вкусом и хлебным ароматом, правильной, округлой, не расплывчатой формой и пропеченным, эластичным мякишем. Для остальных образцов выявлены незначительные отклонения органолептических характеристик по таким показателям как форма изделия и пористость.

На основании проведенных исследований разработана рецептура и технология приготовления пшенично-ржаного хлеба повышенной пищевой ценности. Изделия, разработанные по предлагаемой рецептуре, характеризуются повышенным содержанием пищевых волокон, обогащены витамином С и В₂, также содержат повышенное количество минеральных веществ: Fe и Са.

Список литературы

1. Алферов А. Рынок хлеба и хлебобулочных изделий: реалии, перспективы, тенденции развития / А. Алферов // Хлебопродукты. – 2009. – № 2. – С. 60-63.
2. Габдукаева Л.З., Сорокина Е.С. Характеристика современного рынка хлебобулочных изделий для функционального питания // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 1. С. 151–154.
3. Теплов, В.И. Функциональные продукты питания. Учебное пособие / В.И. Теплов, В.Ф. Каменев – М.: А-Приор, 2008. – 240 с.
4. Гумеров, Т. Ю. Разработка рецептур и оценка показателей качества и безопасности злаковых продуктов / Т. Ю. Гумеров, З. Ш. Мингалева, О. А. Решетник // Индустрия питания. – 2022. – Т. 7. – № 1. – С. 70-81. – DOI 10.29141/2500-1922-2022-7-1-9.
5. Безопасность и качество пищевых продуктов / Т. Ю. Гумеров, И. А. Гафарова, З. Ш. Мингалева, О. А. Решетник // Безопасность жизнедеятельности. – 2022. – № 5(257). – С. 3-9.
6. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, Проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ЖЕЛЕЙНО-ФРУКТОВОГО МАРМЕЛАДА С ДОБАВЛЕНИЕМ ВИТАМИННОГО КОМПЛЕКСА

Р. Р. Касимов, О. А. Козлова, Т. Д. Коржова, Г. А. Гасимова

ФГБОУ ВО «Казанская ГАВМ», г.Казань, Россия

e-mail: kasimov146@mail.ru

Аннотация. Кондитерские изделия - наиболее доступные и пользующиеся постоянным спросом группа продуктов. Технологии производства кондитерских изделий позволяет обогащать их различными полезными для организма человека компонентами. В работе рассмотрена биологическая и пищевая ценность пчелиной перги, разработана рецептура мармелада с функциональными свойствами.

Ключевые слова: мармелад, перга, витаминный комплекс, тыквенный сок.

DEVELOPMENT OF THE RECIPE FOR JELLY-FRUIT MARMALADE WITH THE ADDITION OF VITAMIN COMPLEX

R. R. Kasimov, O. A. Kozlova, T. D. Korzhova, G. A. Gasimova

Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, Kazan, Russia

Summary: Confectionery is the most accessible and constantly in demand group of products. Production technology of confectionery products allows enriching them with various useful components for the human body. The paper considers biological and nutritional value of bee feather dumpings, developed a recipe for marmalade with functional properties.

Keywords: marmalade, featherbed, vitamin complex, pumpkin juice.

Разработка и внедрение рецептур и технологий функциональных продуктов массового спроса является одной из приоритетных задач современной государственной политики, направленной на формирование системы здорового питания населения России. Важная роль в решении данного вопроса отводится разработке новых рецептур и технологий кондитерских изделий как одной из наиболее доступных и пользующихся постоянным спросом групп продуктов, к основным преимуществам которой относят возможность моделирования рецептур и ассортимента.

Технологии производства кондитерских изделий позволяет обогащать их различными полезными для организма человека компонентами. Так, использование сухофруктов в качестве сахаросодержащего компонента позволяет получить полезную высокоэнергетическую биологически активную натуральную добавку к пище, практически не имеющую противопоказаний к применению[1].

Мармелад – это самое низкокалорийное кондитерское изделие. Различают три вида: фруктово-ягодный - для изготовления используется натуральная фруктовая либо ягодная масса (пюре), в которой содержится много пектина. Желейно-фруктовый - для изготовления используются фруктовые и ягодные соки (пюре), также добавляются студнеобразующие вещества. Желейный - натуральные соки и пюре для его изготовления не используются, в состав входят студнеобразователи, красители, ароматизаторы. Наибольшую пользу может принести фруктово-ягодный вид этого продукта. Другие виды хоть немного и уступают, при этом все равно обладают большим количеством полезных свойств. Продукт также ценен тем, что в нем содержится очень мало углеводов и вообще нет жиров.

Также известно, что продукты пчеловодства быстро усваиваются, хорошо переносятся, в большинстве случаев не имеют побочного действия и противопоказаний к применению. Создание на их основе биологически активных добавок и лекарственных препаратов остается актуальным направлением современных исследований. Перга – пыльца-обножка, собранная пчелами, обработанная слюной и сложенная в соты. Она утрамбована и запечатана сверху мёдом и восковой крышечкой. Пергу называют пчелиным хлебом. Перга является одним из ключевых продуктов пчеловодства, содержащим в своем составе усваиваемые углеводы, белки, пептиды, незаменимые аминокислоты, незаменимые жирные кислоты, флавоноиды, минеральные вещества, витамины и другие полезные соединения[2]. Перга является ценным пищевым продуктом и находит широкое применение в качестве биологически активной добавки. Известно, что перга обладает антиоксидантным, противоопухолевым действием, способствует увеличению гемоглобина, эритроцитов и ретикулоцитов, благоприятно влияет на метаболические процессы, происходящие в организме. В перге содержится сильный витаминный комплекс, который включает в себя до одиннадцати компонентов. Это -витамин С, витамины В1, В2, В3, В9, витамин Е, биотин (витамин Н)[3].

Фруктово-ягодный десерт помогает регулировать уровень холестерина и нормализует метаболизм. Кроме этого, он улучшает функционирование поджелудочной железы и печени, а также ускоряет восстановление тканей в случае ранений либо ожогов. Лакомство на основе агар-агара способно сбивать аппетит, оно поддерживает функционирование печени, оказывает слабительное действие и обогащает организм йодом. Для предохранения корпусов конфет от воздействий внешней среды, повышения пищевой ценности, вкуса, придания красивого внешнего вида готовые конфетные корпуса покрываются тонким слоем различных масс. Этот процесс называется глазированием, а кондитерские массы, которыми покрываются корпуса конфет, глазуриями. Существует множество видов глазури. Шоколадная глазурь отличается высокими вкусовыми достоинствами, стойкостью при хранении. В то же время наличие в составе какаопродуктов кофеина и теобромина делает его нежелательным компонентом детского и диетического питания. Альтернатива какао плодам известна – это продукт, изготавливаемый из плодов рожкового дерева.

Целью настоящей работы явилось – разработка рецептуры производства глазированных кондитерских изделий (мармелада) с добавлением пчелиной перги.

Работа выполнялась на кафедре «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО КГАВМ. Методы исследования: аналитические и экспериментальные. Для производства мармелада использовали следующие продукты: сахарный песок ГОСТ 33222- 2015, сок тыквенный с мякотью ГОСТ 32100-2013, цедра апельсина, пектин ГОСТ, агар-агар ГОСТ 16280-2002, перга пчелиная. Для выработки глазури применялось следующее сырье: -кэроб по ГОСТ Р 33310-2015 «Загустители пищевых продуктов»; -масло какао по ГОСТ Р 34072-2017 «Масло какао. Технические условия». Схема проведения исследования приведена на рисунке 1.

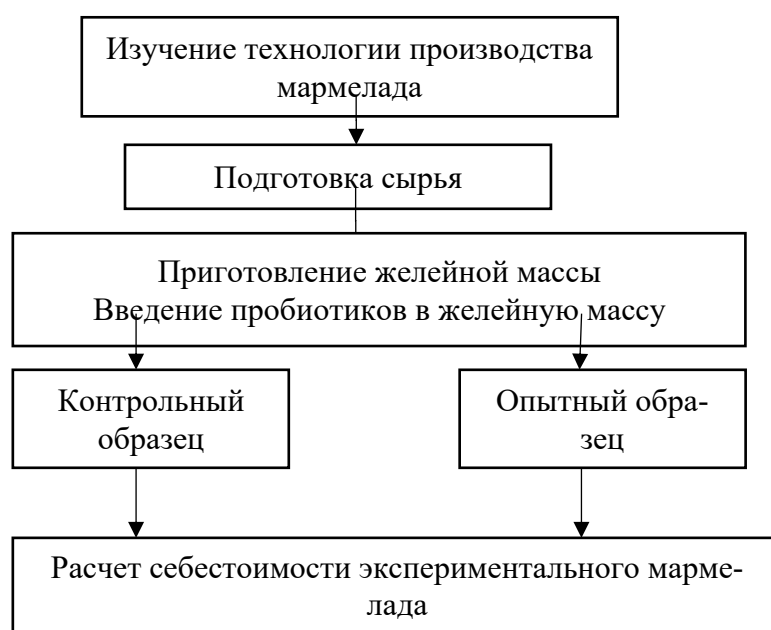


Рис. 1. Схема проведения исследования

Результаты исследований. Технология производства Технологический процесс приготовления мармелада включал следующие операции. Воздушно-сухой агар замачивали в тридцатикратном объеме тыквенного сока с мякотью температурой 18–20°C для набухания в течении 30 мин. Затем набухший агар загружали в сосуд для приготовления желейной основы, вводили цедру апельсина. При достижении температуры до 50°C добавляли смесь сахарного песка и пектина, нагревали до полного растворения и уваривали полученный сироп до массовой доли сухих веществ 75–78 %. Уваренный сироп быстро охлаждали до температуры 50–55 °C, вводили помолотую пергу. Полученную смесь тщательно перемешивали, разливали по формочкам и охлаждали. После охлаждения стабилизированные фигурки мармелада глазировали, выдерживали при комнатной температуре и упаковывали.

Высокое содержание углеводов делает этот продукт востребованным у людей, занимающихся спортом и физическим трудом. Однако, высокое содержание рафинированного сахара снижает диетическую ценность продукта[1,4]. Замена какао продуктов в рецептуре глазури на кэроб позволяет исключить использование сахарозы в ней. Включение в рецептуру биологически активных добавок растительного и животного происхождения позволяет получить продукты с функциональными свойствами[4, 5, 6]. Нами выявлено, что внесение в рецептуру кондитерских изделий витаминного комплекса перги в объеме 10% позволяет обогатить их бета-каротином на 200 % от суточной нормы, витамином В1 - на 20,3 %, витамином В2 -на 111,1 %, витамином В9 -на 225 %, витамином С - на 19,4 %, биотином – 20 %, кремнием – 116 %. Использование в рецептуре сока тыквы и цедры апельсина позволило достичь оптимальных органолептических показателей качества мармелада: вкус, запах, цвет- свойственные данному виду кондитерского изделия. Консистенция – плотная, студнеобразная, не липкая, зернистость отсутствует.

Таким образом, включение в рецептуру кондитерских изделий витаминного комплекса перги позволяет получить продукт функциональный по содержанию бета-каротина, витаминов группы В и кремнию.

Список литературы

1. Касимов, Р.Р. Способ производства глазури для кондитерских изделий/ Р.Р. Касимов // Современные проблемы и достижения зооветеринарной науки, посвященной памяти М.П. Тушнова и А.З. Равилова. Материалы Международной [научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых](#) – Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2029.Т2, - С. 120-122.
2. Зайцева Г.П., Виноградова Т.В. Пыльца и перга химический и биологический состав. Пасека. Энциклопедия пчеловодства. 2010. С. 1-3.
3. Борт Р. Лечебная сила мёда прополиса, пыльцы и других продуктов пчеловодства. Харьков, 2016. 96 с.
4. Габдрахманов, Р. Ф. Технология производства хлебобулочного изделия с добавлением корня солодки / Р. Ф. Габдрахманов // Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК : Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи, Казань, 30 мая 2019 года. – Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2019. – С. 265-268.
5. Ганеева, А.А. Технология производства пшеничного хлеба на закваске с добавлением проростков пшеницы / А.А. Ганеева, Г.А. Гасимова // 3-я Междун. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых «Наука молодых - будущее России» сборник научных статей Курск. 11-12 декабря 2018 г., Т 5.- С. 129 - 132.
6. Зайнуллина, Л.Х. Творог с добавлением амарантовой муки / Л.Х. Зайнуллина, М.К. Гайнуллина // 3-я Международная науч. конф. перспективных разработок молодых ученых «Наука молодых - будущее России» сборник научных статей Курск. 11-12 декабря 2018г., Т 5.- С. 136-139.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ МУКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Е. А. Лабоцкая, А. Н. Волостнова, Г. Р. Закирова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
Volostnova@kstu.ru

Аннотация. В статье рассмотрена возможность использования нетрадиционных видов муки при производстве мучных кулинарных изделий. Изучен химический состав, органолептические и физико-химические показатели льняной, амарантовой и рисовой муки.

Ключевые слова: нетрадиционные виды муки, льняная мука, рисовая мука, амарантовая мука, глютен.

USE OF NON-TRADITIONAL FLOURS IN THE PRODUCTION OF GLUTEN-FREE FLOUR PRODUCTS

E. A. Labotskaia, A. N. Volostnova, G. R. Zakirova

Kazan national research technological university, Kazan, Russia
Volostnova@kstu.ru

Abstract. The article deals with the possibility of using non-traditional flours in the production of floury culinary products. Chemical composition, organoleptic and physico-chemical parameters of flax, amaranth and rice flours have been studied.

Keywords: non-traditional flours, flax flour, rice flour, amaranth flour, gluten.

В настоящее время врачи, диетологи и исследователи большое внимание уделяют проблеме непереносимости глютена. Данный комплекс белковых веществ является ключевым фактором возникновения определенных расстройств и пищевой аллергии у людей, с непереносимостью глютена.

Научные исследования, направленные на разработку аглютеновых мучных и кондитерских изделий, способствуют решению проблемы по организации полноценного питания для людей страдающих целиакией и непереносимостью глютена и являются актуальными.

В производстве безглютеновых мучных изделий выделяют два принципиальных направления:

- биокаталитическое направление предусматривает удаление или модификацию глютена в глютенсодержащем сырье;
- конструирование изделий на основе природного безглютенового сырья.

В настоящее время большая часть ассортимента безглютеновых изделий производится по технологиям, относящимся ко второму направлению. Производителями достаточно широкого ассортимента второстепенных видов муки являются ООО «Хлебзернопродукт» (г. Таганрог, Ростовская область, торговая марка С.Пудовъ), ООО «Арчеда-продукт» (Волгоградская область, торговые марки «Крупно» и «Delika»), ООО «Гарнец» (Владимирская область), ООО «Балтийская мельница» (г. Пушкин, Ленинградская область).

Основной приоритет среди второстепенных видов муки производители отдают кукурузной, рисовой и гречневой муке. Стоит отметить, что остальные второстепенные виды муки не уступают не по органолептическим показателям, не по пищевой ценности, однако их использование ограничено труднодоступностью на отечественном рынке, зачастую высокой стоимостью и недостаточной изученностью [1].

Нетрадиционные виды муки значительно отличаются от муки пшеничной высшего сорта по содержанию как белков, жиров и углеводов, так и наличию пищевых волокон, ненасыщенных жирных кислот, ряда витаминов, минеральных и других веществ [2]. Поэтому разработка рецептур и технологии производства мучных изделий на основе нетрадиционного сырья требует всестороннего изучения его технологических свойств.

Цель работы заключалась в изучении химического состава и функционально-технологических свойств нетрадиционных видов муки для определения возможности их использования при производстве безглютеновых мучных изделий.

Объектами исследования являлись мука льняная – СТО 53548590-020-2013, амарантовая – ТУ 9293-004-77872064-2011 и рисовая – СТО 53548590-019-2013. Исследования проводили с помощью общепринятых методов. Изучены органолептические показатели, влажность – ускоренным методом по ГОСТ 9404-88 [3], кислотность по ГОСТ 27493-87 [4], водопоглотительную способность определяли по количеству воды (%), которое поглощает мука при образовании теста нормальной консистенции.

На первом этапе разработки рецептур и технологии безглютеновых мучных изделий проведен анализ пищевой и энергетической ценности нетрадиционных видов муки (табл. 1).

Согласно результатам органолептической оценки льняная мука представляет собой сыпучий порошок светло-коричневого цвета с травянисто-сладковатым вкусом и запахом. Амарантовая мука имеет кремовый цвет, ореховый аромат и привкус, при разжевывании ощущается хруст. Рисовая мука отличалась белым цветом, без выраженного вкуса и запаха.

Известно, что в зависимости от химического состава мучное сырье может отличаться по водопоглотительной способности. Кроме того, на данный показатель влияет исходная влажность муки.

В связи с этим в данной работе определены влажность и водопоглотительная способность льняной, рисовой и амарантовой муки в сравнении с пшеничной высшего сорта (рис. 1 и 2).

Таблица 1

Химический состав безглютеновых видов муки, на 100 г продукта [5, 6]

Наименование нутриента	Виды муки		
	льняная	амарантовая	рисовая
Белки, г	25,0	20,0	7,4
Жиры, г	5,0	4,0	0,6
Углеводы, г	20,0	65,0	80,2
Пищевые волокна, г	27,3	6,7	2,3
Макроэлементы			
Калий, мг	650,4	508,0	50,0
Кальций, мг	204	159,0	20,0
Магний, мг	313,6	248,0	30,0
Натрий, мг	24	4,0	22,0
Фосфор, мг	513,6	557,0	119,0
Микроэлементы			
Железо, мг	4,6	7,6	1,3
Марганец, мг	2,0	3,33	1,2
Медь, мг	1,0	0,5	0,1
Селен, мкг	20,3	18,7	15,1
Цинк, мг	3,5	2,9	0,8
Полиненасыщенные жирные кислоты			
Омега-3 жирные кислоты, г	18,3	0,04	0,1
Омега-6 жирные кислоты, г	4,7	2,7	0,3
Витамины			
Витамин В ₁ , мг	1,3	0,1	0,14
Витамин В ₂ , мг	0,1	0,2	0,03
Витамин В ₄ , мг	63,0	69,8	5,8
Витамин В ₅ , мг	0,8	1,5	0,82
Витамин В ₆ , мг	0,4	0,6	0,45
Витамин В ₉ , мкг	69,6	82,0	4
Витамин РР, мг	2,5	0,9	2,59
Витамин Е, мг	0,3	1,2	0,11

Самой высокой водопоглощительной способностью обладает льняная мука (143,0 %). Амарантовая мука в сравнении с пшеничной также имеет довольно высокий показатель водопоглощения (86,7%). Это объясняется более высоким содержанием в данных видах муки белка и их более низкой влажностью, по сравнению с пшеничной мукой. Поэтому эти виды муки целесообразно применять в смеси с рисовой мукой, имеющей более низкую водопоглощительную способность (68,2 %).

Кислотность муки обусловлена присутствием жирных кислот - продуктов гидролитического расщепления жира муки, кислых фосфатов и характеризует ее свежесть (сроки хранения). Согласно полученным данным кислотность льняной муки составила 3,9 град., амарантовой – 6,5 град. и рисовой – 1,8 град. В сравне-

нии с пшеничной мукой, амарантовая мука является наиболее кислой, что необходимо учитывать при разработке рецептуры и технологии производства мучных изделий.

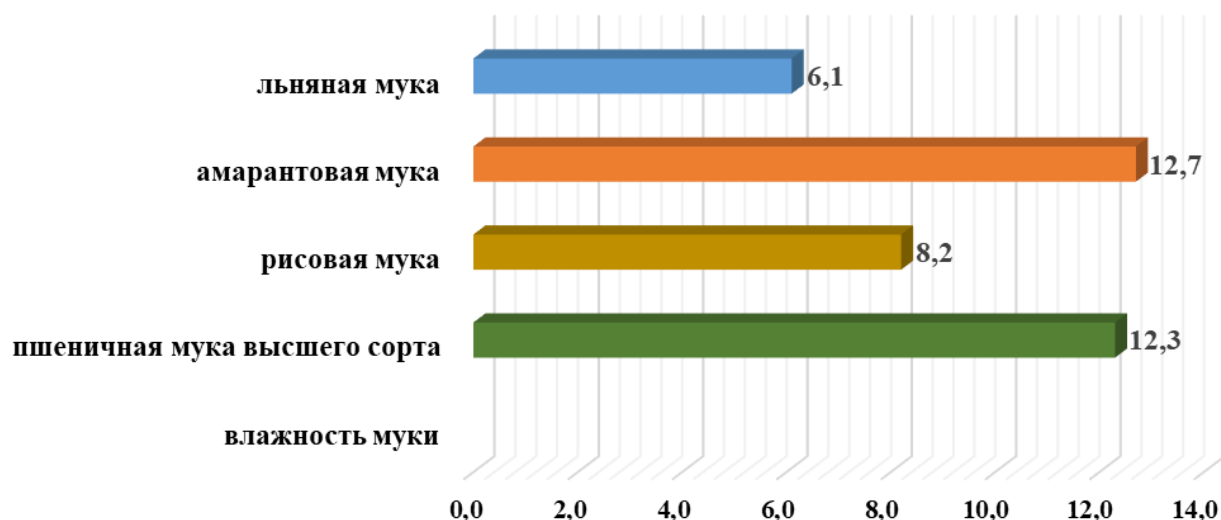


Рис. 1. Влажность исследуемых образцов муки, %

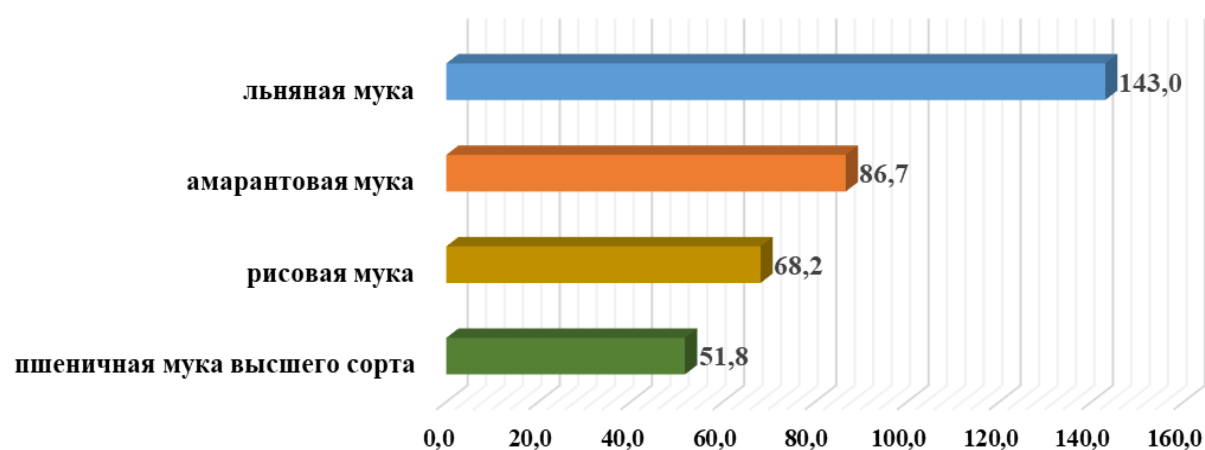


Рис. 2. Водопоглотительная способность исследуемых образцов муки, %

Изученные безглютеновые виды муки обладают богатым химическим составом и могут быть использованы при конструировании рецептур мучных изделий. Наиболее перспективным направлением дальнейших исследований является разработка композитной смеси из льняной, рисовой и амарантовой муки и поиск их оптимального соотношения, а также изучение качества мучных изделий на их основе. Применение нетрадиционных видов муки позволит в дальнейшем расширить ассортимент безглютеновых мучных изделий специального назначения.

Список литературы

1. Горощенко, Л.А. Мучные кондитерские изделия: свое дешевле. / Л.А. Горощенко. // Российская торговля. – 2019. - № 3. - С. 64-67.

2. Тиунов, В. М. Использование нетрадиционных видов муки в производстве мучных кулинарных изделий (блинов) / В. М. Тиунов, О. В. Чугунова, А. В. Арисов // Индустрия питания. – 2020. – Т. 5, № 4. – С. 33-37. – DOI 10.29141/2500-1922-2020-5-4-5.
3. ГОСТ 9404-88 Мука и отруби. Метод определения влажности (с Изменением N1). – М.: Стандартиформ, 2010. 8 с.
4. ГОСТ 27493-87 Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке (с Изменением N 1). – М.: Стандартиформ, 2007. – 4 с.
5. Скурихин, И. М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М.: ООО "ДеЛи принт", 2007. – 275 с.
6. IntelMeal: Питайтесь с умом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://intelmeal.ru/>. – Дата доступа: 09.03.2023.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Д. Н. Махиянова, Ю. К. Кукаркина, Л. З. Габдукаева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия,
carramba@bk.ru

Аннотация: С целью расширения ассортимента изделий специализированного назначения рассмотрена возможность использования нетрадиционного сырья в технологии мучных кондитерских изделий. Изготовлены экспериментальные образцы изделий с частичной заменой пшеничной муки на миндальную и черемуховую муку, с полной заменой сахара на пюре из хурмы.

Ключевые слова: детское питание, рецептура, мучные кондитерские изделия, пищевая ценность.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS FOR SPECIALIZED PURPOSE

D. N. Mahiyanova, Y. K. Kukarkina, L. Z. Gabdukaeva

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: In order to expand the range of products for specialized purposes, the possibility of using non-traditional raw materials in the technology of flour confectionery products is considered. Experimental samples of products were made with a partial replacement of wheat flour with almond and bird cherry flour, with a complete replacement of sugar with persimmon puree.

Keywords: baby food, recipe, flour confectionery, nutritional value.

Кондитерские изделия пользуются большой популярностью и устойчивым спросом у детского и взрослого населения. Практически все группы населения отдают предпочтение мучным кондитерским изделиям, включая их в свой ежедневный рацион, а также используя в составе рациона детей в организованных коллективах. За 5 лет популярность их возросла примерно на 7%. Хочется отметить и рост объема рынка продуктов функционального питания – на 26%.

Актуальными направлениями создания таких продуктов является использование нетрадиционных видов муки, функционального сырья, а также витаминизированных продуктов [1-4].

В группе продуктов специализированного питания можно выделить продукты для детского питания, для спортсменов и диабетиков. Это изделия с добавлением различных видов муки, сухофруктов, пребиотиков, а также витаминизированные, протеиновые изделия, изделия с сахарозаменителями [1-2].

При разработке изделий для детского питания необходимо учитывать рост детского организма. Так как организм развивается очень активно, то ребенка тратит больше энергии, следовательно, ему необходимо получать качественную, богатую витаминами пищу в нужных количествах.



Рис. 1. Анализ рынка кондитерских изделий и изделий функционального питания

Основными принципами здорового питания детей является: разнообразие блюд, использование щадящих методов кулинарной обработки, использование продуктов с пониженным содержанием насыщенных жиров, простых сахаров, соли, в продуктах должны отсутствовать усилители вкуса, искусственные красители, консерванты.

Несмотря на широкий ассортимент кондитерские изделия отличаются высокой калорийностью, значительным содержанием углеводов, низким содержанием белка и практически полным отсутствием в них витаминов и минеральных веществ. Таким образом, объектами исследования выступили изделия, приготовленные из пшеничной, миндальной и черемуховой муки, а добавленный сахар в изделиях был заменен на пюре из хурмы.

В ходе работы были приготовлены образцы мучных кондитерских изделий - коржики молочные с использованием в качестве контрольного образца пшеничную муку, а также опытные образцы с добавлением выбранных компонентов. В работе были рассмотрены органолептические показатели готовых изделий (таблица 1).

Контрольный образец имел фигурную форму, темный окрас выступающих частей, светло-желтый цвет, молочный, ванильный аромат, приятный, сладкий молочный вкус и плотную, рассыпчатую структуру.

Образец с добавлением миндальной муки в количестве 80% имел фигурную форму, темный окрас выступающих частей и оранжевые вкрапления за счет добавления пюре из хурмы, темно-желтый цвет, приятный слабовыраженный аромат миндаля, сладкий и нежный вкус с ореховым послевкусием, мягкую и нежную консистенцию.

Органолептические показатели разработанных изделий

Показатель	Образцы изделий	Органолептические показатели готовых изделий
Внешний вид	С добавлением миндальной муки 80 %	Фигурная форма, более темный окрас выступающих частей, имеются оранжевые вкрапления
	С добавлением черемуховой муки 50 %	Фигурная форма, имеет темный окрас
Цвет	С добавлением миндальной муки 80 %	От темно-желтого до светло-оранжевого
	С добавлением черемуховой муки 50 %	Темно-коричневый
Запах	С добавлением миндальной муки 80 %	Приятный, слабовыраженный аромат миндаля
	С добавлением черемуховой муки 50 %	Ярко-выраженный аромат черемухи
Вкус	С добавлением миндальной муки 80 %	Сладковатый, нежный, с ореховым послевкусием
	С добавлением черемуховой муки 50 %	Сладковатый с кисловато-сладким послевкусием, специфический
Консистенция	С добавлением миндальной муки 80 %	Мягкая, нежная консистенция, рассыпчатая
	С добавлением черемуховой муки 50 %	Связанная, мягкая консистенция, пропеченная

Образец с добавлением черемуховой муки в количестве 50% имел фигурную форму, темный окрас, шоколадный цвет, ярко-выраженный аромат черемухи, сладковатый вкус с кисловато-сладковатым послевкусием, консистенция плотная, связанная, пропеченная.

Таким образом, добавление нетрадиционных видов сырья позволило расширить ассортимент продуктов специализированного питания. Разработанные образцы изделий обогатились бета-каротином, витамином Е, витаминами группы В, полиненасыщенными жирами, кальцием, фосфором, калием и цинком, пектиновыми веществами.

Список литературы

1. Перспективные направления модификации мучных кондитерских изделий для питания детей старше трех лет / С. Ю. Мистенева, Н. А. Щербакова, М. В. Осипов, А. В. Баскаков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2021. – № 4(382). – С. 13-21. – DOI 10.26297/0579-3009.2021.4.3.

2. Минеева, М. С. Современный рынок низкокалорийных кондитерских изделий / М. С. Минеева, Л. З. Габдукаева // Актуальные проблемы технологии продуктов питания, туризма и торговли: Сборник научных трудов II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Нальчик, 30 сентября 2021 года. – Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», 2021. – С. 134-136.

3. Воробьева, В. М. Мучные кондитерские изделия с оптимизированным микронутриентным составом / В. М. Воробьева, И. С. Воробьева, А. А. Кочеткова // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83. – № S3. – С. 172.

4. Матвеева Т. В. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры: монография / Т.В. Матвеева, С.Я. Корякина. – Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2011. – 358 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Л. Н. Нырова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
Технологический университет», г. Казань, Россия
liliya-qw@mail.ru

Аннотация. Предметом исследования являются факторы и процесс технологии продукции общественного питания. Целью данной работы является изучение технологии продукции общественного питания.. Для этого был определен комплекс форм и методов регулирования сферой общественного питания.

Ключевые слова: общественное питание, пищевая промышленность, угроза пандемии, стратегия развития, баланс интересов, муниципальное регулирование, органы исполнительной власти, административное вмешательство, стейкхолдеры.

TECHNOLOGY OF CATERING PRODUCTS

L. N. Nirova

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: The subject of the research is the factors and the process of technology of public catering products. The purpose of this work is to study the technology of public catering products. For this, a set of forms and methods for regulating the sphere of public catering was determined.

Keywords: public catering, food industry, pandemic threat, development strategy, balance of interests, municipal regulation, executive authorities, administrative interference, stakeholders.

Актуальность выбранной темы состоит в том, что сфера общественного питания играет одну из важных функций жизнеобеспечения населения. Кроме того, в последние годы в связи с пандемией возникают определенные трудности развития данной сферы городского хозяйствования.

Исходя из актуальности темы, была определена цель научной работы - это изучение технологии продукции общественного питания.

Как известно сфера общественного питания относится к социальному блоку городского хозяйства. Таким образом, здесь важным аспектом является защита прав потребителей и роль различных органов управления, которые выполняют данные функции. Вот почему одним из государственных нормативов, регулирующих сферу торговли и общественного питания, является Закон «О защите прав потребителей». Учитывая важность сферы общественного питания для жизнеобеспечения граждан, основные законодательные акты также нацелены на безопасность и благополучие населения [1–3].

Обеспечить такие требования помогают различные регламентирующие документы.

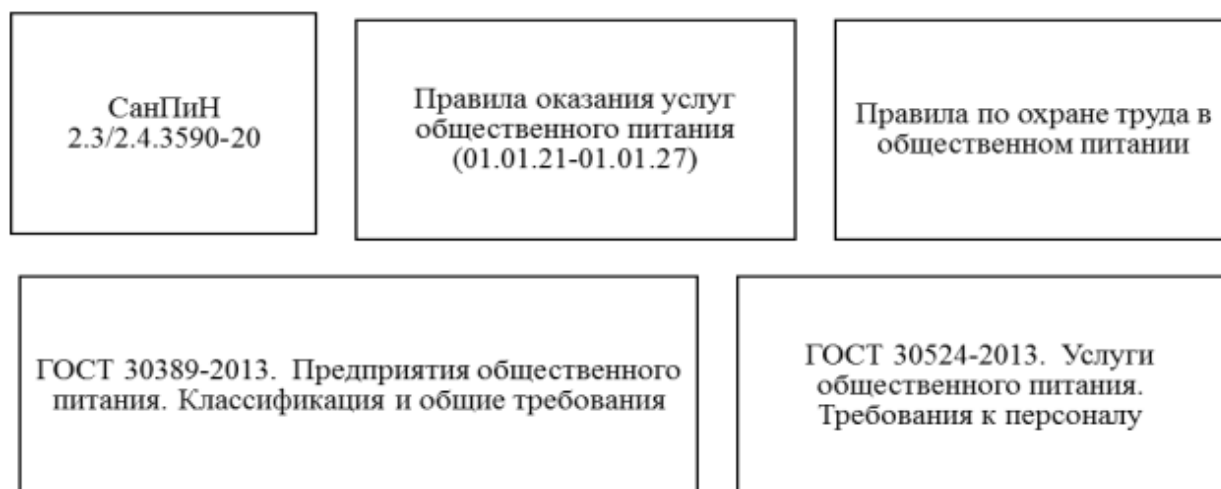


Рис. 1. Основные регламентирующие документы по развитию общественного питания

Особой группой среди них являются Санитарно-эпидемиологические правила и нормы (сокращенно СанПиНы), которые постоянно обновляются и являются весьма актуальными в сложившихся условиях пандемии. Кроме того, на сегодняшний день обновлены Правила оказания услуг общественного питания, действие которых рассчитано на период с 01.01.21 по 01.01.27. Данный документ направлен прежде всего на соблюдение прав потребителей в условиях развития информационных ресурсов. Теперь клиент может потребовать всю интересующую его информацию, а учреждение общественного питания должно открыто ее предоставить.

Кроме нормативно-правового механизма регулирования развития сферы общественного питания существует целый комплекс методов управления со стороны муниципальных властей. К ним относятся как административные меры воздействия, так и организационно-экономические, стимулирующие различные предприятия общественного питания к развитию. Учитывая, что объектом нашего исследования является социальная сфера, одним из методов регулирования со стороны муниципальной власти является установление обязательного ассортимента социально значимых товаров, а также выдача и установление гарантий на муниципальные заказы. Кроме того, городские власти берут на себя страхование коммерческих рисков. Это является особенно актуальным в период пандемии, когда многие заведения общественного питания вынуждены были закрыться из-за вводимых ограничений.

Определим стратегические направления развития данной сферы экономики:

- массовое развитие сети предприятий общественного питания в зонах комплексного торгового, гостиничного обслуживания;
- развитие инфраструктуры оптовой торговли продовольствием для снабжения предприятий отрасли;

- создание эффективной системы мониторинга состояния отрасли с использованием современных информационных систем и ресурсов;
- стажировки персонала, использование зарубежного опыта стимулирование развития сети предприятий общественного питания, опирающихся на индустриальные методы приготовления пищи и доставляющих ее по заказам потребителей;
- поддержание высоких стандартов пищевой промышленности;
- применение последних достижений НТП;
- реализация целевых программ подготовки кадров в ВУЗах соответствующего профиля;
- развитие общедоступной сети предприятий, включая сеть так называемого быстрого питания, ориентированную на различные группы потребителей;
- создание условий для развития предпринимательства, пропаганда и развитие семейного бизнеса в сфере общественного питания;
- развитие службы маркетинга на предприятиях общественного питания;
- внедрение в практику передовых методов управления восстановление и расширение сети социально ориентированных предприятий;
- государственная поддержка малого бизнеса и социально ориентированных предприятий общественного питания;
- внедрение системы бюджетирования;
- внедрение системы управления затратами предприятия;
- совершенствование правового регулирования, форм и методов государственного контроля и надзора.

Таким образом, эти стратегические направления охватывают разнообразные сегменты рынка общественного питания и соответствующие его формы, начиная от элитных ресторанов и заканчивая предприятиями быстрого питания, вплоть до индустриального метода приготовления пищи. Так как сфера общественного питания связана с торговлей, то в данном направлении предусмотрено взаимовыгодное сотрудничество для обеспечения снабжения необходимыми качественными и недорогими ресурсами. Для прозрачности соблюдения интересов потребителей необходимо использование современных информационных технологий, а также создание эффективной системы мониторинга.

Для реализации намеченных стратегических путей развития сферы общественного питания необходимо учитывать и постоянно согласовывать интересы всех заинтересованных сторон (таблица 2).

Как показывают данные таблицы это, прежде всего, союзы и объединения потребителей, корпоративные объединения и организации производителей и предпринимателей и органы местного самоуправления, которые создают необходимые условия для данного развития. Для каждой группы стейкхолдеров определены основные объекты, формы и методы регулирования. Так органы местного самоуправления согласуют социальные и экономические интересы различных участников процесса предоставления услуг общественного питания. Производители данных услуг несут ответственность за использование качественного сырья и современной техники, и технологии. Объединения потребителей отвечают за соблюдение интересов потребителей и качественное их обслуживание.

Таким образом, используя перечисленные механизмы взаимодействия, будет достигнуто устойчивое развитие данного социального блока городского хозяйства и обеспечен один из показателей качества жизни населения.

Таблица 2

Формы и методы воздействия на сферу общественного питания различных регулирующих структур

Регулирующие органы	Объекты регулирования	Формы и методы регулирования
Органы местного самоуправления	- объемы выпуска товаров и услуг; - уровень цен и тарифов; - степень монополизации, развитие конкуренции; - качество товаров и услуг; - уровень доходов населения, доступность товаров и услуг	- регулирование цен и налоговых ставок в местный бюджет; - муниципальный заказ на закупки; - приватизация помещений; - финансово-кредитная поддержка; - административные санкции; - ставки арендной платы
Корпоративные объединения и организации производителей и предпринимателей	- технический уровень и обеспечение конкурентоспособности товаров; - качество товаров и услуг; - степень монополизации и свободы конкуренции	- деловое консультирование; - содействие в подготовке кадров; - повышении качества обслуживания; - проведение экспертиз; - моральное воздействие; - финансово-кредитная поддержка
Союзы и объединения потребителей	- качество товаров и услуг; - защита прав потребителей	- независимая экспертиза; - проведение кампаний по бойкоту и антирекламе в СМИ; - обращения в судебные органы

Основными направлениями развития инновационных технологий в общественном питании можно считать следующие:

- увеличение их количества;
- увеличение количества посетителей;
- внедрение производства технологически новых видов продукции с измененным биохимическим составом;
- применение инновационных способов обработки пищевой продукции, изменяющих их качество и повышающих эффективность производственного процесса;
- постоянный мониторинг спроса и выявление новых предпочтений потребителей;

- применение технологий, снижающих себестоимость производства и конечную цену продукции общественного питания, что позволяет привлечь большее количество покупателей. Например, внедрение роботизированной техники, а принимая во внимание отрасль общественного питания, где так важен фактор обслуживания посетителей, речь может идти о применении человекообразных роботов;

- введение в производство новых, улучшенных товаров, повышающих доверие и лояльность покупателей к предприятию общественного питания. Например, в последнее время отмечается тенденция к здоровому образу жизни и здоровому питанию, особенно среди молодежи.

Главной целью инноваций в любом секторе экономики, в том числе и индустрии питания, является обеспечение роста их технологического уровня. Поэтому инновационный вектор в общественном питании должен быть направлен на освоение технологий и практик с учетом мировых тенденций, в конечном итоге должен обеспечивать коммерциализацию внедрения этих технологий в практику.

Список литературы

1. Акимов Р.А. Факторы, влияющие на эффективность управления маркетингом в организациях общественного питания / Р.А. Акимов - Текст: непосредственный //Теория и практика современной науки. -2021. -№4 (70). - С. 32-35

2. Довлетханова М.М. Предприятие общественного питания как объект управления / М.М. Довлетханова - Текст: непосредственный //Новая наука: От идеи к результату. - 2019. Т. 1. - №3.-0 43-45

3. Киселева Л.В. Специфика стратегического управления на предприятиях общественного питания / Л.В. Киселева - Текст: непосредственный //Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса. - 2019. Т. 13. - № 2. - С. 58-63

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Л. Ф. Родникова, С. В. Китаевская

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
rlf.8@list.ru

Аннотация: Целью работы является изучение инновационных технологий в приготовлении кондитерских изделий, а также современные тенденции разработки рецептур кондитерской продукции с использованием различных натуральных безопасных ингредиентов. В данной статье приведены примеры конкурентоспособных инновационных технологий производства кондитерских изделий. Представлен ассортимент продукции на основе использования новых современных подсластителей.

Ключевые слова: кондитерское производство, подсластитель, инновации, кондитерские изделия, пищевые добавки.

APPLICATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF NEW GENERATION CONFECTIONERY PRODUCTS

L. F. Rodnikova, S. V. Kitaevskaya

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: The aim of the work is to study innovative technologies in the preparation of confectionery products, as well as current trends in the development of confectionery products using various natural safe ingredients. This article describes competitive innovative technologies of confectionery production. The range of products based on the use of new modern sweeteners is presented.

Keywords: confectionery production, sweetener, innovations, confectionery, food additives.

В настоящее время перед кондитерской промышленностью стоит ряд важнейших задач по обеспечению безопасности и улучшению потребительских характеристик выпускаемой продукции, повышению ее пищевой и биологической ценности, разработке и внедрению высокоэффективных инновационных технологий, импортозамещению дорогостоящего сырья, расширению и совершенствованию ассортимента продукции для здорового и специального питания [1, 2].

Актуальность темы статьи заключается в том, что технология не стоит на месте и с каждым годом все больше набирает обороты. Использование инновационных технологий и пищевых ингредиентов значительно влияет на качество производимых продуктов, приводит к изменению их вкуса и внешнего вида, а также к значительному увеличению сроков их хранения.

Кондитерские изделия характеризуются высокой энергетической ценностью, хорошей усвояемостью, отличающиеся привлекательным внешним видом и высоким содержанием углеводов. В качестве сырья при изготовлении кондитерских изделий помимо сахара используют различные ингредиенты - мед, плодово-ягодные заготовки (пюре, подварки, соки), крахмальную патоку, крахмал, различные виды муки, молочные продукты, яйца, какао-продукты, орехи, жиры, кофе и др.

Кондитерская отрасль, как и многие другие отрасли кондитерской промышленности, за последние годы изменилась, а именно существенно изменились технологии производства (особенно это относится к методам формования небольших изделий, а также способам их упаковки).

Создание новых технологий кондитерских изделий основано на оригинальных технологических решениях и использовании нетрадиционного сырья, что позволяет улучшать свойства, существенно изменять структуру полуфабрикатов и готовой продукции.

Инновационные кондитерские технологии включают в себя не только чисто кулинарные приемы, но современные методы декорирования готовой кондитерской продукции, в первую очередь, это касается тортов и пирожных, внешний вид которых порой вызывает удивление, восхищение, восторг.

Производство конкурентоспособных продуктов может оказаться невозможным без использования сырья высокого качества, специальных ингредиентов и пищевых добавок. В кондитерском производстве пищевые добавки выполняют различные технологические функции:

- улучшители внешнего вида продукции - средства для блеска, стабилизаторы цвета, красители;
- вещества для регулирования вкуса - кислоты и регуляторы кислотности, подсластители, ароматизаторы, усилители вкуса и аромата;
- ингредиенты для улучшения консистенции - гелеобразователи, загустители, эмульгаторы, стабилизаторы, пенообразователи;
- вещества и средства, обеспечивающие безопасность продукта - консерванты, влагоудерживающие агенты, антиоксиданты, пленкообразующие вещества, вакуумная и другие виды современной упаковки.

Несмотря на то, что кондитерское дело в априори подразумевает индивидуальный творческий подход, механизация и автоматизация вытесняют основную долю ручного труда, замещая его машинами в основных технологических операциях, в том числе и в оформлении (к примеру, нанесение фотоизображений на поверхность кондитерских изделий). Химизация кондитерского производства совершенствует производственные процессы в результате внедрения химических технологий, сырья, материалов, изделий с целью интенсификации, получения новых видов продукции и улучшения их качества. Смеси для кремов, пищевые добавки, загустители, даже формы для выпечки из материалов нового поколения позволяют хранить готовые изделия более длительно.

На основе компьютеризации кондитерского производства также внедряются прогрессивные технологии, осуществляется предоставление всем подраз-

делениям предприятия высокоэффективных электронных средств - от персональных компьютеров до систем спутниковой связи и информации. Такие методы производства позволяют получать кондитерскую продукцию различной степени сложности, запускать мощные конвейерные линии универсального назначения (например, на одной линии можно производить зефир и мармелад).

Внедрение инновационных технологий по созданию новых видов продукции безопасных для здоровья, при этом обладающих совершенно новыми вкусовыми характеристиками, внешним видом и хранимоспособностью (новые виды конфет, тортов, вафель, печенья с начинкой и т.д.), позволяет повысить конкурентоспособность выпускаемых кондитерских изделий, а также положительно влияет на показатели прибыли организации.

Новые технологии в кондитерском производстве предполагают эксперименты со вкусами и текстурами, нетрадиционные сочетания продуктов. В рецептурах современной кондитерской продукции наряду с традиционным сырьем используются новые ингредиенты. При этом большой акцент уделяется не только добавлению новых ароматов, но и необычному сочетанию натурального сырья, например, композиций шоколада с перцем, сыром, томатами и др. Казалось бы несовместимые по вкусу продукты вместе создают оригинальное по вкусу и аромату сочетание. Конечно, как нечто новое, это вызывает большой интерес у покупателей, поэтому такой продукт стоит попробовать производить.

Большим спросом у современного потребителя пользуется декор для тортов и пирожных с распечатанными рисунками и фотографиями с помощью пищевого принтера. Приготовить такое чудо несложно и не требует больших затрат времени, се очень четко и быстро. Съедобные чернила, используемые для принта, безопасны как для взрослых, так и для детей.

Также использование натуральных подсластителей и клетчатки – является перспективной основой для разработки функциональных кондитерских изделий.

Продвинутые кондитеры быстро узнают про новинки и активно используют новое сырьё при разработке своих шедевров. Сейчас на предприятиях активно работают с подсластителем изомальтом, применение данного ингредиента в технологии карамели позволяет получить нелипкую продукцию с длительным сроком хранения. Изомальт является лучшим решением в технологии кондитерских изделий, так как он обладает качественными глазирующими характеристиками, защищает продукт от комкования и слеживания. Следует отметить, что мучные кондитерские изделия с измальтом имеют низкий гликемический индекс и инсулиновый отклик.

В настоящее время в кондитерской промышленности для изготовления изделий с низким содержанием сахаров применяют перспективный подсластитель эритритол. Данный ингредиент относится к группе натуральных подсластителей, обнаружен в составе некоторых фруктов, грибов и ферментированных продуктов. Многочисленные экспериментальные исследования убедительно показывают, что эритритол практически не всасывается в организм и весьма эффективен в диетотерапии, направленной на снижение массы тела.

Мальтит - это подсластитель близкий по технологическим свойствам к сахарозе. Экспериментальными исследованиями доказана эффективность применения мальтита при изготовлении шоколадных изделий, так как он не содержит кристаллизационной воды и не вызывает затруднений при измельчении и зачерпывании шоколадной массы при температуре до 80 ° С, улучшает вкус и аромат благодаря испарению нежелательных ароматов какао.

По мнению специалистов, к существенным недостаткам кондитерской продукции можно отнести низкое содержание биологически активных веществ, в связи с этим в последние годы растет число публикаций по совершенствованию химического состава кондитерских изделий, направленных на увеличение содержания в готовой продукции витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон преимущественно за счет новых растительных ингредиентов, разработку и совершенствование ассортимента производимой продукции, отвечающей современным требованиям качества и безопасности.

Кондитерский рынок представлен высококонкурентной продукцией, где ключевую роль играет соотношение цены и качества. Эффективность рынка кондитерских изделий определяется конкурентным потенциалом производителей и растущим спросом населения на высококачественную продукцию, что предопределяет необходимость инновационного развития кондитерских предприятий.

Таким образом, инновация - это внедренное новаторство, которое позволяет качественно повысить эффективность процессов или продуктов, востребованных рынком. Это конечный результат умственной деятельности человека, его фантазий, его творческого процесса, его изобретательности, его новшеств, его открытий и улучшений. Любую успешную организацию, которая постоянно улучшает свои позиции на рынке, сложно представить без инноваций.

Список литературы

1. Тихонова, И.А. Производство кондитерских изделий в России // Кондитерские изделия. – 2020. – № 5. – С. 21-38.
2. Титов, А.К. Состояние и перспективы развития кондитерской промышленности Российской Федерации на современной этапе // Вестник Академии знаний. – 2021. – № 6(47). – С. 319-323.

Секция 10

ЭКОНОМИКА ПИЩЕВОЙ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

НАНОМАТЕРИАЛЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – ВОЗМОЖНОСТЬ ИЛИ ОПАСНОСТЬ?

З. Р. Бадыкшанова, Г. Р. Стрекалова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, Россия

Аннотация. В статье представлен обзор материалов по применению нанотехнологий в пищевой промышленности и проблемные вопросы по оценке их безопасности. С одной стороны, преимущество использования наноматериалов в пищевой промышленности заключается в получении большей внешней поверхности и, таким образом, увеличении поглощения воды, увеличении биодоступности и ускорении каталитических процессов. В то же время, большая гомогенность молекул обеспечивает лучшее качество продукции и их функциональные характеристики. С другой стороны имеется ряд проблемных вопросов в части обеспечения безопасности пищевых продуктов и нанопакетов, углубленных научных исследований по конкретно выбранному направлению и формировании лабораторной базы.

Ключевые слова: наночастицы, нанотехнологии, пищевая промышленность, биологически активные соединения, токсичность.

NANOMATERIALS IN THE FOOD INDUSTRY – AN OPPORTUNITY OR A DANGER?

Badykshanova Zarina Radikovna

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Annotation. The article presents an overview of materials on the application of nanotechnology in the food industry and problematic issues on the assessment of their safety. On the one hand, the advantage of using nanomaterials in the food industry is to obtain a larger external surface and, thus, increase water absorption, increase bioavailability and accelerate catalytic processes. At the same time, the greater homogeneity of the molecules ensures better product quality and their functional characteristics. On the other hand, there are a number of problematic issues in terms of ensuring the safety of food and nanopackages, in-depth scientific research in a specifically chosen direction and the formation of a laboratory base.

Keywords: nanoparticles, nanotechnology, food industry, biologically active compounds, toxicity.

Введение.

Нанотехнология – это новая технология, использующая методы, ведущие к получению материалов, элементов и устройств, в которых хотя бы один из контролируемых размеров находится в наноразмерном масштабе. Применение нанотехнологий в производстве продуктов питания является довольно новым меро-

приятием по сравнению с его использованием в других отраслях, например, медицине, фармацевтике или электронике, все еще находящимся на стадии исследований и разработок.

Производство продуктов питания – это сложный процесс, который регулируется принципами биологии, химии и биохимии, поэтому открытия в области нанотехнологий по-разному влияют на пищевую промышленность. Нанотехнология открывает новые перспективы для производства продуктов питания с разработанными биологическими, химическими и физическими свойствами, контролируемые наноматериалами. Нанотехнология в производстве пищевых продуктов – это очень широкий термин, охватывающий различные области применения наночастиц на этапах выращивания, производства, переработки или упаковки пищевых продуктов, а также производства новых функциональных материалов, обработки пищевых продуктов и контроля их хранения [2, с. 13].

Цель данной статьи – дать характеристику отдельных аспектов применения нанотехнологий в пищевой промышленности и определить риски потенциального негативного воздействия наноматериалов на здоровье человека и окружающую среду.

Производство наноматериалов. Основной целью применения технологии наноразмеров в пищевой промышленности является стремление улучшить текстуру продуктов и введение функциональных компонентов. В процессе изготовления наноматериалов используются два метода: метод сверху вниз или снизу вверх. Метод сверху вниз заключается в уменьшении размеров частиц. В методе bottom-up рассматривается строительство новых структур на основе существующих наночастиц. В зависимости от того, какими свойствами должен обладать конечный продукт, строительными блоками наноструктур в этом методе могут быть атомы, молекулы или наночастицы. Получение материала с желаемыми свойствами возможно путем изменения размера строительного блока, контроля характеристик его поверхности и интерьера, а также путем наложения конкретных условий для соединения частиц в наноматериал.

Низкотехнологичные процессы синтеза наноструктур делятся на две группы: химический синтез в газовой, жидкой или твердой фазе и строго контролируемое осаждение и рост материалов. Синтез заключается в обеспечении постоянного контакта твердых реагентов путем их смешивания или дробления при одновременном нагревании системы, что направлено на облегчение диффузии атомов. Как правило, получение наноматериалов путем синтеза в твердом теле затруднено, тогда как диффузия в газовой и жидкой фазах намного быстрее, чем в твердом теле. Чтобы замедлить скорость разрастания зерен (что позволяет получать наноматериалы), процессы синтеза в этих фазах выполняются при более низких температурах [3, с. 67].

Направления применения наноматериалов в пищевой промышленности. В пищевой промышленности выделяют два основных направления развития нанотехнологий: производство новых продуктов и производство безопасных для здоровья продуктов путем поиска новых методов контроля качества или новой упаковки, обеспечивающей адекватную защиту пищевых продуктов. Примене-

ние нанотехнологий относится ко всем областям пищевой науки, включая сельское хозяйство, пищевую промышленность, упаковку, безопасность, питание и нутрицевтики [1, с. 23].

Достижения нанотехнологий и их применение в пищевых технологиях находятся на стадии исследований и разработок. В исследованиях используются наноразмерные материалы, наноэмульсии, нанокапсулы и нанотрубки. В аспекте контроля и контроля качества пищевых продуктов могут использоваться многие виды нанобиенсоров, которые предназначены для выявления (в короткие сроки) загрязняющих веществ в пищевых продуктах, например пестицидов, патогенов или даже тяжелых металлов.

Наноэмульсии широко используются в пищевой промышленности. Они получают в процессе гомогенизации высокого давления, микрофлудизации и с использованием ультразвука (эти методы относятся к механическим методам). Наноэмульсии обладают лучшими реологическими свойствами из-за их небольшого размера капель, в которых степень тонкости внутренней фазы принимает значения менее 100-500 нм. Растворимость наноэмульсии выше, что позволяет ферментам легче переваривать и поглощать компоненты наноэмульсии. Наноэмульсии используются в таких продуктах, как майонез и сливки с пониженным содержанием жира, а также в мороженом и шоколаде с пониженным содержанием калорий [4, с. 95].

Еще одно применение нанотехнологий в пищевом секторе – нанокапсуляция пищевых компонентов, например, в пищевых маслах, которые содержат нутрицевтики в нанокапсулах. Этот метод имеет несколько преимуществ: он обеспечивает защиту от окисления, улучшает стабильность, обеспечивает защитный барьер и маскирует запах и вкус. Нанокапсулы обладают способностью переносить через кишечник компоненты, которые в этом случае являются пищевой добавкой и обеспечивают большую биодоступность. В пищевых продуктах они используются для обеспечения биологически активных соединений. Биологически активные вещества благотворно влияют на физиологические процессы и снижают риск некоторых заболеваний, например, рака. Уменьшая размер частиц биологически активных соединений, нанотехнология может способствовать улучшению таких свойств, как растворимость, время пребывания в желудочно-кишечном тракте и эффективность поглощения клетками [3, с. 70].

В последнее время в пищевой промышленности появились нанотрубки, полученные путем частичного гидролиза белка β -лактоальбумина в присутствии ионов Ca^{2+} . Они обладают высоким форм-фактором (большой площадью поверхности) и жесткостью, что связано с уменьшением их потребности в организме. При строительстве нанотрубок из белка β -лактоальбумина имеются отверстия диаметром 8 нм, которые позволяют пищевым компонентам связываться. Они используются для инкапсуляции, защиты нутрицевтиков или для маскировки нежелательных ароматов.

Важным аспектом в пищевом секторе является контроль и мониторинг качества продуктов питания. Используя нанотехнологии, были разработаны миниатюрные биосенсоры, которые служат для распознавания чужеродной ДНК, белков, метаболитов, а главное – для раннего выявления биологически-химических

загрязнений пищевых продуктов. Наносенсоры – это устройства, состоящие из макромолекул, слоистых и имеющих большую активную площадь поверхности. Они характеризуются в 10 000 раз большей чувствительностью обнаружения по сравнению с человеческим языком. Они используются для определения качества пищевых продуктов, таких как кофе, соки, молоко и вино. Время обнаружения химических, биохимических, микробиологических и генетических процессов, происходящих в пище, можно минимизировать с нескольких дней до нескольких секунд с помощью нанобиосенсоров.

Кроме того, в пищевой промышленности используются другие инновационные наносенсоры. Среди них – нанокантилеверы (nanocantilevers), которые состоят из крошечных кусочков материалов на основе кремния. Они используются для распознавания белков и идентификации патогенных бактерий и вирусов.

Риски, связанные с потенциальным негативным воздействием наноматериалов на здоровье человека и окружающую среду. Внедрение новых технологий сопряжено с неблагоприятными последствиями и непреднамеренными рисками, примером которых может служить развитие нанотехнологий. В связи с отсутствием точных правовых норм, помимо несомненных преимуществ использования нанотехнологий, с ней связаны потенциальные риски. Все чаще возникают вопросы о токсичности наночастиц и их влиянии на организм человека и деградации окружающей среды [5, с. 12].

Влияние наноматериалов на здоровье человека остается в сфере широких дискуссий из-за недостаточного знания свойств наночастиц, что обусловлено разнообразием их размеров и форм. Некоторые литературные сообщения предполагают, что наночастицы более реактивны, более подвижны и более токсичны для человека и окружающей среды, чем более крупные макромолекулы. Однако не все наночастицы проявляют такие эффекты, и токсичность отдельных из них очень разнообразна. Каждая наночастица, в зависимости от материала, из которого она была образована (C, Ti, Ag, Au, Cd), характеризуется различной структурой, формой, поверхностью, физическими и химическими свойствами, растворимостью и цитотоксичностью. Незнание свойств наноматериалов может вызвать ряд проблем, связанных с их производством, обращением с ними, хранением, транспортировкой или утилизацией. Что касается окружающей среды, наночастицы могут подвергаться биологическому разложению, изменять свои химические и физические свойства, взаимодействовать с другими молекулами и молекулами атмосферы и вносить вклад в изменение химического состава воздуха. Отсутствие достаточных токсикологических и экотоксикологических данных препятствует оценке уровня риска, связанного с использованием нанотехнологий в пищевой промышленности [1, с. 58].

Вывод. С открытием новых наноразмерных материалов откроются новые области применения. До сих пор в пищевой промышленности, исследования проводятся в области сельского хозяйства, переработки, упаковки, а также безопасности и контроля качества пищевых продуктов.

Нанотехнология, как одна из областей науки, имеет много преимуществ, связанных с расширяющимся ассортиментом инновационных продуктов. Снижение содержания жиров, минимизация калорийности продуктов и обогащение

их дополнительными биологически активными веществами – один из аспектов применения нанотехнологий в пищевой промышленности. Нанотехнология также охватывает область контроля и мониторинга качества продукции от процесса производства до доставки потребителю, а также оценивает влияние наноматериалов на здоровье человека и окружающую среду.

Список литературы

1. Доломатов, М.Ю. Физико-химия наночастиц: учебное пособие для вузов / М.Ю. Доломатов, Р.З. Бахтизин, М.М. Доломатова. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 302 с.
2. Донченко, Л.В. Безопасность пищевой продукции: учебник для вузов / Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 264 с.
3. Смолькова, Б. Наночастицы в пищевых продуктах. Эпигенетические изменения, вызванные наноматериалами, и возможное влияние на здоровье, пищевую и химическую токсикологию / Б. Смолькова, А.Р. Коллинз, А.С. Гутлеб, М. Душинская // Пищевая промышленность. – 2015. – №77. – С 63-74.
4. Фанг, Г.З. Функциональные наноматериалы для обнаружения пищевых загрязнений / Г.З. Фанг, Х. Лу, С. Ван // Тенденции в пищевой науке и технологии. – 2018. – №71. – С.94-106.
5. Чугунова, М. Биохимия сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов. Учебное пособие / М. Чугунова. – М.: Феникс, 2017. – 284с.
6. Бадртдинова Г.М. Экономические основы управления биотехническими производствами /Г.М. Бадртдинова, Г.Р. Стрекалова/ В сб. Пищевые технологии и биотехнологии. материалы XVI Всероссийской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, посвященной 150-летию Периодической таблицы химических элементов: в 3 частях. 2019. С. 278-282.

МАРКЕТИНГОВЫЕ АКТИВЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Г. И. Гарафиева

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
hgul@mail.ru

Аннотация: Выявлена роль маркетинговых активов в деятельности предприятия. Систематизированы методы оценки маркетинговых активов. Представлена классификация маркетинговых активов согласно системе национальных счетов. На основе данных Федеральной службы государственной статистики проведена оценка маркетинговых активов пищевой промышленности.

Ключевые слова: нематериальные активы, маркетинговые активы, остаточная балансовая стоимость, пищевая промышленность.

MARKETING ASSETS OF THE FOOD INDUSTRY

G.I. Garafieva

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
hgul@mail.ru

Abstract: The role of marketing assets in the activity of the enterprise is revealed. Systematized methods for evaluating marketing assets. The classification of marketing assets according to the system of national accounts is presented. Based on the data of the Federal State Statistics Service, an assessment of the marketing assets of the food industry was carried out.

Keywords: intangible assets, marketing assets, residual book value, food industry.

Результативность финансово-хозяйственной деятельности предприятия зависит от эффективности использования имеющихся активов. В качестве активов, как правило, рассматриваются ресурсы, которые контролирует компания и от которых она ожидает получить экономические выгоды в перспективе.

Активы делятся на два основных вида: материальные и нематериальные. Среди нематериальных активов можно выделить следующие виды:

- технологические нематериальные активы (например, патенты или авторские права);
- стратегические активы (сюда относят лицензии либо определенные права, дающие преимущества и способствующие ограничению конкуренции);
- репутационные активы (например, имидж компании);
- человеческие ресурсы (квалификации, навыки и умения сотрудников);
- корпоративная культура [1].

В свою очередь среди нематериальных активов можно выделить те, которые создаются самим предприятием и в то же время имеют маркетинговую природу. Например, к подобным активам можно отнести:

- маркетинговую стратегию предприятия;
- базу клиентов;
- методы, которые использует компания для анализа рынка;
- результаты, полученные в ходе маркетинговых исследований;
- нововведения, разработанные компанией в сфере маркетинговых технологий;
- имидж компании и долгосрочные отношения с покупателями;
- бренды, торговые марки и пр.

Данные нематериальные активы позволяют предприятию быть в выигрыше в ходе конкурентной борьбы [2]. Величина подобных активов представляет собой элемент капитализации, отражающий эффективность маркетинговой деятельности и позволяющий повысить инвестиционную привлекательность предприятия и нарастить ее стоимость.

В настоящее время вопросы оценки маркетинговых активов представляют значительный научный и практический интерес. Вместе с тем, проблема оценки маркетинговых активов освещена недостаточно полно. Главным образом для оценки маркетинговых активов применяются методы, которые используются при оценке бизнеса. Так, наиболее распространенными являются рыночный, доходный и затратный подходы. Выбор определенного метода определяется тем, какой вид маркетингового актива подлежит оценке.

Рыночный метод предполагает, что актив будет сравниваться точно с таким же маркетинговым активом, который был реализован на рынке. При оценке осуществляется сравнение фактических цен продажи аналогичного актива, поэтому учитывается ситуация, существующая на рынке в данный момент времени. Доходный подход основывается на так называемой приведенной оценке. Другими словами, выгоды, ожидаемые к получению в будущем, должны быть приведены к данному моменту времени. В отличие от рыночного и доходного подходов затратный метод не получил достаточно широкого распространения. Вместе с тем, при его применении используют историческую стоимость объекта, т.е. затраты, фактически осуществленные на приобретение объекта или его развитие (разработку); затем данные затраты с учетом индекса инфляции корректируются в соответствии с действующими ценами. При этом следует помнить, что историческую стоимость нематериальных активов можно определять на основе учета расходов на рекламу, консультационные услуги и пр. [3].

В системе национальных счетов маркетинговые активы классифицируют на следующие элементы: бренды, торговые марки, логотипы и доменные имена. Федеральная служба государственной статистики ведет оценку маркетинговых активов в разрезе видов экономической деятельности по остаточной балансовой стоимости (стоимости приобретения за вычетом начисленной амортизации).

Остаточная балансовая стоимость маркетинговых активов предприятий пищевой промышленности в 2017-2020 гг. представлена в таблице 1.

Таблица 1

Остаточная балансовая стоимость маркетинговых активов предприятий пищевой промышленности в 2017-2020 гг., тыс. руб.²

	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Темп прироста, %		
					2018/ 2017	2019/ 2018	2020/ 2019
Переработка и консервирование мяса и мясной пищевой продукции	-	126185	42415	83565	-	-66,4	97,0
Переработка и консервирование рыбы, ракообразных и моллюсков	-	250	2004	3090	-	701,6	54,2
Переработка и консервирование фруктов и овощей	2400	255	88368	89834	-89,4	34554,1	1,7
Производство молочной продукции	1225	72	301394	82171	-94,1	418502,8	-72,7
Производство хлебобулочных и мучных кондитерских изделий	76300	116678	377666	44828	52,9	223,7	-88,1
Производство какао и сахаристых изделий	86530	317	147582	56970	-99,6	46455,8	-61,4
Производство прочих пищевых продуктов, не включенных в другие группировки	24434	-	2437	16747	-	-	587,2

Таким образом, в 2017 г. максимальная стоимость маркетинговых активов в пищевой промышленности наблюдалась при производстве какао, шоколада и сахаристых кондитерских изделий, а также хлебобулочных и мучных кондитерских изделий (стоимость данного вида экономических активов составила 86530 тыс. руб. и 76300 тыс. руб. соответственно). В указанном году минимальная величина данного показателя была характерна для производства молочной продукции; значение показателя составило лишь 1225 тыс. руб.

Если рассматривать 2018 г., то максимальная стоимость маркетинговых активов имела место в переработке и консервировании мяса и мясной пищевой продукции и производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий (стоимость данного вида экономических активов составила 126185 тыс. руб. и 116678 тыс. руб. соответственно). В указанном году (как и в 2017 г.) минимальная величина данного показателя была характерна для производства молочной продукции; значение показателя составило лишь 72 тыс. руб.

Что касается темпа прироста, то в 2017-2018 гг. рост стоимости маркетинговых активов наблюдался лишь в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий (показатель вырос на 52,9%). По оставшимся видам деятель-

² Составлено автором на основе данных Федеральной службы государственной статистики

ности имело место существенное снижение показателя. Так, по производству какао, шоколада и сахаристых кондитерских изделий стоимость маркетинговых активов снизилась на 99,6%, по производству молочной продукции - на 94,1%, по переработке и консервированию фруктов и овощей - на 89,4%.

В 2019 г. максимальная стоимость маркетинговых активов имела место в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий и производстве молочной продукции (стоимость данного вида экономических активов составила 377666 тыс. руб. и 301394 тыс. руб. соответственно). Следует отметить, что в 2017-2018 г. стоимость маркетинговых активов в производстве молочной продукции была минимальной. Также высоким в 2019 г. было значение показателя в производстве какао, шоколада и сахаристых кондитерских изделий (значение составило 147582 тыс. руб.). В указанном году минимальная величина маркетинговых активов была характерна для видов деятельности «Переработка и консервирование рыбы, ракообразных и моллюсков» и «Производство прочих пищевых продуктов, не включенных в другие группировки»; значение показателя составило лишь 2004 тыс. руб. и 2437 тыс. руб. соответственно.

Что касается темпа прироста, то в 2018-2019 гг. для многих видов деятельности был характерен существенный рост стоимости маркетинговых активов. Так, по производству молочной продукции показатель вырос в 4186 раз, по производству какао, шоколада и сахаристых кондитерских изделий - в 465,6 раза, по переработке и консервированию фруктов и овощей - в 346,5 раза. Снижение показателя имело место лишь в переработке и консервировании мяса и мясной пищевой продукции и составило 66,4%.

В 2020 г. максимальная стоимость маркетинговых активов наблюдалась в переработке и консервировании фруктов и овощей; значение показателя составило 89834 тыс. руб. Также высоким было значение показателя по переработке и консервированию мяса и мясной пищевой продукции и производству молочной продукции (стоимость маркетинговых активов составила 83565 тыс. руб. и 82171 тыс. руб. соответственно). В указанном году минимальная величина маркетинговых активов была характерна для переработки и консервирования рыбы, ракообразных и моллюсков; значение показателя составило лишь 3090 тыс. руб.

Что касается темпа прироста, то в 2019-2020 гг. существенный рост стоимости маркетинговых активов имел место в сфере «Производство прочих пищевых продуктов, не включенных в другие группировки»; показатель вырос в 6,9 раза. Снижение показателя имело место в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий и производстве какао, шоколада и сахаристых кондитерских изделий и составило 88,1% и 61,4% соответственно.

Таким образом, маркетинговые активы играют особую роль среди активов предприятия. Проведенное исследование способствовало выявлению видов экономической деятельности в пищевой промышленности с максимальной стоимостью маркетинговых активов, которые, в свою очередь, позволяют существенно повысить конкурентоспособность, и, соответственно, увеличить прибыльность предприятия.

Список литературы

1. Архипова Н.А., Шатунова Г.А., Панасенко М.И. Методы оценки интеллектуальной собственности // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2014. № 7 (117). С. 30-33.
2. Буга А.В., Куприн А.А., Федорцова А.С. Правовое регулирование отношений в области идентификации и оценки стоимости интеллектуальной собственности // Экономика и управление народным хозяйством. 2019. №9 (11). С. 199-205.
3. Пузыня Н.Ю. Анализ и совершенствование стандартов оценки стоимости нематериальных активов // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2018. №7 (202). С.50-57.

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ В МИРЕ

И. А. Гусарова, Ю. В. Пантелеева, А. В. Лысов

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
irina_g_2000@mail.ru

Аннотация: в статье рассматривается проблема очистки сточных вод в рамках мирового экономического развития, так как, с точки зрения биотехнологии, сточные воды являются альтернативным источником воды, устойчивым источником энергии и питательных веществ.

Ключевые слов: водные ресурсы, очистка сточных вод, загрязнения, экономическое развитие.

IMPACT OF WASTEWATER TREATMENT PROCESS ON ECONOMIC DEVELOPMENT IN THE WORLD

I. A. Gusarova, Yu. V. Panteleeva, A. V. Lysov

Kazan national research technological university, Kazan, Russia
irina_g_2000@mail.ru

Abstract: The paper addresses the problem of wastewater treatment as part of global economic development, as, in terms of biotechnology, wastewater is an alternative source of water, a sustainable source of energy and nutrients.

Keywords: water resources, wastewater treatment, pollution, economic development.

Водные ресурсы являются неотъемлемой составляющей жизнедеятельности человека, которые незаменимы для выращивания сельскохозяйственных культур, вырабатывают энергию, дают возможность производить большое количество промышленных товаров и других товаров и услуг и обеспечивают целостность экосистем. Поэтому наблюдается постоянно растущий спрос на пресную воду как в сельском хозяйстве и промышленности, так и в муниципальном секторе. При этом многие страны, уже сейчас испытывают недостаток доступа к водным ресурсам, что приводит к снижению возможностей для развития данным стран. Следует отметить, что ухудшение экологической обстановки, изменение климата, влияет на качество водных ресурсов, особенно ухудшается качество пресной воды.

Водные ресурсы играют значительную роль в процессе развития промышленности, экономики и существования человечества в целом. В настоящее время, водные ресурсы занимают основное место в национальных и международных

программах развития. Принято несколько международных соглашений, где установлены целевые показатели в области водоснабжения и санитарии водоисточников. Наиболее важными являются следующие показатели: «доля населения, использующего улучшенный источник воды» и «доля населения, пользующегося улучшенными санитарно-техническими средствами».

Поскольку вода необходима для существования и жизнедеятельности человечества, и неразрывно связана с социально-экономическим развитием, необходимо отказаться от подхода, основанного на региональном использовании водных ресурсов, а следует ориентироваться на комплексный глобальный подход к управлению водными ресурсами.

В ситуации, когда спрос на пресную воду постоянно растет, а ограниченные водные ресурсы подвергаются все большему истощению из-за чрезмерной эксплуатации, загрязнения и изменения климата, необходимо уделять пристальное внимание возможностям, которые дает система управления сточными водами.

По оценкам, более 80 % сточных вод в мировом хозяйстве (в некоторых развивающихся странах более 95%) выбрасывается в окружающую среду без очистки. Большинство сточных вод в странах Африки, Азии и Латинской Америки сбрасываются в реки без минимальной обработки. По данным ООН на 2012 год более 800 000 смертей во всем мире были вызваны потреблением загрязненной питьевой воды, применением неэффективных средств для мытья рук и ненадлежащими санитарно-гигиеническими условиями жизни.

В морях и океанах дезоксигенированные мертвые зоны, вызванные сбросом неочищенных сточных вод, неуклонно увеличиваются, затрагивая около 245 000 км² морских экосистем, что негативно сказывается на рыболовной промышленности и существовании флоры и фауны мирового океана.

Долгое время проблема сточных вод считалась санитарно-гигиенической, в связи с растущим дефицитом пресной воды в разных регионах мира стали задумываться о важности сбора, очистки и повторного использования сточных вод. При этом следует отметить не развитость инфраструктуры очистки и подготовки сточных вод для дальнейшего использования. Согласно данным проведенных исследований, из 181 страны только 55 имеют и используют технологии производства, очистки и применения сточных вод. В большинстве стран, в которых они имеются, данные технологии не отвечают современным требованиям качества переработки сточных вод. На сегодняшний день недостаточное количество информации препятствует исследованиям и разработкам, необходимых для внедрения инновационных технологий и адаптации существующих технологий к местным особенностям и потребностям.

Во всех странах, за исключением наиболее развитых, подавляющее большинство сточных вод выбрасывается непосредственно в окружающую среду без надлежащей очистки, что оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье человека, экономическую производительность, качество пресноводных ресурсов окружающей среды, и экосистемы.

Хотя сточные воды являются ключевым компонентом водохозяйственного цикла, вода после использования слишком часто рассматривается как бремя, которое необходимо устранить, или как неудобство, которое следует игнорировать.

Прямые последствия, включая ухудшение состояния водных экосистем и заболеваний, передающиеся через воду, вызванные загрязнением пресной воды, оказывают существенное влияние на благосостояние сообществ и средства к существованию отдельных лиц. Легкомысленное отношение к вопросу сточных вод в качестве серьезной социальной и экологической проблемы может поставить под угрозу дальнейшие усилия по реализации программы в области устойчивого развития на период до 2030 года. [1]

Столкнувшись с постоянно растущим спросом на пресную воду, сточные воды набирают обороты в качестве надежного альтернативного источника воды, тем самым, изменяя парадигму управления сточными водами с «очистки и удаления» на «повторное использование, рециркуляцию и рекуперацию ресурсов». В этом отношении сточные воды рассматриваются скорее не как проблема, требующая решения, а скорее как часть решения проблем, с которыми сталкиваются общества сегодня.

С точки зрения биотехнологии, сточные воды также могут быть экономически эффективным и устойчивым источником энергии, питательных веществ и других полезных побочных продуктов. Потенциальные выгоды извлечения этих ресурсов из сточных вод имеют непосредственное влияние на продовольственную и энергетическую безопасность, а также способствуют смягчению последствий изменения климата.

В условиях замкнутой экономики, в которой экономическое развитие находится в равновесии с защитой природных ресурсов и устойчивым развитием, сточные воды представляют собой широко доступный и ценный ресурс.

С активным ростом населения планеты в ближайшие десятилетия во всем мире значительно возрастет спрос на воду. Помимо сельскохозяйственного сектора, на который приходится 70% мирового водозабора, ожидается значительное увеличение спроса на воду для промышленного и энергетического производства. Ускоренная урбанизация и расширение муниципальных систем водоснабжения и канализации способствуют росту спроса.

Сценарии, связанные с изменением климата прогнозируют усиление пространственных и временных вариаций динамики водного цикла до такой степени, что разрыв между предложением воды и спросом на нее становится все больше и больше.

Погодные катаклизмы, нестабильность климатических условий за последние 50 лет привели к череде серьезных наводнений и засух, что повлияло на изменения во многих речных бассейнах мира. Наводнения и засухи имеют значительные социально-экономические и экологические последствия.

Две трети населения мира в настоящее время проживает в районах, которые испытывают нехватку воды не менее одного месяца в году. Около 500 миллионов человек живут в регионах, где потребление воды в два раза превышает потребление местных возобновляемых водных ресурсов. Районы с высокой степенью уязвимости, в которых запасы невозобновляемых ресурсов (например, ископаемых подземных вод) продолжают сокращаться, стали в значительной степени зависеть от поставок из районов с обилием водных ресурсов, вынуждены активно искать альтернативные экономически выгодные источники.

Доступность водных ресурсов тесно связана с качеством источников воды. Увеличение сбросов неочищенных сточных вод в сочетании с сельскохозяйственными стоками и недостаточной очисткой промышленных сточных вод приводит к ухудшению качества воды во всем мире. Если ситуация не будет меняться, качество воды продолжит ухудшаться, в ближайшее время, особенно в странах с ограниченными водными ресурсами, расположенными в засушливых районах мира. Сложившаяся ситуация создает еще большую угрозу здоровью людей и экосистемам, способствует нехватке питьевой воды и препятствует устойчивому экономическому развитию. [2]

В среднем страны с высоким уровнем дохода перерабатывают около 70% производимых ими муниципальных и промышленных сточных вод. Этот показатель снижается до 38% в странах с доходом выше среднего и до 28% в странах с доходом ниже среднего. В странах с низким уровнем дохода только 8% этих сточных вод подвергаются какой-либо очистке. Согласно данным международных экологических организаций более 80% сточных вод в мире, вероятно, будут сбрасываться без очистки.

В странах с высоким уровнем дохода использование передовых методов очистки сточных вод субсидируются и дотируются, в рамках государственной поддержки мероприятий сохранения качества окружающей среды или мероприятий по поиску альтернативных источников пресной воды. Однако, особенно в развивающихся странах, из-за отсутствия инфраструктуры, технического и институционального потенциала и финансирования, выбросы неочищенных сточных вод остаются обычной практикой.

Международная программа в области устойчивого развития на период до 2030 года ставит глобальную цель по улучшению качества водных ресурсов, которая выходит за рамки вопросов водоснабжения и санитарии. Основопологающими задачами данной Программы являются улучшение качества воды за счет снижения загрязнений, устранение сброса отходов и минимизация выбросов химических веществ и опасных материалов, за счет сокращения вдвое доли неочищенных сточных вод и значительного увеличения во всем мире качественной переработки и повторного использования сточных вод. Чрезвычайно низкий уровень очистки сточных вод в странах с низким и средним уровнем дохода указывает на необходимость внедрения недорогостоящих решений и альтернатив безопасного повторного использования воды, чтобы поддержать достижение цели, которая имеет решающее значение для успеха в реализации всей программы.

Список литературы

1. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2016 год / под ред. С.Н. Бобылева и Л.М. Григорьева. — М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2016. 298 с.
2. Каракулов, Ф. А. Подходы к решению проблем водопользования / Ф. А. Каракулов. // Молодой ученый. — 2022. — № 36 (431). — С. 17-19.

ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ С ВИХРЕВЫМ СЛОЕМ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПЕКТИНОВ

И. А. Гусарова, Ю. В. Пантелеева, А. В. Лысов

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Казань, Россия
irina_g_2000@mail.ru

Аннотация: в статье рассматривается вопрос оптимизации технологии производства пектина с использованием устройства с вихревым слоем, которая позволит сделать его простым, доступным и выгодным для относительно небольшого предприятия.

Ключевые слов: пектины, гидролиз, экстракция, интенсификация процесса, вихревой слой, растительное сырье.

THE USE OF DEVICES WITH A VORTEX LAYER TO OPTIMIZE THE PROCESS OF OBTAINING PECTINS

I. A. Gusarova, Yu. V. Panteleeva, A. V. Lysov

Kazan national research technological university, Kazan, Russia
irina_g_2000@mail.ru

Abstract: the article deals with the optimization of pectin production technology using a device with a vortex layer, which will make it simple, affordable and profitable for a relatively small enterprise.

Keywords: pectins, hydrolysis, extraction, process intensification, vortex layer, vegetable raw materials.

Пектины – это природные углеводы (полисахариды), содержащиеся в растениях. В основном эти вещества сосредоточены во фруктах. Они составляют структурные компоненты тканей, поддерживают тургор, тонус плодов, а также обеспечивают сохранность и устойчивость к засухе. Они присутствуют в клеточном соке фруктов и овощей, составляя более половины их клеточной массы. Производство пектина заключается в разрушении клеточных мембран и получении содержащихся в них полисахаридов.

Мировое производство этого продукта ежегодно увеличивается на 3-4%. В то же время развиваются и технологии производства пектина. Более того, на мировом рынке большая часть этих веществ производится из цитрусовых, на долю которых приходится около 70% всего мирового производства. Извлеченные из фруктов и овощей пектины имеют форму водорастворимого порошка. Цвет пектинового порошка может варьироваться по цвету от белого до коричневого. Как правило, пектиновые вещества не имеют вкуса и запаха, но при этом

может присутствовать аромат фруктов или овощей, из которых были извлечены пектины. [2]

В отличие от других растворимых веществ, таких как сахар, пектины не растворяются сразу при попадании в воду. Благодаря своим сорбционным свойствам, они поглощают влагу. В этом случае зерна сначала набухают и начинают растворяться только тогда, когда насыщаются влагой. Если набухающие зерна сталкиваются друг с другом, они соединяются в желеподобную массу.

Пектины образуются на основе остатков галактуроновой кислоты, и образуют желе при растворении в воде с сахаром и кислотами. Получаются сложные эфиры пектиновой кислоты и этилового спирта, обладающие высокими биологическими свойствами благодаря наличию свободных карбоксильных и гидрокарбоновых групп галактуроновой кислоты. Данное свойство позволяет пектинам взаимодействовать с радионуклидами и тяжелыми металлами и образовывать нерастворимые комплексы, которые могут быть выведены из организма человека при употреблении пектинов как пищевой добавки или в качестве полезного кишечного сорбента. Как сорбент, пектины делают организм человека более устойчивым к аллергии, улучшают обмен веществ, ускоряют заживление ран и ожогов, а также регулируют уровень холестерина. [1]

Благодаря ряду уникальных свойств пектины нашли применение в ряде отраслей промышленности.

Пищевая промышленность, на данный момент, это основная область применения пектинов, которые используются при производстве джемов, йогуртов, мороженого, кетчупов, соусов, хлебобулочных изделий, соков и напитков, кондитерских изделий, включая мармелад, зефир, конфетные начинки и мармеладные консервы.

В медицине и производстве фармацевтических препаратов, пектины используются в качестве физиологически активных веществ. Они модифицируются для получения продуктов с полезными, целебными свойствами, применяются при производстве таблеток, капсул, пастилок и гидрогелей, а также используются для лечения острых кишечных инфекций, удаления радиоактивных веществ и общего укрепления иммунной системы.

В текстильном производстве пектины нашли применение, в основном, при обработке тканей.

В косметологии пектины используются в производстве кремов, мазей и гелей, а в качестве добавок, их можно найти в шампунях, зубных пастах, кондиционерах для волос и дезодорантах.

Пектины нашли применение даже в тяжелой промышленности; например, их можно использовать в качестве добавок для получения лучшего результата литья из смесей.

Таким образом, в целом, пектины являются хорошими натуральными загустителями, структурирующими компоненты, профилактическими и лечебными веществами.

Источниками получения пектиновых веществ являются растительные ткани сочных плодов и корнеплодов. Это, прежде всего, цитрусовые и яблочные вы-

жимки, жом сахарной свеклы, тыквы, арбуза, корзинок подсолнечника. Традиционной, и самой распространенной, технологией получения пектина из цитрусовых, включая лайм, является кислотную экстракцию.

Процесс кислотной экстракции цитрусовых выжимок включает следующие стадии.

Первая стадия заключается в приготовлении сырья. Перед экстракцией сырье высушивают, измельчают до получения частиц размером в несколько миллиметров и промывают прохладной водой.

Вторая стадия гидролиза и экстракции пектина. Сырье проходит стадию гидролиза с использованием соляной, азотной, сернистой, сернокислотной, лимонной, фосфорной или уксусной кислот. Оптимальным, с точки зрения экономического эффекта, является применение в гидролизе азотной и лимонной кислот. При этом, наибольший экономический эффект, имеют методы гидролиза, в которых используется серная кислота и серосодержащие среды, считающиеся одними из наиболее эффективных. Однако, при использовании данного метода, технологический процесс усложняется, и целесообразно его использовать только при больших объемах производства. Сам процесс гидролиза длится около двух часов при температуре от 70 до 95°C. После этого получают жидкий экстракт и очищают его путем фильтрации и разделения.

Третья стадия получения пектиновых веществ включает в себя процессы осаждения, извлечение, очистку и сушку.

Один способ основан на отделении пектиновых веществ от экстракта путем осаждения с использованием этанола или изопропанола. Потом экстракт дополнительно обрабатывается в вакуумных выпарных аппаратах для увеличения концентрации пектина. Другой способ, включает осаждение с использованием солей поливалентных металлов и гидроксида аммония.

Извлечение пектинов из маточного раствора осуществляется в процессах фильтрации и прессования с использованием центрифуги. Полученные экстрагированные вещества измельчают.

Далее проводят очистку и сушку пектина. Пектиновые вещества обрабатывают спиртовыми растворами, концентрированным спиртом, после чего их сушат и измельчают в порошок. Размер частиц должен составлять до 250 микрон.

В целом, такая технология производства пектина выгодна только при больших объемах производства, поскольку она довольно дорогая. Оборудование, его техническое обслуживание, регулярный ремонт из-за использования агрессивных сред обходятся дорого. Кроме того, возникают высокие затраты на обеспечение удаления кислых сред и содержание зданий и сооружений по переработке отходов.

Оптимизировать процесс получения пектинов может устройство с вихревым слоем (AVS), сделав его простым, доступным и выгодным даже для относительно небольшого предприятия.

Устройство вихревого слоя GlobeCore представляет собой компактный блок, содержащий рабочую камеру, заполненную ферромагнитными частицами. Индуктор создает электромагнитное поле в рабочей зоне. Приводимые в дей-

ствие полем, ферромагнитные иглы и обрабатываемый материал активно перемещаются по камере. В этом случае наблюдается диспергирование и перемешивание. В то же время обрабатываемый материал подвергается гидролизу, высоким локальным давлениям, электромагнитной обработке и акустическим вибрациям. Благодаря этому становится возможным усовершенствовать существующую традиционную технологию производства пектина или внедрить новый способ производства пектина.

Использование AVS выгодно для интенсификации процесса гидролиза и экстракции при производстве пектина. В этом случае оборудование используется дополнительно в рамках существующей технологической линии.

Благодаря обработке сырья во время гидролиза и экстракции с помощью устройства с вихревым слоем протопектин более эффективно высвобождается из кожуры лайма и затем гидролизуеться более эффективным способом. В результате пектин может быть получен быстрее, а его концентрация становится выше.

Кроме того, AVS можно использовать вместо обычного поточного оборудования для эффективного измельчения готового продукта.

Устройство с вихревым слоем открывает возможности для получения пектина как такового непосредственно из лимонной кожуры без использования химических экстрагентов. В результате упрощается технологический процесс, а стоимость производства пектина значительно снижается. В этом случае нет необходимости использовать кислотную экстракцию и применять процесс нейтрализации отработанного сырья. А качество конечного продукта улучшается благодаря отсутствию гидролиза сложноэфирных и гликозидных связей. Оба процесса происходят при обычном способе производства.

Пектин можно получать из кожуры лайма и другого растительного сырья с помощью устройства с вихревым слоем без сложных процессов кислотной экстракции. Когда кожуру лайма обрабатывают в AVS с водой, степень измельчения сырья достигает уровня распада клеток, и связанный пектин, содержащийся в клетках, становится доступным. Более того, даже если клетка не распадается, пектин высвобождается из нее благодаря электромагнитным воздействиям и другим процессам, наблюдаемым в рабочей камере.

Такая технология экстракции делает процесс получения пектина простым и доступным. Кроме того, время, необходимое для приготовления экстракта, сокращается с 1-2 часов до нескольких минут.

Оборудование может использоваться для выполнения нескольких задач одновременно и подходит как для классической технологии производства пектина, так и для новой, альтернативной.

В зависимости от модели потребляемая мощность AVS колеблется от 4,5 до 9,5 кВт, что в несколько раз меньше, чем при использовании обычного оборудования.

Таким образом, устройство с вихревым слоем позволяет увеличить выход пектиновых веществ и упростить технологию производства пектина на производстве, что делает его выгодным также для предприятий с низкой производительностью.

Список литературы

1. Дегтярев, Л.С. Свойства и строение галактуроновой кислоты в технологии производства пектинов / Л.С. Дегтярев, М.П. Купчик, Л.В. Донченко // Известия вузов. Пищевая технология, 2002. – № 4. – С. 15–18.
2. Донченко, Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов: учебное пособие / Л.В. Донченко. – М.: ДеЛи, 2000.

ИННОВАЦИОННЫЕ СТРАТЕГИИ И ЭКОНОМИКА АССОРТИМЕНТНОЙ ПОЛИТИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ

А. А. Исхакова, Г. Р. Стрекалова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия

Аннотация: Рассмотрена ассортиментная политика предприятия. Показана роль инновационной деятельности как важного фактора управления ассортиментной политикой и развития малого и среднего бизнеса в современных условиях: в эпоху роста ожиданий потребителей и усиления конкуренции. Рассмотрена роль человеческого фактора в решение сложных задач, ситуаций трансформации цели, методов и организационных форм деятельности предприятия. Показано, что в современных условиях, малые и средние предприятия внедряют инновационные решения не только для того, чтобы конкурировать с зарубежными аналогами, но и в целях гибкого реагирования на запросы российского рынка, в том числе и по импортозамещению.

Ключевые слова: ассортимент, продукция, предприятие, политика, инновации, стратегии, малый и средний бизнес.

INNOVATIVE STRATEGIES AND ECONOMICS OF THE ASSORTMENT POLICY OF THE ENTERPRISE

A. A. Iskhakova, G. R. Strekalova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Annotation. The assortment policy of the enterprise is considered. The role of innovation activity as an important factor in managing the assortment policy and development of small and medium-sized businesses in modern conditions is shown: in the era of rising consumer expectations and increased competition. The role of the human factor in solving complex problems, situations of transformation of the goal, methods and organizational forms of the enterprise's activity is considered. It is shown that in modern conditions, small and medium-sized enterprises are introducing innovative solutions not only to compete with foreign counterparts, but also in order to respond flexibly to the demands of the Russian market, including import substitution.

Keywords: range, products, enterprise, policy, innovation, strategy, small and medium business.

Ассортиментная политика – одна из нескольких стратегических ориентиров предприятия, любого вида деятельности, наряду с политикой производства, размещения, продвижения, обслуживания и ценовой политикой. Ее правильное применение оказывает существенное влияние на конкурентное преимущество предприятий на рынке.

Ассортиментная политика применяется таким образом, чтобы в предложение предприятия входили товары, продажа которых принесут максимально возможную прибыль (оптимизация ассортимента). Поэтому крайне важно тщательно анализировать жизненный цикл товара и его долю на рынке [1, с. 26].

Рецепт формирования ассортиментной политики кроется в наилучшей балансировки (оптимизации) ассортимента и широко известен в среде предприятий: примерно 0,5% продукции должно находиться в фазе внедрения, 15-20% в фазе роста, 50-60% в фазе зрелости, 5-10% в фазе упадка.

Для анализа доли рынка товара, что является важным фактором ассортиментной политики, часто используется Матрица BCG как один из старейших, наиболее известных и в то же время один из самых простых и до сих пор востребованных с точки зрения полезности метод представления производственного портфеля и инструмент стратегического контроллинга. Данный метод консалтинговой компании Boston Consulting Group был впервые применен как инструмент маркетинга в 1969 году.

Метод позволяет оценить потенциал развития предприятия и определить ее стратегическую позицию. Благодаря этому методу предприятие может определить, какие товары (домены) следует вывести из ассортимента, а какие должны приносить больше прибыли в будущем. Предполагается, что продукт с доминирующей долей рынка генерирует финансовый излишек. Это связано с тем, что большая доля рынка приносит дополнительные преимущества, такие как экономия за счет масштаба, большая рыночная власть.

Помимо двух основных параметров, описывающих ассортимент, то есть ширины и глубины, следует также учитывать связанность и взаимодополняемость [2, с.65].

Широта ассортимента – это просто количество товарных групп, совокупность товаров, изготовленных из одного и того же сырья, технологии производства и назначения. Например, магазин одежды с широким ассортиментом предлагает рубашки, брюки, толстовки, футболки и пр.

Глубина ассортимента – это количество видов, марок, размеров в пределах одного товара, например, клетчатые, полосатые, одноцветные, с длинными рукавами, с короткими рукавами и т.п.

Постоянство ассортимента – насколько тесно товары связаны друг с другом по цене и имиджу.

Взаимодополняемость ассортимента – другими словами, товары, которые необходимы для выполнения конкретной деятельности, например, для стрижки газона понадобится газонокосилка, топливо, масло и т. д.

Выделяют две основные тенденции ассортиментной политики, определяющие ее эффективность: универсализация и специализация.

Универсализация чаще всего используется предприятием из расчета на запросы массового потребителя. Данная тенденция представляет такой подбор ассортимента, при котором «средний потребитель» найдет все, что ему нужно. Примером могут служить различные виды дисконтных магазинов, где ассортимент очень широк, но неглубок. Это позволяет покупателям находить все товары, которые они хотят купить, но, например, только одного типа.

Специализация, с другой стороны, означает удовлетворение ожиданий небольшой группы потребителей, которые ожидают конкретных, оригинальных продуктов. Такие предприятия ориентированы обычно на небольшие производства в которых ассортимент выпускаемой продукции довольно мал, что характерно для малого и среднего бизнеса, который ориентируется на производства ограниченного объема и ассортимента.

Кроме вышеперечисленных стратегий формирования ассортиментной политики используются также следующие:

- расширение ассортимента – дополнение существующего ассортимента новыми товарными группами;
- расширение ассортимента – введение большего количества видов данного товара;
- сортировка ассортимента – устранение товаров, которые не продаются;
- ассортиментные новшества – введение новых, ранее неизвестных товаров.

Решения, связанные с ассортиментной политикой предприятия являются ключевой областью формирования будущего его экономического положения. Политика ассортимента включает в себя привлечение потребителей, как внутренних, так и внешних, которые, расходуя свои средства, будут приносить доход предприятию, однако только в ситуации, когда ассортимент позволяет им удовлетворять покупательские устремления. В этом контексте добавление в предложение дополнительных товаров является необходимостью, обусловленной ожиданиями потребителей, которые ожидают новых продуктов, опыта и преимуществ, связанных с приобретением того или иного товара. Расширение ассортимента, однако, связано одновременно с более высоким риском отсутствия принятия потребителем инноваций в предложении, а также с увеличением затрат, которые являются производными от закупочных цен на товары, способов управления запасами или замораживания капитала [3, с.209].

Инновации в становлении ассортиментной политики предприятия возникают там, где преобладает настрой на интеллектуализацию профессиональной деятельности, то есть активное отношение к собственной работе, рассматриваемой через призму целей, и критический подход к тому, что делается. В таких предприятиях основное внимание уделяется решению сложных ситуаций. Ценится способность часто трансформировать цели, методы и организационные формы деятельности.

В современных условиях санкций интерес к развитию собственного бизнеса возрос и особое внимание в решении ассортиментной политики предприятий играют организация производств по импортозамещению, и в этом процессе не последнюю роль а может даже первую играют предприятия малого и среднего бизнеса как гибкий механизм перестройки производства на новые рельсы производства востребованной продукции. [4, с.180].

Чтобы обеспечить инновации, необходимо обеспечить благоприятную атмосферу в компании. Высшее руководство должно умело стимулировать творчество всех сотрудников, отказываясь от традиционной веры в то, что только

управленческий персонал должен проектировать изменения, поскольку часто самые инновационные идеи рождаются в головах специалистов более низкого уровня.

Человеческий фактор и, в частности, управление человеческими ресурсами в настоящее время рассматривается как ключевой элемент успеха в области инноваций, поэтому с этого момента это измерение управления уже прочно вошло во весь инновационный процесс. Нет хороших технологий или хороших инноваций без компетентных людей, которые могут адекватно использовать их и извлекать из них выгоду.

Если предприятие берет ориентир на инновации, то ему не обойтись без риска [5, с.102]. Само время диктует, что сегодня невозможно не быть инновационным, сохранять организационное постоянство (избегая изменений, рисков). Если все без изменений, то такое состояние означает, что инновации просто умирают. Следует при принятии стратегических решений по развитию обойтись от общепринятой точки зрения, пропагандируемой юристами и бухгалтерами, говорящей о том, что лучший уровень риска-это нулевой уровень.

Для формирования на предприятиях проинновационных установок особенно важно создание организационной среды, способствующей творческой и творческой деятельности. Инновационность предприятия во многом зависит от того, как владелец, менеджер и сотрудники относятся к творчеству. Задача инновационного предприятия – использовать систему мотивации, которая существенно укрепляет творчество и вовлеченность сотрудников. Управление знаниями дает организациям определенные преимущества в области повышения эффективности принятия решений, лояльности, доверия, культуры качества и знаний. Опыт многих предприятий подтверждает существование взаимосвязей между обучением, компетентностью, творчеством, инновационностью и конкурентоспособностью организации.

Инновационные стратегии являются основным компонентом, способствующим становлению экономики предприятия. Для улучшения и поддержания конкурентной позиции в современных рыночных условиях требуются соответствующие стратегии работы, основанные на эффективной и инновационной системе, учитывающей внутренний потенциал предприятия, а также условия окружающей среды. Разработка соответствующих стратегий имеет основополагающее значение для функционирования предприятия, особенно в контексте принятия рискованных решений.

Малые и средние предприятия, которые настаивают на быстром реагировании на изменения, происходящие на рынке, и адаптируют инновационную стратегию, могут выявлять новые возможности и идеи, необходимые для их функционирования. Предприятия, работающие таким образом, постоянно ищут место на рынке и новые продукты, которые удовлетворят потребности клиентов нового поколения. Принятие таких стратегий – это также увеличение затрат на разработку и исследования и инвестиции в маркетинговую деятельность. Ориентация предприятий на инновационные стратегии позволяет малым и средним предприятиям стать создателями изменений в своей отрасли.

Стоит отметить, что различные инновационные теории могут иметь разное значение для бизнеса. Реализация инновационной стратегии важна для предприятий, которые в значительной степени ориентированы на клиента. Процессы, связанные с реализацией инновационных стратегий, настолько сложны, что в их случае следует говорить о взаимодействии между внешними и внутренними детерминантами. Согласование внешних, внутренних и инновационных факторов может положительно повлиять на конкурентное преимущество. Сочетание этих аспектов позволяет создать стратегическое конкурентное преимущество.

Инновационные стратегии определяются как долгосрочные планы. Связанные с ними действия в значительной степени основаны на имеющихся ресурсах, которые будут направлены на повышение рыночной эффективности предприятия и, как следствие, будут влиять на увеличение его рыночной стоимости. Сам процесс выбора инновационной стратегии должен предшествовать анализу факторов, определяющих, среди прочего, ресурсы предприятия, риски, связанные с реализацией данной стратегии, стоимость реализации данной стратегии, шансы на успех.

Кроме того, эффективный поиск, внедрение и использование инноваций требуют признания инструментов конкуренции, типа инновационной деятельности, факторов, определяющих инновации и развитие, и, как следствие, получения желаемой конкурентной позиции.

Стратегия и определенный набор действий существенно влияют на масштабы и скорость внедрения инноваций. В результате правильный выбор стратегии является фундаментальной частью успеха предприятия, поскольку его задача – создать уникальный характер компании. Поэтому очень важно знать, как создавать стратегии на основе инновационных решений, особенно долгосрочных планов действий.

Инновационные стратегии могут принимать различные характер. Наиболее часто встречающиеся в литературе и наиболее часто предпринимаемые предприятиями малого и среднего бизнеса – это технологические и продуктовые стратегии. Им поручено захватить рынок и удержаться на нем, а также получить устойчивое конкурентное преимущество [6].

Ориентируясь исключительно на основные виды инноваций, можно выделить три основные стратегии. Рассмотрим их подробнее.

Первая стратегия – стратегия, направленная на внедрение инноваций в продуктах и услугах. Данная стратегия реализуется путем систематического внедрения новых продуктов и услуг или улучшения существующих на поддерживаемом рынке. Целью стратегии является создание сбалансированного портфеля продуктов и услуг, который будет постоянно расширяться за счет новых новинок, которые требуют значительных затрат на исследования и разработки новых продуктов, а также на маркетинговые усилия. Вторая стратегия, направленная на внедрение инноваций в производственных процессах и организационных структурах, реализуемая посредством технологических изменений, реорганизации процессов и внутренних структур предприятия, ставит своей целью повышение эффективности процессов и структур, снижение затрат, понесенных

предприятием, и стремление к решениям, обеспечивающим конкурентное преимущество.

Третья стратегия направлена на внедрение инноваций в бизнес-модели – учитывает изменения в стратегии развития на основе решений о создании новых отраслей, выходе на новые рынки или внесении радикальных изменений в процессы.

В экономической практике также можем выделить разделение инновационных стратегий, исходя из определенного уровня их значимости. Это деление основано на

1) критерии активности:

- наступательные стратегии, такие как: стратегия ценового преимущества (когда предприятие снижает затраты в результате технического или организационного прогресса), стратегия качественного преимущества (когда предприятие повышает качество производимой продукции/услуг), стратегия рыночной ниши (когда предприятие ищет рыночный разрыв) и стратегия дифференциации (изменение ассортимента инновационной деятельностью);

- оборонительные стратегии, такие как: стратегия выживания (применяемая в кризисных ситуациях), страховая стратегия (применяемая в ситуации использования внешней помощи), бюрократическая стратегия (стратегия, которую формально предприятие не реализует);

2) критерии новизны:

- новаторские стратегии являются движущей силой экономического развития предприятий, основанных на ранее неизвестных изобретениях и любых новых инновационных решениях в области организации и применения технологий;

- имитационные стратегии-адаптивного характера, использующие проверенные решения, состоящие в основном из покупки лицензий, патентов и применения рационализаторских проектов;

3) критерии уровня управления;

4) критерии функции предприятия;

5) критерии экономической безопасности.

Инновационные стратегии должны быть основой всех управленческих процессов на предприятии и, как и в случае с другими видами стратегий, должны рассматриваться как начало тех процессов, результатом которых будет реализация конкретной операционной деятельности.

Реализация инновационной стратегии, которая обеспечит существенное снижение затрат и достижение конкурентного преимущества малых и средних предприятий, отнимает много времени, требует больших финансовых затрат, дорогостоящих исследований, проектных работ, рекламной и информационной политики и квалифицированного персонала.

Малые и средние предприятия в основном сосредоточены на ценовой стратегии.

Стратегии малого и среднего бизнеса в сегодняшней рыночной игре, безусловно, могут представлять собой конкурентное преимущество. Инновационные стратегии, основанные на современном управлении, претерпевают широкие изменения, особенно это касается предприятий, ориентированных на развитие.

Поэтому задача современных менеджеров и владельцев предприятий – создать такую среду, которая будет стимулировать инновационную деятельность.

Инновационные стратегии, реализуемые в малом и среднем предпринимательстве, направлены на снижение прямых затрат на производство продукции и снижение постоянных затрат предприятия – таким образом, они способствуют конкурентоспособности предприятия. Снижение постоянных и прямых издержек производства влияет на текущую конкурентоспособность, поскольку, получая более низкие производственные затраты, компания может конкурировать по цене и сохранять ценность полученных ранее показателей рентабельности продаж. Снижение цены приводит к привлекательности предложения и приводит к увеличению доли рынка и, как следствие, увеличению размера излишков и доходов над расходами [6, с.69].

Современные малые и средние предприятия в значительной степени внедряют инновационные решения, чтобы иметь возможность конкурировать с компаниями в Европе и получить большую долю рынка. Они могут получить лучшую конкурентную позицию, когда поддерживается высокий уровень инноваций, называемый способностью постоянно генерировать и реализовывать инновации, которые найдут признание у клиентов благодаря высокому уровню современности продукта, его функциональности и качества.

Резюме: инновационные решения рассматриваются в основном через призму крупных предприятий в связи с большими финансовыми ресурсами, которые могут быть инвестированы в исследования и разработки, а также с персоналом, имеющим соответствующую квалификацию. Воспринимаемые таким образом решения сделали инновационную деятельность заслуживающей признания скрытой. Предприятия внедряют инновационные решения, поскольку растет понимание того, что внедренная инновационная стратегия поможет им построить лучшую конкурентную позицию.

Источником инновационной деятельности являются потребители и их потребности, а также постоянно развивающаяся конкуренция. Малые и средние предприятия имеют большой конкурентный потенциал и, используя его, могут занять желаемую позицию на рынке и оставить позади иностранную конкуренцию. Стоит помнить, что это хорошее время для внедрения инноваций, потому что отечественные предприятия по-прежнему конкурентоспособны с субъектами, действующими в других европейских странах. Чтобы сохранить интерес клиентов из других стран, предприятия вынуждены вкладывать средства в инновационную деятельность, разработку, улучшение качества продукции и производительность труда. Отсутствие программ для содействия инновационной деятельности, приводит к тому, что они покрывают расходы на исследования и разработки из собственных средств. Увеличение государственных и частных инвестиций будет способствовать росту экономики в долгосрочной перспективе. Изменения, связанные с легкостью ведения бизнеса, субсидии на развитие инновационной деятельности и иностранной эмансипации или налоговые льготы, могут привести к продвижению отечественных малых и средних предприятий с позиции умеренного до ранга сильного новатора.

Список литературы

1. Минкевич, П.Е. Анализ ассортиментной политики на предприятии / П.Е Минкевич // Science Time. – 2021. – № 11. – С. 26-28.
2. Иконин, А.А. Особенности организации деятельности предприятий малого и среднего бизнеса / А.А. Иконин // Вестник науки и образования. – 2019. – № 12 (66). – С. 65-69.
3. Малышева, Л.В. Оптимизация логистических издержек организации с / Л.В, Малышева // Математические и инструментальные методы экономики: Вестник СГСЭУ. 2018. – № 5 (74). – С.209-212.
4. Стрекалова Г.Р. Инновации и импортозамещение – ключи к успеху регионального экономического развития / Г.Р. Стрекалова //Тенденции развития науки и образования. – 2020. - № 63-3. – С. 178-181
5. Цибулина, Е.О. Управление ассортиментом предприятия с применением / Е.О, Цибулина // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования: сборник научных статей. – 2020. – № 4 (46). – С. 97-103.
6. Галич, Н.А. Направления трансформации предприятия / Н.А. Галич // Естественно-гуманитарные исследования. – 2020. – № 29 (3). – С.68-72.

АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СЕКТОРА РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

М. В. Райская

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия
emma898@mail.ru

Аннотация: Рассмотрены современные подходы к классификации биотехнологий, особенности применения термина «биоэкономика». Представлен анализ вложений в научные исследования и разработки в биотехнологический сектор по ряду стран. Проведены расчеты и анализ динамики инновационного развития сферы отечественного производства пищевых продуктов. Отмечены причины низкого уровня коммерциализации инновационных биотехнологических разработок, а также направления стимулирования инновационного развития сферы биотехнологий.

Ключевые слова: инновационное развитие, биотехнологии, биотехнологическая промышленность.

ANALYSIS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE BIOTECHNOLOGICAL SECTOR OF THE RUSSIAN ECONOMY

M.V. Raiskaya

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
emma898@mail.ru

Abstract: Modern approaches to the classification of biotechnologies, the peculiarities of the use of the term "bioeconomics" are considered. The analysis of investments in research and development in the biotechnology sector in a number of countries is presented. Calculations and analysis of the dynamics of innovative development of the sphere of domestic food production are carried out. The reasons for the low level of commercialization of innovative biotechnological developments, as well as the directions of stimulating the innovative development of the field of biotechnology, are noted.

Keywords: innovative development, biotechnologies, biotechnological industry.

Применение биотехнологий является неотъемлемой частью многих современных производственных процессов. В 2014 г. объем мирового рынка биотехнологий составлял около 270 млрд долл., а к 2020 г. – порядка 600 млрд долл [8].

В общем случае биотехнология является совокупностью «специфических промышленных методик, применяющих биологические процессы и живые организмы, достижения клеточной технологии и геной инженерии» [10].

Можно выделить несколько основных направлений развития биотехнологии [3, 8]:

- промышленные биотехнологии (в частности, производство ферментов и биополимеров);
- биомедицина (биосовместимые и биodeградируемые материалы; клеточные технологии и регенеративная медицина; системная биология, постгеномные технологии и биоинформатика; наномедицина; биосервисы: диагностические системы, биосенсоры, биочипы;);
- биофармацевтика (вакцины; бактериофаги; антибиотики; персонализированные лекарства; молекулярные маркеры);
- агробиотехнологии (генная инженерия; биотехнологии в животноводстве; биологические средства защиты растений; биологически чистые продукты питания);
- биоэнергетика (твердое и жидкое биотопливо, биогаз);
- природоохранные биотехнологии (биоремедиация воздуха, вод, почв; биотехнологическая переработка отходов).

Кроме этого существует «цветовая» классификация биотехнологий: выделяют «зеленую», «белую», «красную», «синюю» и «серую» биотехнологии в зависимости от области применения.

Согласно исследованиям [3], в общем объеме мирового рынка биотехнологий около 60 % составляет биофармацевтика, 35 % – промышленные биотехнологии, 5 % – природоохранные и агробиотехнологии.

Следует отметить, что последнее время активно используется термин «биоэкономика», подразумевающий экономику, базирующуюся на использовании биотехнологий с применением возобновляемого биологического сырья. Развитие отраслей такой экономики лежит в плоскости производства новых пищевых продуктов, эффективного использования отходов, роста энергоэффективности, экологизации промсектора, повышения эффективности сельского хозяйства, возобновляемой энергетики с применением биомассы и т.д. [2]. Сфера развития отечественной биоэкономики поддерживается госпрограммой «Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года», в рамках которой было предусмотрено создание глобально конкурентоспособного сектора биоэкономики, который наряду с наноиндустрией и информационными технологиями, сможет стать базой модернизации и построения постиндустриальной экономики, и достижение долгосрочной цели в виде достижения объема биоэкономики в РФ к 2030 г. в размере не менее 3 % ВВП [6]. Однако, по результатам 2019 г. вместо заявленного 1 трлн руб. потребления биотехнологической продукции к 2020 г. реальный объем потребления составил порядка 25 % [1].

Инновационное развитие биотехнологического сектора определяет скорость перехода на шестой технологический уклад, в основе которого лежат так называемые NBIC-технологии (нано-, био-, инфо- и когнитивные технологии).

Тенденции вложений в научные исследования и разработки в сферу биотехнологий по некоторым странам представлены в табл. 1, из которой видно, что Россия входит в тройку лидеров.

Таблица 1

Темпы роста вложений в НИОКР в области биотехнологий по ведущим странам мира, 2010-2016 гг. [3]

Страна	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Среднее
Франция	100,9	104,9	111,5	106,6	79,6	103,8	118,2	103,64
Германия	98,6	98,7	99,0	100,2	104,4	105,7	104,5	101,59
Италия	100,9	110,7	108,1	101,8	99,7	102,9	102,6	103,81
Корея	107,8	108,7	102,6	108,1	111,6	108,1	н.д.	107,82
Российская Федерация	97,7	133,7	119,1	110,5	113,2	111,2	108,3	113,39
Швейцария	н. д.	н. д.	292,1	н. д.	н. д.	110,9	н. д.	201,50
Соединенные Штаты	124,3	95,5	102,9	н.д.	143,4	103,2	112,6	113,65

Однако, существует целый ряд позиций в сфере биотехнологий, где Россия находится на достаточно отстающих позициях. В частности, отставание в области клеточной технологии и регенеративной медицины составляет порядка 10-20 лет [10]. При этом на рынок выводится небольшая часть значительного числа отечественных перспективных разработок.

Если проследить динамику инновационной деятельности на примере пищевой промышленности за последние пять лет, то можно отметить общее снижение темпов внедрения продуктов и услуг инновационного характера. Как видно из табл. 2 индекс производства инновационных товаров (работ, услуг, вновь внедренных или подвергшихся значительным технологическим изменениям в течении последних трех лет по РФ) имеет тенденцию роста, при этом доля инновационных товаров в общем объеме произведенной продукции имеет тенденцию снижения.

Таблица 2

Динамика развития сферы производства пищевых продуктов

Показатели	Годы					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Объем отгруженных товаров, млн руб.	4 462 293	5 601 224	6 028 063	6 759 593	8 118 935	10 250 195
Индекс роста производства, %	-	125,5	107,6	112,1	120,1	126,3
Инновационные товары, работы, услуги, млн руб.	240 423,8	223 999,3	203 739,0	190 758,9	220 406,3	-
Индекс производства инновационных товаров, работ, услуг, %	-	93,2	91,0	93,6	115,5	-
Доля инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров	0,054	0,040	0,034	0,028	0,027	-

Разработано автором на основе данных Росстата [7, 9].

Основные причины низкого уровня коммерциализации инновационных биотехнологических разработок связаны с недостаточным уровнем финансирования НИР; нехваткой квалифицированных специалистов; несовершенством бизнес-моделей российских производителей в области инновационной деятельности; отсутствием отечественных оборудования, материалов, реактивов; не разработанностью закона о клеточных технологиях, а также стандартов, техрегламентов, экологических стандартов в отдельных секторах биотехнологии [10]. В частности, согласно данным исследования [4], в рейтинге проблем отечественных фармацевтических компаний первое место получило текущее состояние российской экономики, второе – несовершенство отраслевого законодательного регулирования.

В свою очередь, стимулирование инновационного развития отечественной биотехнологии может осуществляться по целому ряду направлений, касающихся:

- формирования механизма обеспечения доступа российских производителей биотехнологического сектора к научным разработкам с государственным характером интеллектуальной собственности и их использованию;
- разработки механизма правового характера с предоставлением биотехнологическим компаниям льготного права применения выполненных за счет госбюджета запатентованных разработок, не используемых на данный момент;
- возмещения со стороны государства части процентных ставок по банковским кредитам, выданным под инвестиции в биотехнологические проекты;
- предоставления налоговых льгот, в частности, снижения налоговой нагрузки отечественным компаниям, инвестирующим развитие биотехнологии;
- поддержка российских предприятий, использующих продукцию отечественного биотехнологического производства [10].

В сфере поддержки развития отечественных биотехнологий в РФ важная роль принадлежит кластеру биомедицинских технологий инновационного центра «Сколково», ОАО «Роснано», ОАО «РВК». Биотехнологиями фармацевтического и медицинского сектора занимаются такие компании, как ООО «Герофарм», ОАО «Акрихин», НПФ «Литех». Функционирует также Центр высоких технологий «Химрар», в состав которого входят высокотехнологичные компании, осуществляющие разработки и производство инновационных лекарственных препаратов на основе новейших «постгеномных» технологий. Среди молодых стартапов в сфере разработки новых биотехнологий могут быть названы такие, как биомедицинский холдинг «Атлас», занимающийся анализом микробиоты организма в рамках проекта «OhmyGut»; «БиоМикроГели», осуществляющий разработки в области очистки воды и почвы с использованием микрогелей; «3Д Биопринтинг Солюшенс», создающий органы из стволовых клеток пациента на основе трехмерной биопечати [5].

Таким образом, проведенный анализ инновационного развития отечественной биотехнологии и биотехнологической промышленности показал наличие как негативных, так и позитивных тенденций. Нестабильная экономическая и политическая ситуация в мире накладывает определенные ограничения на развитие данной сферы в области международного сотрудничества как на уровне

компаний, так и научного сообщества, создает проблемы в сфере финансирования соответствующих научных исследований. При этом грамотно сформированное правовое поле позволило бы повысить активность отечественных разработчиков и производителей биотехнологической продукции, обеспечить необходимые темпы импортозамещения.

Список литературы

1. Авдеенко В. Биотехнологии отстали от плана [Электронный ресурс] / В. Авдеенко // Ведомости. 27.11.2019. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/newspaper/articles/2019/11/28/817300-biotehnologii-otstali>, свободный.
2. Биоэкономика и экономика биотехнологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.econ.msu.ru/science/bioeco/about/bioeco/>, свободный.
3. Валиева О.В. Развитие рынка биотехнологий: глобальные тренды и место России / О.В. Валиева // Мир экономики и управления. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 82-102. DOI: 10.25205/2542-0429-2021-21-4-82-102.
4. Государственное регулирование: барьеры или стимулы для развития рынка. Тенденции фармацевтического рынка России – 2019 [Электронный ресурс] / Исследовательский Центр компании «Делойт» в СНГ (Москва). – Режим доступа: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/life-sciences-health-care/russian/russian-pharmaceutical-market-trends-2019.pdf>, свободный.
5. Достижения биотехнологии [Электронный ресурс] / Выставка «Химия». 2023. – Режим доступа: <https://www.chemistry-expo.ru/ru/ui/17169/>, свободный.
6. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bio-economy.ru/upload/bio_2020_programme.pdf, свободный.
7. Наука, инновации и технологии [Электронный ресурс] / Росстат. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>, свободный.
8. Обзор рынка биотехнологий в России и оценка перспектив его развития. 2014 [Электронный ресурс] / *Frost & Sullivan*. – Режим доступа: http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2017/07/20141020_Russia-Biotechnology-Market_fin-1.pdf, свободный.
9. Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по отдельным видам деятельности РФ [Электронный ресурс] / Росстат. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>, свободный.
10. Ульянов А.О. Основные тенденции инновационного развития транснациональных компаний в сфере биотехнологии / А.О. Ульянов // Baikal Research Journal: электронный научный журнал Байкальского государственного университета. – 2016. – Т. 7. – № 1.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯИЧНОЙ СКОРЛУПЫ В ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТЬ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА

Э. Р. Чудинович, В. М. Гематдинова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия malinka_898@mail.ru

Аннотация: Проведена оценка роли кальция в жизни человека. Рассмотрено внедрение яичной скорлупы в хлебобулочные изделия. Проанализированы проблемы, связанные с внедрением яичной скорлупы в хлебобулочные изделия, и возможность выхода конечного продукта на рынок. Рассмотрена возможность коммерциализации продукта.

Ключевые слова: коммерциализация, цитрат кальция, реализация.

USE OF EGGSHELL IN THE BAKERY INDUSTRY AND THE POSSIBILITY OF COMMERCIALIZATION OF THE FINAL PRODUCT

E. R. Chudinovich, V. M. Gematdinova

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

Abstract: The role of calcium in human life has been assessed. The introduction of egg shells into bakery products is considered. The problems associated with the introduction of eggshells into bakery products and the possibility of entering the final product on the market are analyzed. The possibility of commercialization of the product is considered.

Keywords: commercialization, calcium citrate, sales.

Ценность яиц имеет большое значение в нашей жизни. Яичная скорлупа используется практически во всех сферах жизни, таких как: создание косметических средств, при выращивании садовых культур, при лечении недугов народными средствами. Таким образом, яйцо-это ценный продукт для любого организма.

Доказано, что яйца обладают особым химическим составом. Одной из составных частей яйца является яичная скорлупа, которая содержит в себе полезные вещества, такие как: бикарбонат магния, фосфаты магния, фосфаты кальция.

Науке известно, что при недостаточном употреблении кальция могут быть спровоцированы заболевания, такие как размягчение костей, уменьшение содержания гемоглобина в крови, распространение герпетической инфекции, аллергии [1].

Если у человека нарушен обмен кальция, восполнить его недостаток очень трудно. Это связано с тем, что при употреблении витаминных добавок с содержанием кальция, он плохо усваивается организмом. Яичная скорлупа по своему составу очень богата кальцием и другими полезными веществами, такими как

сера, молибден, медь. Кости человека по своему составу имеют особую совместимость с составом яичной скорлупы. Вещества, содержащиеся в яичной скорлупе, способствуют повышению кроветворной функции костного мозга [2].

Исследования показывают, что при добавлении в пищу небольшого количества яичной скорлупы помогает бороться с такими заболеваниями, как ломкость волос, непрочность ногтей, плохая перистальтика кишечника, тошнота, нарушение дыхательной функции, отсутствие сна. Профилактика этих заболеваний путём употребления в пищу яичной скорлупы полезна для людей всех возрастов. Терапия яичной скорлупой укрепляет зубы и все кости в организме [3].

Вареная яичная скорлупа обладает меньшей ценностью, чем сырая. Некоторые ученые в своих опытах склоняются к тому, что яичную скорлупу перед применением необходимо правильно подготовить. Допускается варение и измельчение яичной скорлупы в порошок, обработка лимонной кислотой. Таким образом, кальций из яичной скорлупы имеет высокую скорость усваивания организмом.

Народные целители советуют употреблять кальций путем добавления яичного порошка в чай, кофе, и другие напитки. Кальциевая вода способствует поддержанию необходимого химического состава крови. Рекомендовано хранить яичный порошок в плотно закрытых банках в сухом темном месте [4].

Яичный порошок можно использовать в качестве присыпки при наружных повреждениях мягких тканей.

Яичную скорлупу можно применять при производстве хлебобулочных изделий, а именно при производстве хлеба. Вся хлебопекарная промышленность в мире занимается вопросом разработки повышения пищевой ценности хлеба. В связи с этим, для повышения ценности хлеба всё больше применяются попытки внедрения сырья животного происхождения.

Актуальной проблемой для производителей хлеба встает вопрос о сбалансированном питании человека. В современном мире обычный рядовой человек не занимается вопросом сбалансированности питания. Как следствие, это приводит к дефициту полезных веществ в организме и к уменьшению продолжительности жизни. Для профилактики дефицита кальция, а также заболеваний, связанных с его недостатком, производители занимаются внедрением яичной скорлупы в хлеб. Яичная скорлупа вполне доступный ресурс, который является отходом производства в хлебопекарной промышленности. В хлебопекарной промышленности яичная скорлупа должна проходить предварительную обработку лимонной кислотой для получения цитрата кальция [5].

Цель исследования- разработка рецептур и технологии приготовления хлеба с добавлением цитрата кальция. Областью исследования является хлебопекарная промышленность с её конечным потребителем продукта.

Для решения задачи необходимо было разработать рецептуру теста с максимально допустимым содержанием цитрата кальция и муки. Предполагается использование разных вариаций рецептур изменяя количество и вид муки для достижения необходимого продукта. Цель – соответствие конечного продукта качествами, такими как приятный вкус, золотистый цвет, ароматный мякиш, приятный запах.

Внедрение цитрата кальция в продукт осуществляется путём его получения из яичной скорлупы, прошедшей специальную обработку. Получение цитрата кальция проходит следующие этапы: мойка скорлупы, её дезинфекция, высушивание, и измельчение до однородной массы. Измельчённый порошок смешивают с лимонной кислотой, затем проходит этап выпаривания чтобы убрать лишнюю жидкость. Таким образом, получается цитрат кальция с допустимой влажностью не более 40%, напоминающую по консистенции густую сметану. Для работы необходимо применять только что приготовленный цитрат кальция, так как при хранении он твердеет, и его применение становится невозможным.

Необходимая суточная норма потребности кальция для человека 1000мг/сут. Исходя из этого, содержание цитрата кальция в конечном продукте должно составлять не более 2 % от массы муки.

Цитрат кальция необходимо добавлять в тесто на стадии замеса. Конечный продукт должен соответствовать требованиям ГОСТ Р 58233-2018 «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия» [6]. Добавление цитрата кальция никак не влияет на тесто. В конечном продукте мякиш пропечённый, развитая пористость. В хлебопекарной промышленности допустимо применение цитрата кальция в количестве не менее 1,6 % от массы муки. Для значительного увеличения кальция в продукте, необходимо добавлять цитрат кальция.

Для выявления сроков годности используют исследования динамики устойчивости по комплексу ряда показателей, указанных в таблице 1.

Таблица 1

Органолептические и физико-химические показатели качества хлеба с добавлением кукурузной муки и цитрата кальция

Показатели	Контрольный образец	Хлеб с добавлением цитрата кальция		
		1,0 % от массы муки	1,6%от массы муки	2,0 % от массы муки
Форма		Круглая, соответствует форме подового хлеба		
Поверхность		Круглая без трещин		имеются небольшие трещины
Цвет		от золотисто-желтого до золотисто-коричневого		
Пропеченность		Пропеченный, не влажный на ощупь		
Промес		однородный, без следов непромеса		
Пористость		развитая, равномерная, поры мелкие и тонкостенные		
Вкус		Приятный, с легким привкусом кукурузной муки	Приятный, с легким привкусом кукурузной муки	Присутствует легкое послевкусие цитрата кальция.
Запах		Приятный, соответствующий изделию, без кислого и постороннего запаха		
Влажность мякиша, %	40,0	39,3	39,4	39,4
Кислотность мякиша, град.	0,2	0,5	0,5	0,6

Микробиологические показатели не менялись на протяжении 4 суток, находились в допустимом пределе. Для полной безопасности хлеба принято считать срок годности 2 суток, т.е. 48 часов.

Хлебобулочные изделия, изготовленные с добавлением цитрата кальция, - несомненно, будут конкурентно способны. Рассмотрим возможность коммерциализации продукта в срок до 5 лет. Под коммерциализацией продукта понимается процесс превращения продукта в рыночный товар с целью извлечения прибыли. Основные этапы коммерциализации продукта представлены на рис. 1.



Рис. 1. Основные этапы коммерциализации продукта

Рассмотрим реализацию данного продукта на примере пекарни, расположенной в посёлке городского типа, с населением до 20.000 человек. Поскольку исследования доказывают актуальность внедрения данного продукта, промышленный образец получен, остаются только проблемы маркетинга, производства и сбыта. Под маркетингом понимается организация производства и сбыта продукции, основанная на изучении потребностей рынка. На примере пекарни, внутри предприятия мы можем менять форму хлеба, его вес, упаковку. Поскольку реализация данного хлеба проходит в посёлке с населением менее 20000 человек, определим аудиторию, которая будет являться потребителем нашей продукции. Это эконом класс и средний класс. При реализации в городах с большей численностью населения возможна работа с премиум классом, и премиум классом +. Необходимо адаптировать упаковку, внешний вид, решить вопрос о регулярных поставках основного сырья. Для группы «эконом класс» предполагается использовать простую упаковку- простой целлофановый пакетик. Для группы «средний класс» использовать ярко выраженную упаковку [7].

Для среднего класса необходимо обратить внимание на качество упаковочного материала. Таким образом, упаковывая хлеб в бумажный пакет можно получить меньше возвратов и претензий от конечного потребителя. Важно помнить, что дорогую упаковку бессмысленно использовать для эконом аудитории. Реализация хлеба происходит в торговых точках, через магазины, в сравнении с другими товарами, яркая упаковка, несомненно, будет привлекать своим видом покупателя. Требования к упаковке: удобство- легко открывать руками, привлекательность- можно добавить флаг нашей республики, адаптированность- для

хлеба, в котором предусмотрена хрустящая корочка надо использовать упаковку из бумаги, а для предотвращения потерь влаги использовать специальную металлизированную плёнку.

Для увеличения продаж можно ввести акцию «лотерея», собери 10 пакетиков от хлеба, и получи буханку хлеба в подарок. Также можно использовать акцию «семь хлебов по цене пяти». Для увеличения продаж хлеба необходимо изредка менять дизайн хлеба.

Для увеличения сбыта продукции, надо расширять каналы реализации, предлагая продукцию на столовые в государственные предприятия, коммерческие предприятия. Наиболее перспективный канал реализации - это государственные предприятия, так как есть возможность получения государственного заказа. Это гарантирует сбыт продукции.

К следующему перспективному каналу реализации продукции можно отнести местные рынки, и выставки продаж. Таким образом, покупатели могут ознакомиться с данным продуктом, его упаковкой и внешним видом, оценить его конкурентную способность, возможность договориться о поставке необходимого количества товара.

Хлеб, являющийся продуктом, богатым витаминами, микро- и макроэлементами, должен соответствовать вкусовым потребностям населения, иметь повышенную пищевую и энергетическую ценность. Внесение цитрата кальция в хлеб повышает его питательную ценность. Установлено, что добавление цитрата кальция в количестве не менее 1,6 % от массы муки позволяет добиться оптимальных органолептических и физико-химических показателей качества хлеба с добавлением кукурузной муки. Употребляя в пищу такой хлеб, можно восполнить дефицит полезных веществ в организме и сбалансировать свой рацион питания. Данный вид хлеба может быть рекомендован к внедрению в питание для всех групп населения.

Список литературы

1. Волик В.Г., Исмаилова Д.Ю., Ерохина О.Н. Скорлупа куриных яиц как источник биологически активных веществ // Птица и птицепродукты. 2003. № 2 С. 59–60.
2. Ключкова, И.С. Технология хлебобулочных изделий с использованием белоксодержащего растительного сырья / И. С. Ключкова, В.В. Давидович // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2018. – № 3. – С. 62–67.
3. Молдахметова, З.К. Разработка технологии биологически активных препаратов и пищевых продуктов с использованием яиц: автореф. дис. канд. техн. наук / З.К.Молдахметова / Семипалатинский гос. ун-т им. Шакарима. – Семей, 2007. – 18с.
4. Виноградова, А.Г. «Здоровая» кость как показатель дефицита кальция // Смоленский медицинский альманах. – 2017. – № 1. – С. 62–65.
5. Углов В. А, Мотовилов О. К., Бородай Е. В. Проблемы переработки яичной скорлупы. Продукты, технологии и здоровье. 2013; 2: 156-8.
6. Еникеев Р.Р., Зимичев А.В., Кашаев А.Г. Использование функциональных добавок в хлебопечении // Пищевая промышленность. 2009. №8. С. 47–49.
7. Короткова, Т.Л. Власов, А.В. Роль маркетинга в коммерциализации инноваций // Практический маркетинг. – 2010. – № 3. – С. 12–17.

Секция 11
СКВОЗНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
(для участников
из среднеобразовательных
учреждений)

RESEARCH OF SCHOOL CHILDREN'S PREFERENCES CONCERNING CONFECTIONERY PRODUCTS

V. E. Kilyakova¹, O. V. Starovoytova², I. R. Safiullina¹

¹The Kazan State Independent educational institution "Multilingual complex"

Adymnar - a Way to Knowledge and Consent"

²Kazan National Research Technological University, Russia

kilyakova09@gmail.com

Abstract: Confectionery are presented by wide range of products various on the range and quality. Survey of preferences of schoolchildren concerning confectionery is conducted. Results of a research showed that respondents consider necessary updating of the range of the turned-out confectionery products, at the same time 48% of the interviewed schoolchildren give to chocolate and chocolate bars preference.

Keywords: consumer preferences, confectionery, preferences of schoolchildren, consumer properties of products.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ШКОЛЬНИКОВ В ОТНОШЕНИИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В. Е. Килякова¹, О. В. Старовойтова², И. Р. Сафиуллина¹

¹Государственное автономное общеобразовательное учреждение «Полилингвальный комплекс «Адымнар – путь к знаниям и согласию» г. Казани;

²ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

Kilyakova09@gmail.com

Аннотация: Кондитерские изделия представлены широким спектром продукции разнообразной по ассортименту и качеству. Проведен опрос предпочтений школьников в отношении кондитерских изделий. Результаты исследования показали, что респонденты считают необходимым обновление ассортимента выпускаемой кондитерской продукции, при этом шоколаду и шоколадным батончикам отдают предпочтение 48 % опрошенных школьников.

Ключевые слова: потребительские предпочтения, кондитерские изделия, предпочтения школьников, потребительские свойства продукции.

Confectionery are popular also steady demand with the population (table 1) [1]. At the same time confectionery belong to goods of a middle price segment. Besides, the technology of preparation of confectionery allows to carry out correction of prescription structure due to introduction of raw materials of a various type including physiologically active ingredients. The market of confectionery in Russia is presented by wide range of products, covering various age groups of the population [2, 3, 4].

Confectionery products are popular among schoolchildren and can be one of the directions of development of the consumer market.

Table 1

Sales of confectionery in Russia in 2018-2022 (thousand tons) (BusinessStar source)

Parametr	2018	2019	2020	2021	2022
Sales (thousand tones)	3591,4	3656,5	3493,5	3587,1	3654,5
Dynamics (% compared to the previous year)	-	1,8	-4,5	2,7	1,9

The purpose of this study is to identify consumer preferences of schoolchildren in relation to confectionery.

The questionnaire for conducting a sociological survey consisted of closed-form questions with possible answers, allowing to determine the attitude of respondents (respondents) to various aspects of confectionery. The first part of the questions in the questionnaire helped to collect information about the respondents, in particular, determined their age, gender. The respondents were schoolchildren between 10 to 16 years. The sample size was 230 people.

The set of respondents was characterized by the following parameters:

- by gender: 68% are female respondents, 42% are male respondents.
- by age groups: 30% of respondents are respondents from 10 to 12 years old; 70% of respondents were between 13 and 16 years old (Figure 1).
-

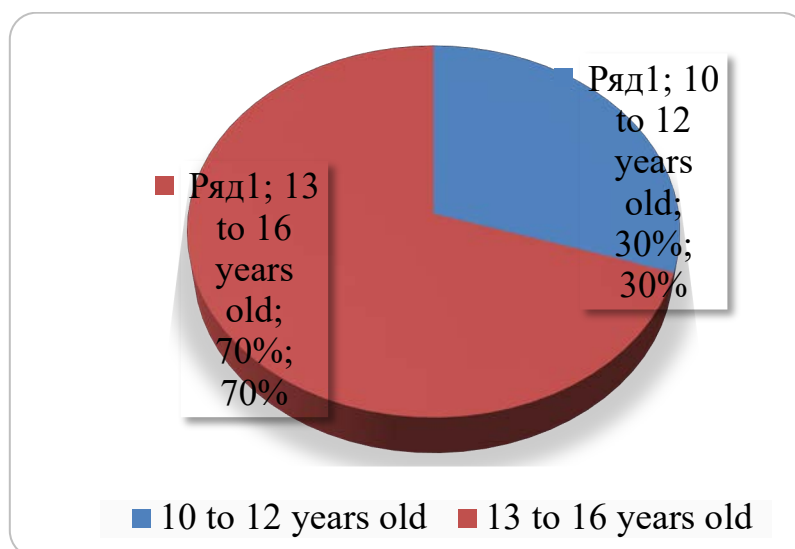


Fig. 1. Distribution of respondents' responses relative to age

It was established how often schoolchildren use confectionery to determine preferences for confectionery products. The results of the respondents' responses are shown in Figure 2.

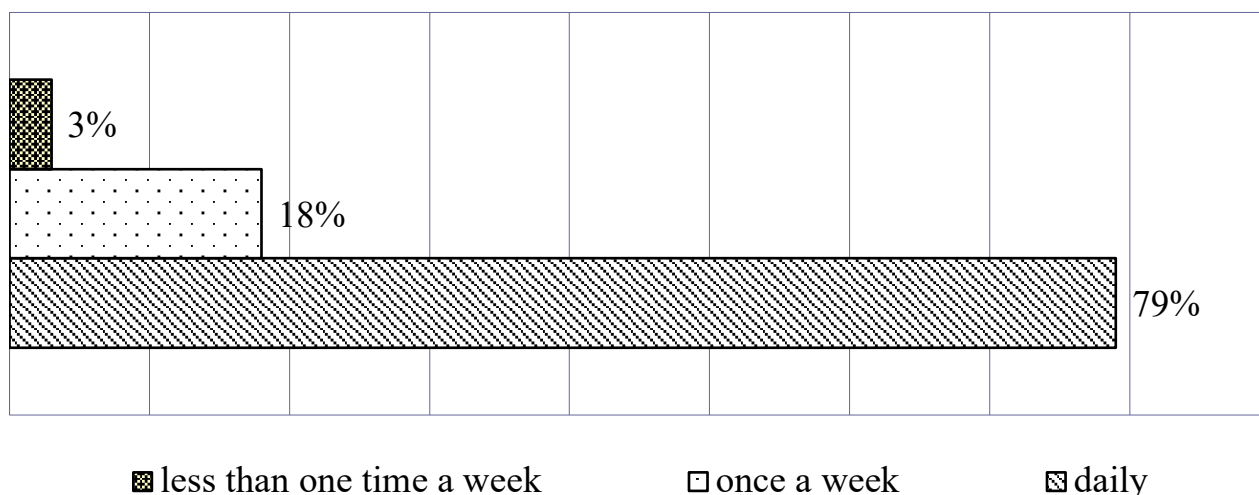


Fig. 2. Distribution of respondents' responses on the frequency of consumption of confectionery products

From the data presented in Figure 2, it follows that a fairly high percentage of respondents (79%) replied that they consume confectionery at least once a week and only 3% of respondents – less than once a week. It is interesting to note that these three percent of respondents included girls from the age category from 13 to 16 years.

Chocolate and chocolate bars are preferred by 48% of respondents, marmalade and marshmallows by 27% and 21%, respectively, and other confectionery products by 4% of the surveyed schoolchildren (Figure 3).

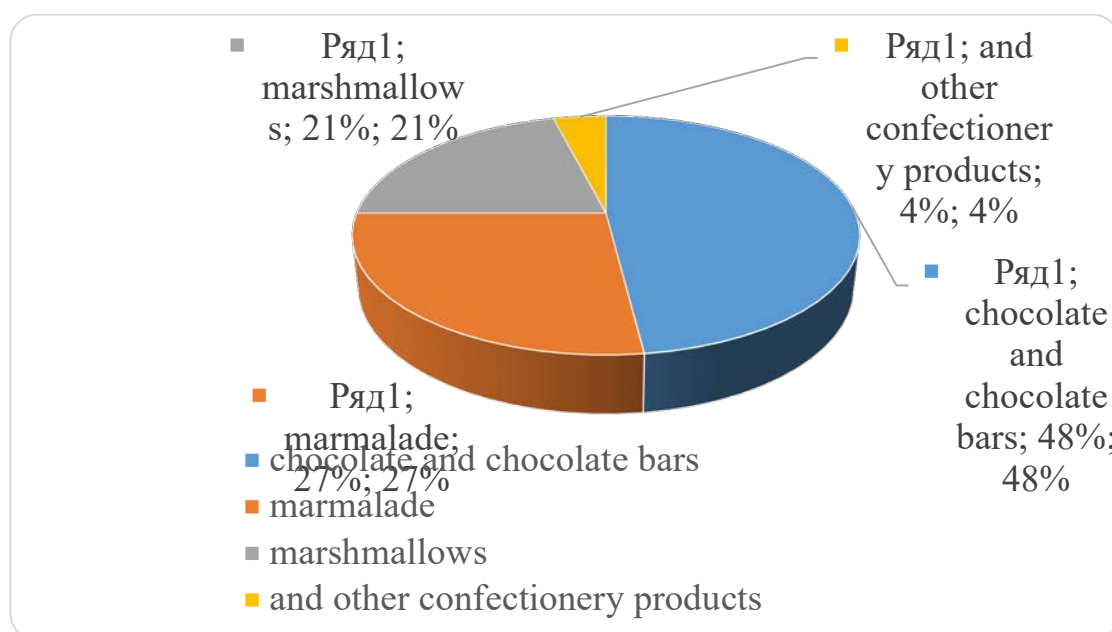


Fig. 3. Distribution of respondents' preferences

Schoolchildren consider outward appearance, taste, freshness, usefulness to be the main consumer properties of confectionery products. The cost of confectionery for schoolchildren is essential when choosing products. 74% of respondents are guided by the appearance of the packaging.

The analysis of respondents' preferences showed that 71% of respondents consider it necessary to update the range of confectionery products.

In our opinion, results of poll of schoolchildren are important in the positive attitude towards need to enrich confectionery products components, useful to human health. According to the choice of directions for enriching confectionery products, respondents' preferences were distributed as follows:

57% consider it necessary to expand the range of confectionery products enriched with vitamins and mineral;

24% - proteins;

19% - food fibers.

The received results of a research preferences of schoolchildren confirmed the need for expansion of the range of confectionery, due to a variety of enrichment of products with components useful to human health.

References

1. Analysis of the confectionery market in Russia in 2018-2022, the forecast for 2023-2027 in the conditions of sanctions. Structure of retail trade. https://businessstat.ru/images/demo/confectionery_russia_demo_businessstat.pdf

2. S.Yu. Misteneva, E.A. Demchenko, T.V. Savenkova. Aktual'nost' sozdaniya spetsializirovannykh konditerskikh izdeliy [The relevance of creation specialized confectionery for children's food is more senior than three years] *Tekhnika i tekhnologiiia pishchevykh proizvodstv* [The Technic and technology of food productions], 2020, T. 50, no. 2, pp. 282-295 (in Russian).

3. N.A. Scherbakova, S.Yu. Misteneva. Sozdanie muchnykh konditerskikh izdelij s uluchshennym pishchevym profilem za schet modelirovaniya ih recepturnogo sostava s ispol'zovanie natural'nykh funktsional'nykh pishchevykh ingredientov [Creation of flour confectionery with the improved food profile due to modeling of their prescription structure about use of natural functional food ingredients] *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [The Commodity researcher of food products], 2022, no 5. (in Russian)

4. M.V. Osipov, O.S. Rudenko. Razrabotka novykh standartov i metodik opredeleniya otlichitel'nykh priznakov konditerskikh izdelij dlya podtverzhdeniya novoj produktsii na rynke [Development of new standards and methods for determining distinctive signs of confectionery for confirmation of new products in the market] – 2022, no 5 (in Russian).

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОЛИЗАТА ХИТОЗАНА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Д. Э. Ибатуллина¹, А. М. Зиновьева², Е. В. Боброва³, С. И. Байгубаков⁴,
А. В. Тимкин⁵, М. Н. Котляр¹

¹ ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

² МБОУ Средняя общеобразовательная школа 89, г. Казань, Россия

³ МАОУ Лицей №146 Ресурс, г. Казань, Россия

⁴ МБОУ Гимназия 179, г. Казань, Россия

⁵ ФГБОУ ВО «КНИТУ» г. Казань, Россия

Ibatullinadiana14@gmail.com

Аннотация: В данной статье рассмотрены способы применения хитозана и ферментативного гидролизата хитозана в сельскохозяйственной отрасли.

Ключевые слова: хитозан, гидролизат хитозана, биостимулятор, семена, экология, безопасность.

PROSPECTS FOR THE USE OF CHITOSAN HYDROLYSATE IN AGRICULTURE

D. E. Ibatullina¹, A. M. Zinovieva², E. V. Bobrova³, S. I. Baigubakov⁴, A. V. Timkin⁵,
M. N. Kotlyar

¹ FGBOU VO "KGEU", Kazan, Russia

² MBOU Secondary school 89, Kazan, Russia

³ MAOU Lyceum No.146 Resource, Kazan, Russia

⁴ MBOU Gymnasium 179, Kazan, Russia

⁵ Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Ibatullinadiana14@gmail.com

Abstract: This article discusses the ways of using chitosan and enzymatic chitosan hydrolysate in the agricultural industry.

Keywords: chitosan, chitosan hydrolysate, biostimulator, seeds, ecology, safety.

Широкое распространение химических удобрений и средств защиты растений приводит к глобальным экологическим нарушениям, что негативно влияет на плодородие и качество почв, а значит и на здоровье человека. Поэтому поиск действенных и безопасных биоудобрений и биостимуляторов роста является актуальной задачей в современном мире. Хитозан является биобактерицидом и биовируцидом и обеспечивает защиту растений от патогенных микроорганизмов, а также поддерживает иммунную систему растений в условиях неблагоприятной окружающей среды. [1, 2]. Эффективность хитозана на семена растений за-

висит от его свойств – молекулярной массы, наличия примесей, скорости метаболизма [3,4]. Из литературы следует, что эффективность хитозана возрастает с уменьшением его молекулярной массы.

В представленном исследовании использовались два биостимулятора: хитозан и ферментативный гидролизат хитозана в разных концентрациях. Гидролизат хитозана был получен в результате обработки высокомолекулярного хитозана ферментным препаратом «Целлолюкс А» и представлял собой смесь низкомолекулярных фракций хитозана.

Исследование проводилось на семенах гороха. Семена обрабатывались водными растворами хитозана и гидролизата хитозана при содержании добавок 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 %. Проращивание семян гороха проводили при оптимальных условиях в течение 3 суток в чашках Петри, а затем высаживали в почву. Результаты в чашках Петри оценивали по следующим показателям:

- количество всхожих семян;
- количество невсхожих семян;
- % всхожести

К всхожим семенам относят нормально проросшие семена.

К невсхожим семенам относят: загнившие семена с мягким разложившимся эндоспермом, с загнившим или почерневшим зародышем и корнями; твердые семена, которые остались не набухшими и в неизменном внешнем виде; ненормально проросшие семена: с уродливыми корнями или ростками; у которых при наличии ростка отсутствуют корни; имеющие корни со вздутиями и ко времени подсчета всхожести не развившие дополнительных корней; проростки, корни или ростки семян имеют трещины и перехваты, достигающие проводящие ткани; проростки семян имеют ненормально увеличенные семядоли и укороченные корни [5].

Результаты исследований приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Влияние высокомолекулярного хитозана на проращивание семян гороха

Концентрация добавки, %	Количество семян, шт			
	Всего	Всхожих семян	Невсхожих семян	% всхожести
0	60	51	9	85
0,2	60	54	2	90
0,4	60	57	2	95
0,6	60	51	2	85
0,8	60	57	1	95
1,0	60	56	2	93

Как видно из представленных данных, и высокомолекулярный хитозан, и гидролизат хитозана увеличивают процент всхожести семян гороха от 2 до 10 %, практически во всех используемых концентрациях.

Таблица 2

Влияние гидролизата хитозана на прорастание семян гороха

Концентрация добавки, %	Количество семян, шт			
	Всего	Всхожих се- мян	Невсхожих се- мян	% всхожести
0	60	51	9	85
0,2	60	55	3	92
0,4	60	52	5	87
0,6	60	54	4	90
0,8	60	56	1	93
1,0	60	56	2	93

В таблицах 3 и 4 представлены средние результаты наблюдения роста растений, обработанных хитозаном и гидролизатом хитозана, в почве через 7 дней после посадки.

Таблица 3

Прорастание семян гороха, обработанные раствором гидролизата хитозана после посадки в почву

Кон-цен-тра-ция до-бавки, %	Всего поса-жено	Количество семядоль-ных рост-ков	Количе-ство рост-ков с пер-вым ли-стом	Количе-ство ростков с вторым листом	Количе-ство ростков с третьим-листом	Про-цент зе-леных ростков, %
0	60	22	13	7	3	43,3
0.2	60	52	52	52	52	90
0.4	60	57	56	46	44	96,6
0.6	60	43	41	15	-	
0.8	60	47	45	43	42	73,3
1.0	60	59	59	59	54	98,3

Таблица 4

Прорастание семян гороха, обработанные раствором хитозана, после посадки в почву

Концен-трация	Всего поса-жено	Количество семядоль-ных рост-ков	Количе-ство рост-ков с пер-вым ли-стом	Количе-ство ростков с вторым-листом	Количе-ство ростков с третьим-листом	Про-цент зе-леных ростков, %
0	60	22	13	7	3	43,3
0.2	60	56	56	46	45	95
0.4	50	51	48	47	-	85
0.6	60	49	49	49	36	81,6
0.8	60	57	57	57	54	98,3
1.0	60	48	45	42	29	80

Как видно из представленных данных, предобработка семян растворами хитозана с различной молекулярной массой во всех используемых концентрациях не только значительно ускоряет процесс всхожести семян, но и значительно увеличивает скорость образования зеленой биомассы растений.

Таким образом, показано, что хитозан и его гидролизаты являются эффективными и безопасными стимуляторами роста растений.

Список литературы

1. Трусов В.И., Новичихин А.М., Гармашов В.М., Филатова И.А., Велибекова Е.И., Пискарева Л.А., Чевердин Ю.И. Технологии возделывания гороха в Воронежской области / Каменная Степь, 2019 – 28 с.
2. Котляр М.Н. Методы выделения и модификация хитин-глюканового комплекса из биомасс *Aspergillusniger*: автореф. дис. к.т.н. Казань, 2001.
3. Абдуллаев Ф.Т., Холмирзаев И.Х., Нематов Н.А., Жамолова Л.Ю., Роль хитозана и его производных в агропромышленном комплексе. Монография: Москва: Интернаука. 2020. С. 132.
4. Васюкова Н.И. Модулирование болезнеустойчивости растений с помощью водорастворимого хитозана / Васюкова Н.И., Зиновьева С.В., Ильинская Л.И., Переход Е. А., Чаленко Г.И., Герасимова Н.Г., Ильина А.В., Варламов В.П. // Прикл. биохимия и микробиология. 2001. Т. 37. N 1. С. 115–122..
5. Боме Н.А., Королёв К.П., Петрова А.А., Боме А.Я. Современные технологии изучения и сохранения генетических ресурсов. Часть I Биологические свойства семян и устойчивость растений к стресс-факторам. Учебно-методическое. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2017. 48 с.

ИНДИКАЦИЯ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ

Е. А. Кони́на, П. Д. Лиси́цина, Р. З. Агза́мов, Л. И. Агза́мова, А. Х. Вали́ева

МБОУ «СОШ №36», г. Нижнекамск, Россия
Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Нижнекамск, Россия
raushan86@yandex.ru

Аннотация. В работе исследована возможность применение антоцианов из растительного сырья в качестве индикаторов кислотности среды.

Ключевые слова: кислота, основание, индикатор, антоцианы.

INDICATION OF THE MEDIUM'S ACIDITY

E. A. Konina, P. D. Lisitsyna, R. Z. Agzamov, L. I. Agzamova, A. Kch. Valieva

School 36, Nizhnekamsk, Russia
Nizhnekamsk Institute of Chemical Technology,
Branch of Kazan National Research Technological University, Nizhnekamsk, Russia

Abstract: The paper empirically confirms the hypothesis that substances that are applicable as acid-base indicators can be extracted from plant cells. It shows how to work with universal indicators and with indicators prepared independently.

Keywords: acid, base, indicator, anthocyanins.

Из литературных источников известно, что кислотно-основные индикаторы – это химические соединения, у которых недиссоциированные молекулы и образуемые ими ионы имеют различную окраску. Индикаторы, обладающие свойством присоединять протоны, называют основными индикаторами. Индикаторы, обладающие свойством отдавать протоны, называют кислотными индикаторами.

Кислотно-основные индикаторы должны отвечать следующим основным требованиям:

- окраска индикатора должна быть интенсивной и различаться в кислой и щелочной среде;
- изменение окраски должно быть быстрым, четким и обратимым;
- окраска индикатора должна меняться в узком интервале изменения рН раствора;
- индикатор должен быть чувствительным и менять свою окраску в присутствии минимального избытка кислоты или щелочи;
- индикатор должен быть стабильным, не разлагаться в водном растворе и на воздухе [1].

Для определения характера среды любых растворов и в рамках титриметрического анализа в химии используются классические индикаторы: фенолфталеин, лакмус и метилоранж. Но, помимо представленных реагентов, существует множество иных пигментных веществ растительного происхождения, способных выявлять изменение водородного показателя раствора и сигнализировать об этом ярким переходом окраски. К примеру, ярко и показательно с этой задачей справляются антоцианы. В настоящее время применение индикаторов из растительного сырья является одним из экологически безопасных и актуальных направлений.

Объектом исследования является индикация кислотности среды.

Предметом исследования является возможность использования антоцианов в качестве природных кислотно-основных индикаторов.

Как известно, антоцианы являются пигментами плодов, ягод, листьев и цветов многих растений. В растительных тканях они существуют в виде гликозидов чаще всего на основе глюкозы. Антоцианы образуют в растениях комплексы с металлами, определяющих их цвет: молибден придает фиолетовую окраску, железо – синюю, медь – белую. На окраску влияет рН среды.

Антоцианы содержатся в растительной клетке постоянно либо появляются на определенной стадии развития растений или под действием стресса. Последнее обстоятельство навело ученых на мысль, что антоцианы нужны не только для того, чтобы яркой окраской привлекать насекомых-опылителей и распространителей семян, но и для борьбы с различными типами стрессов. Первые опыты по изучению антоциановых соединений и их химической природы провел известный английский химик Роберт Бойль. Еще в 1664 году он впервые обнаружил, что под действием кислот синий цвет лепестков василька изменяется на красный, под действием же щелочи лепестки зеленеют [2].

Целью исследования является изучение возможности использования антоцианов в качестве индикаторов кислотности среды.

Предполагается, что в условиях школьной химической лаборатории возможно подтвердить тот факт, что антоцианы, полученные из растительного сырья, позволяют оценить показатель кислотности растворов.

В работе решались следующие задачи:

- провести обзор научно-технической литературы по теме исследований;
- выделить антоцианы из наиболее перспективного растительного сырья;
- изучить возможность использования антоцианов в качестве индикаторов кислотности среды;
- сделать выводы по исследовательской работе.

Из литературных источников известно, что в качестве кислотно-основных индикаторов растительного происхождения могут применяться экстракты из ягод рябины, облепихи, брусники, черники, смородины, ежевики, клюквы, шиповника, черемухи и боярышника [3].

При проведении эксперимента в качестве источника антоцианов была выбрана краснокочанная капуста сорта Рексома.

Антоцианы из растительного сырья извлекали при кипячении измельченных листьев капусты в воде. Такой массообменный процесс, в ходе которого целевое вещество передается из одной фазы в другую фазу называется экстрагированием. Полученный пурпурный экстракт охлаждали до комнатной температуры и отделяли от твердого остатка фильтрованием через бумажный фильтр [4].

Для проведения эксперимента были приготовлены жидкости с различным уровнем кислотности (растворы лимонной кислоты и гидрокарбоната натрия). В качестве нейтрального образца использовали дистиллированную воду. Значение рН растворов определяли с помощью универсальной индикаторной бумаги.

Параллельно провели эксперимент, где в качестве индикатора применяли полученный ранее экстракт антоцианов. Значения рН растворов и их цветовая индикация представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения рН растворов и их цветовая индикация

Наименование образца	Значение рН	Цвет универсальной индикаторной бумаги	Цвет образца в присутствии экстракта антоцианов
Раствор лимонной кислоты	3-4	оранжевый	красный
Дистиллированная вода	6-7	желтый	фиолетовый
Раствор гидрокарбоната натрия	8	зеленый	сине-зеленый

Следует отметить, что антоцианы в нейтральной среде приобретали фиолетовую окраску, в кислой среде имели красный цвет, а в щелочной - зеленоватый оттенок.

Таким образом, изменение окраски исследуемых растворов, позволяет сделать вывод о том, что антоцианы растительного сырья можно использовать в качестве индикаторов кислотности среды. Однако необходимо учитывать тот факт, что экстракт антоцианов при длительном хранении способен подвергаться окислению. В связи с этим, такие индикаторы должны готовиться непосредственно перед их применением.

Список литературы

1. Александрова, Э.А. Аналитическая химия в 2 книгах. Книга 1. Химические методы анализа: учебник и практикум для вузов / Э.А. Александрова, Н.Г. Гайдукова. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 537 с.
2. Дрюк, В.Г. Биологическая химия: учебное пособие для вузов / В.Г. Дрюк, С.И. Скляр, В.Г. Карцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 292 с.
3. Дрюцкая С.М. Поиски растительных индикаторов для кислотно-основного титрования // Естественные и технические науки. – 2022. – № 5. – С. 32–35.
4. Химико-технологические процессы: учебник и практикум для вузов / Ю.А. Комиссаров, М.Б. Глебов, Л.С. Гордеев, Д.П. Вент. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 340 с.

ВЛИЯНИЕ ФИТОПАТОГЕНОВ НА МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ

В. А. Малкина, Ю. Ю. Невмержицкая

МБУДО «Центр детского творчества «Танкодром»
Советского района г. Казани, г. Казань, Россия
malkina1711@gmail.com

Аннотация: заражение растений пшеницы сорта Омская-33 фитопатогенами вызывало снижение всхожести, ингибирование роста и газообмена проростков. Инфицирование растений пшеницы как специфическим фитопатогеном *F. oxysporum*, так и неспецифическим *A. niger* увеличивало концентрацию фотосинтетических пигментов, что может быть неспецифической реакцией растений на атаку патогенов.

Ключевые слова: пшеница, фитопатогены, *Fusarium oxysporum* Schlechtend.:Fr, *Aspergillus niger* Tiegh, рост, фотосинтетические пигменты, фотосинтез, транспирация.

INFLUENCE OF PHYTOPATHOGENS ON MORPHO-PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF WHEAT PLANTS

V. A. Malkina, Y. Y. Nevmezhickay

MBUDO «Center of children's creativity «Tankodrome»
Sovetsky district of Kazan, Kazan, Russia
malkina1711@gmail.com

Abstract: infection of wheat plants of the Omskaya-33 variety with phytopathogens caused a decrease in germination, inhibition of growth and gas exchange of seedlings. Infection of wheat plants with both specific phytopathogens *F. oxysporum* and non-specific *A. niger* increased the concentration of photosynthetic pigments, which may be a non-specific reaction of plants to the attack of pathogens.

Keywords: wheat, phytopathogens, *Fusarium oxysporum* Schlechtend.:Fr, *Aspergillus niger* Tiegh, growth, photosynthetic pigments, photosynthesis, transpiration.

Огромное количество грибов, бактерий, вирусов способны преодолевать защитные механизмы растений и вызывать различные фитозаболевания. Заболевания отрицательно влияют на продуктивность растений и качество урожая сельскохозяйственных культур. Известно, что потери урожая зерновых и зерно-бобовых культур только от грибных заболеваний могут достигать до 30% (Тютерев, 2002).

Нами была сформулирована рабочая гипотеза: специфический фитопатоген *F. oxysporum* будет ингибировать физиолого-биохимические показатели пшеницы в большей степени по сравнению с неспецифическим – *A. niger*.

Цель работы: выявление влияния инфицирования фитопатогенов на физиолого-биохимические показатели растений пшеницы.

В работе были поставлены задачи:

1. проанализировать влияние неспецифических и специфических фитопатогенов на рост и прорастание растений яровой пшеницы;
2. исследовать действие фитопатогена на ассимиляцию CO_2 и транспирацию у проростков пшеницы.

Объекты и методы

Объектом наших исследований являлись проростки яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Омская-33. Предметом исследования – такие морфофизиологические показатели проростков, как длина корней и листьев, интенсивность газообмена.

Сорт Омская 33 выведен в СибНИИСХ. Сорт устойчив к полеганию и является средnezасухоустойчивым. Устойчив к пыльной головне, умеренно восприимчив к бурой ржавчине. Восприимчив к мучнистой росе, сильновосприимчив к твердой головне. Хлебопекарные качества хорошие. Инфекционными агентами служили фитопатогенные грибы *Fusarium oxysporum* Schlechtend.:Fr и *Aspergillus niger*, выращенные на кафедре ботаники и физиологии растений Казанского (Приволжского) федерального университета. Выбор фитопатогенов был обусловлен их специализацией, т.е. приуроченностью к определенному питательному субстрату – грибы рода *Fusarium* spp. (*F. oxysporum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. moniliforme*) являются возбудителями корневой фузариозной гнили пшеницы, тогда как *Aspergillus niger* – это возбудитель черной плесневидной гнили лука и чеснока. Грибы были выделены из семян пшеницы, районированных для Республики Татарстан сортов и селекционных линий.

Растения пшеницы выращивали в лабораторных условиях в кюветах на водопроводной воде при освещенности 100 Вт/м² и 12-часовом фотопериоде в течение 14 суток. Семена перед посевом стерилизовали 2%-ным перманганатом калия (15 минут) и промывали стерильной дистиллированной водой. Далее их замачивали на сутки в водном растворе со спорами фитопатогенных грибов.

Содержание основных фотосинтетических пигментов определяли спектрофотометрическим методом. Ацетоновый экстракт содержал зеленые и желтые пигменты. Определение оптической плотности экстракта проводили на спектрофотометре при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения определяемых пигментов. Измерения проводили при длинах волн 662 нм, 644 нм, 440,5 нм (Третьяков, 1990). Изучение газообмена и параметров водного режима проводили с помощью портативного газоанализатора GFS – 3000 (Walz, Германия).

Все эксперименты проводились минимум в трехкратной биологической повторности. Повторность в пределах одного опыта трехкратная. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили путем определения средних арифметических значений и их стандартных отклонений.

Результаты и обсуждение

В первой серии экспериментов определяли влияние фитопатогенов на морфометрические показатели растений пшеницы. Инфицирование семян *F.*

oxysporum привело к снижению всхожести до 26%, *A.niger* – до 50%, тогда как в контрольном варианте всхожесть составила 98%.

Таблица 1

Влияние фитопатогенов на всхожесть семян яровой пшеницы

Вариант опыта	Количество, проросших семян (%)
Контроль	98±2,4
<i>F. oxysporum</i>	26±4,3
<i>A. niger</i>	52±3,7

Измерение проростков показало, что инфицирование растений как неспецифическим патогеном *A. niger*, так и специфическим - *F. oxysporum* вызывало значительное ингибирование длины корней проростков пшеницы (рис.1). Высота листьев снижалась только под влиянием *F. oxysporum* (рис. 2).

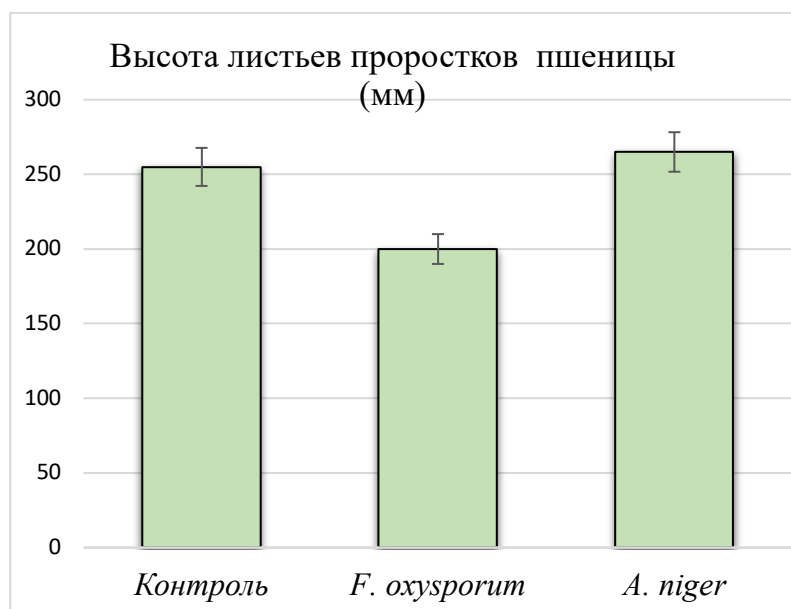


Рис. 1. Высота листьев 14-дневных проростков яровой пшеницы сорта Омская-33, инфицированных фитопатогенами

Как видно на рис. 3, оба фитопатогена вызвали увеличение содержания фотосинтетических пигментов, причем *Aspergillus niger* в большей степени по сравнению с *Fusarium spp.* В литературе имеются разные мнения, объясняющие этот факт. В частности, это может быть неспецифической реакцией растения в ответ на внедрение паразита. Увеличение содержания пигментов может быть и результатом стимулирующего действия самого паразита с целью формирования наиболее благоприятных условий для своего развития (Рубин с соавт., 1975, Дьяков с соавт., 2012). *A. niger* стимулировал образование каротиноидов на 29% по сравнению с контролем. Можно предположить, что неспецифический патоген вызывает стимулирование образования каротиноидов как одной из систем защиты растений.

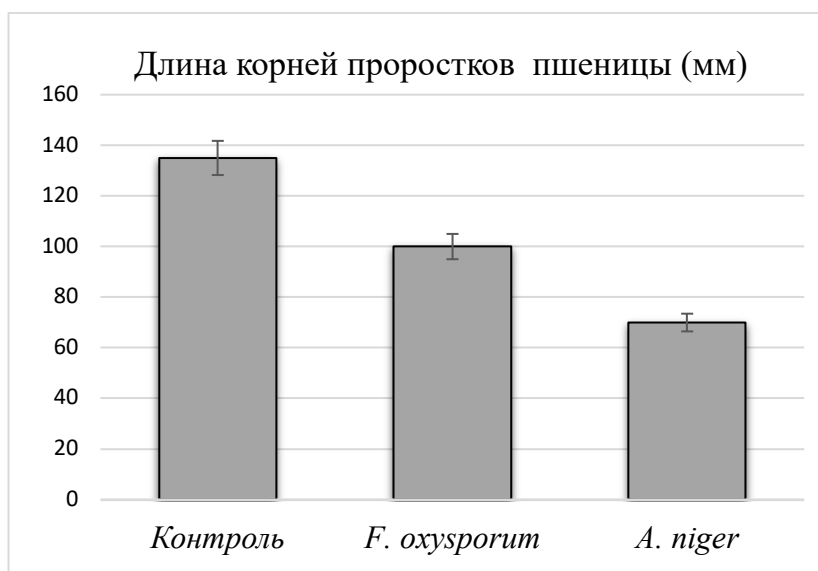


Рис. 2. Длина корней 14-дневных проростков пшеницы сорта Омская-33, инфицированных фитопатогенами.

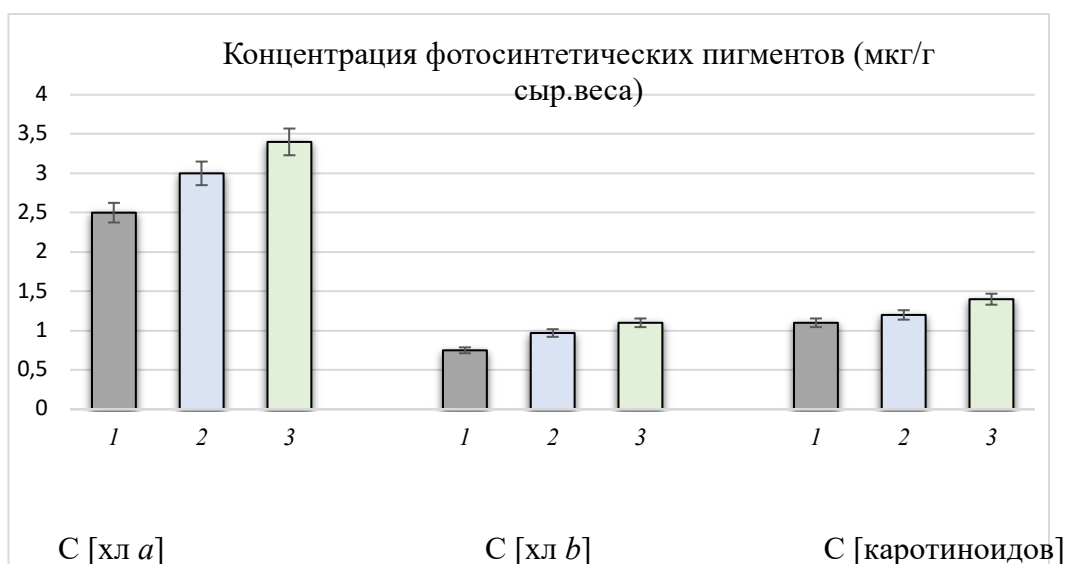


Рис. 3. Содержание пигментов в проростках пшеницы Омская-33, инфицированных фитопатогенами: 1 – контроль (H_2O), 2 – *F. oxysporum*, 3 – *A. niger*

Исследование интенсивности ассимиляции CO_2 показало, что оба возбудителя грибных заболеваний ингибировали процесс фотосинтеза: *Aspergillus niger* – на 17%, *Fusarium spp.* – 32% (рис. 4). Интенсивность транспирации тоже была ниже уровня контрольных растений при действии фитопатогенов (рис. 5).

Таким образом, специфический фитопатоген *Fusarium spp.* в большей степени ингибировал физиолого-биохимические показатели пшеницы, по сравнению с *Aspergillus niger*.

Экологические риски инфицирования растений фитопатогенами обусловлены как снижением урожайности и качества растительной продукции, так и накоплением фитотоксинов в продуктах растительного происхождения. Наибо-

лее перспективным способом защиты сельскохозяйственных растений от фитопатогенов является использование севооборота и других агротехнических приемов, в том числе применение экологически безопасных регуляторов роста природного происхождения.

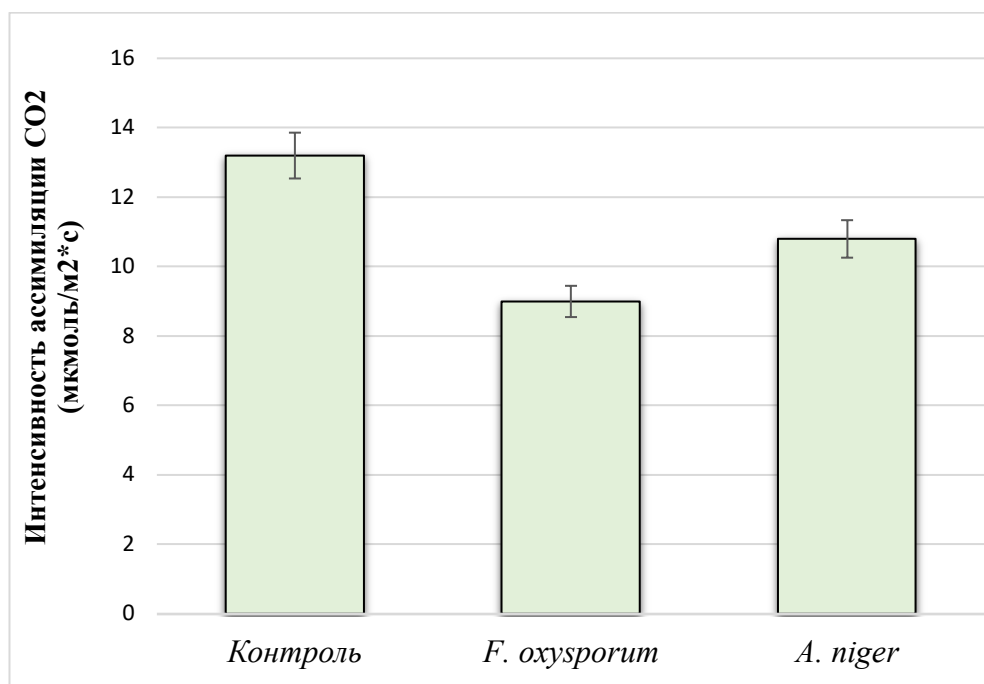


Рис.4. Ассимиляция CO₂ у проростков пшеницы сорта Омская 33, инфицированных фитопатогенами.

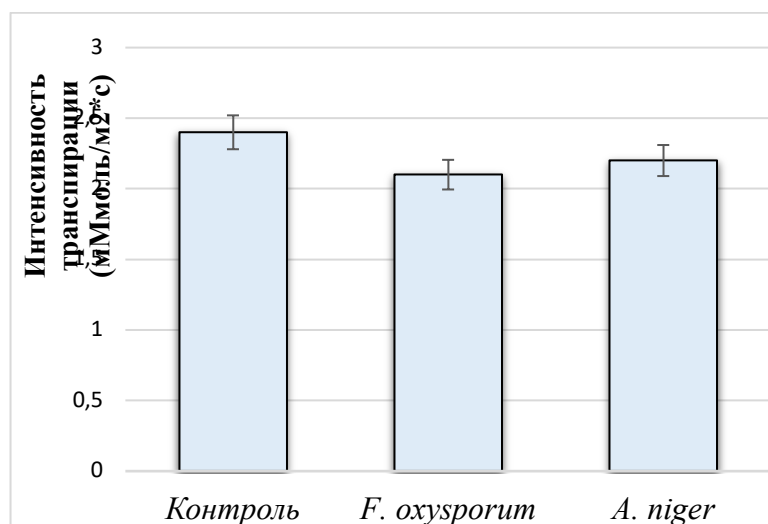


Рис. 5. Интенсивность транспирации у проростков пшеницы сорта Омская 33, инфицированных фитопатогенами

Выводы

1) Заражение растений пшеницы сорта Омская-33 фитопатогенами *F.oxysporum* приводило к снижению всхожести, ингибированию роста и газообмена проростков.

2) Обработка семян культурой *A. niger* приводила к ингибированию роста корней и интенсивности фотосинтеза, но не влияла на высоту листьев и интенсивность транспирации.

3) Инфицирование растений пшеницы как специфическим фитопатогеном *F.oxysporum*, так и неспецифическим *A. niger* вызывала увеличение концентрации фотосинтетических пигментов, что может быть неспецифической реакцией растений на атаку патогенов.

Список литературы

1. Дьяков Ю.Т., Багирова С.Ф., Джавахия В.Г., Озерцовская О.Л., Проворов Н.А. и др. Фундаментальная фитопатология. - М.: Красанд, 2012. – 512 с.
2. Рубин А.Б., Арциховская Е. В., Аксенова В.А. Биохимия и физиология иммунитета растений. М.: Высш. Школа, 1975. – 320 с.
3. Третьяков Н.Н., Карнаухова Т.В., Паничкин Л.А. [и др.]. Практикум по физиологии растений. М.: Агропромиздат, 1990. - 271 с.
4. Тютюрев С.Л. Научные основы индуцирования болезнеустойчивости растений. СПб: ООО «Инновационный центр защиты растений» ВИЗР, 2002. – 328 с.
5. Шкаликов В.А., Белошапкина О.О., Букреев Д.Д. Защита растений от болезней. – М.: КолосС, 2010. – 404 с.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ
ГВОЗДИКИ КРЫЛОВА *DIANTHUS KRYLOVIANUS* JUZ.
В ВОЛЖСКО-КАМСКОМ КРАЕ**

В. Е. Прохоров, Е. В. Маклеев

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
МБУДО "ЦДТ Танкодром",
МБОУ "СОШ №86 с углубленным изучением отдельных предметов"
makleeww@mail.ru

Уменьшение биологического разнообразия – одна из глобальных экологических проблем, стоящих перед человечеством в настоящее время. В 1992 г. в Рио-де-Жанейро принята Конвенция биологическом разнообразии, главной целью которой объявлено сохранение биоразнообразия на планете (Конвенция..., 1996). Охрана и рациональное использование биоразнообразия лежит в основе Целей устойчивого развития (Цель 15: Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия) (Цели в области..., 2021).

Объектом для нашего исследования выбрана гвоздика Крылова (*Dianthus krylovianus* Juz.) – эндемичный вид растения, находящийся под угрозой исчезновения. Для успешной его реинтродукции необходимо определить местообитания, которые соответствуют экологическим требованиям вида и которые подходят для искусственного внедрения сохраняемого вида. Экология этого вида на территории Волжско-Камского края практически не изучена, что определяет актуальность нашего исследования.

Цель исследования: пространственное моделирование потенциального распространения гвоздики Крылова и выявление факторов среды, его определяющие.

Задачи:

1. Выявить существующие местонахождения гвоздики Крылова в пределах Волжско-Камского края;
2. Подготовить пространственные данные о факторах окружающей среды;
3. Провести пространственное моделирование распространения вида методом машинного обучения для определения потенциального ареала.

Материал и методы исследования. Район исследования охватывает Волжско-Камский край – территорию, расположенную на востоке Русской равнины, охватывает южные участки лесной и северные участки степной зон, включает полностью или частично 15 республик и областей Поволжья и Предуралья, а его площадь составляет более 500 тыс. км².

Для определения мест произрастания вида использованы данные, опубликованные в литературе (Красная книга..., 2013; Красная книга..., 2016; Красная книга..., 2019) и информация проекта «Флора России» (Серёгин и др., 2019), веб-платформы iNaturalist. Для каждого местонахождения гвоздики Крылова определены географические координаты, которые занесены в файл текстового формата.

Орографические условия определены по цифровой модели рельефа SRTM. Данные о климатических факторах взяты из модели Chelsa 2.1. Сведения об эдафических условиях получены из модели SoilGrids, в слоях которой имеется информация о физических и химических свойствах почв.

Подготовленный набор итоговый предикторов насчитывает 18 слоёв факторов окружающей среды (табл. 1).

Таблица 1

Исследуемые факторы среды

№	Обозначение	Фактор среды	Единицы измерения
1	dem_alt	Высота над уровнем моря	м
2	dem_slp	Уклоны рельефа	°
3	dem_tpi	Индекс шероховатости поверхности рельефа	—
4	cat_dem_exp	Экспозиция склонов	Классы
5	c_bio3	Изотремальность	—
6	c_bio7	Диапазон годовых колебаний температуры	°С
7	c_bio19	Сумма осадков самого холодного квартала	Мм
8	c_gdsgd0	Первый день перехода через 0°С	дни
9	c_gsl	Продолжительность вегетационного периода	Дни
10	c_hurs_03	Относительная влажность приземного воздуха марта	%
11	c_hurs_max	Максимальная относительная влажность приземного воздуха	%
12	c_vpd_03	Давление водяного пара марта	Па
13	sg_clay00	Массовая доля глины в почве	г/кг
14	sg_sand00	Массовая доля песка в почве	г/кг
15	sg_silt00	Массовая доля иловых частиц в почве	г/кг
16	sg_nitro00	Содержание азота в почве	сг/кг
17	sg_soc	Содержание органического углерода	г/дм ³
18	cat_lc_tn	Типы земной поверхности	классы

Для построения модели потенциального распространения использован алгоритм максимальной энтропии, реализованного в пакете Maxent 3.4.4., для визуализации модели использован пакет QGIS 3.16. Для проверки модели использован метод кроссвалидации с размером тестовой выборки 20 % и оценкой параметра AUC.

Полученная вероятностная модель была бинаризирована по пороговому значению максимальной чувствительности и специфичности модели для тренировочной выборки (maximum sensitivity and specificity, MSS).

Результаты и обсуждение. Проведённое моделирование показало отличные результаты (значение AUC тестовой выборки = 0,911).

В процессе моделирования выявлено, что факторами, имеющими наибольший вклад, являются дата перехода через 0°C (22,2%), содержание азота в почве (11,2%), высота над уровнем моря (10,6%) и содержание песка в почве (10,4%) (таб. 2). При оценке важности факторов, выполненных с помощью перестановки, высокое значение показал также годовой диапазон колебаний температур (17,6%).

Таблица 2

Вклад предикторов в модель

Переменная	Доля вклада, %	Важность при пермутации, %
c_gdgfgd0	22,2	7,5
sg_nitro00	11,2	25,9
dem_alt	10,6	20,4
sg_sand00	10,4	15,6
sg_silt00	9,3	0,6
cat_lc_tn	6,2	0
c_gsl	5,8	3,3
c_hurs_max	5,2	0
c_bio7	5,1	17,6
dem_slp	4,3	6,6
c_vpd_03	4,2	0
cat_dem_exp	2,2	1,4
c_bio3	1,6	0
dem_tpi	0,8	0
sg_soc30	0,8	1,1
c_gdd5	0,1	0
c_bio9	0	0
c_hurs_03	0	0
sg_clay00	0	0
c_bio19	0	0

На полученной карте потенциального распространения гвоздики Крылова (рис. 1) можно видеть, что наиболее подходящие по экологическим условиям местообитания расположены преимущественно на северо-западе исследуемой территории – в Нижегородской области, Марий Эл и Чувашии. Это хорошо согласуется как с выявленными находками вида, так и с литературными данными.

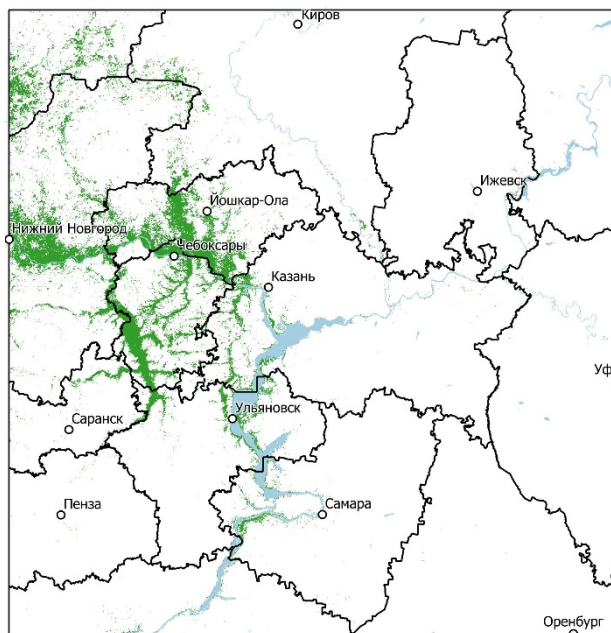


Рис. 1. Карта потенциального распространения *Dianthus krylovianus* в Волжско-Камском крае

Выводы

1. В пределах Волжско-Камского края выявлено 19 местонахождений гвоздики Крылова.
2. Подготовлен набор данных об окружающей среде, включающий слои климатических, почвенных и орографических факторов.
3. Построена карта потенциального распространения *Dianthus krylovianus* в Волжско-Камском крае.

Список литературы

1. Конвенция о биологическом разнообразии (Рио-де-Жанейро, 5 июня 1992 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации. 1996. № 19. – С. 22–54.
2. Красная книга Республики Марий Эл. Том «Растения, Грибы». – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013. – 324 с.
3. Красная Книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). Издание третье. – Казань: изд-во «Идел Пресс», 2016. – 760 с.
4. Красная книга Чувашской Республики. Том 1. Часть 1: Редкие виды растений и грибов. – Издание второе, переработанное и дополненное / Науч. ред. М.М. Гафурова, М.С. Игнатов, Т.Ю. Толпышева, Т.Ю. Светашева; под общ. ред. М.М. Гафуровой. – Москва: Издательство «Буки Веди», 2020. – 332 с.
5. Серегин А.П., Бочков Д.А., Шнер Ю.В., Гарин Э.В., Майоров С.Р., Голяков П.В., Большаков Б.В., Прохоров В.Е., Маллалиев М.М., Виноградов Г.М., Эбель А.Л., Каширина Е.С., Бирюкова О.В., Курякова О.П., Мирвода С.В., Химин А.Н., Муртазалиев Р.А., Зеленкова В.Н., Дудов С.В., Горбунова М.С. и др. «Флора России» на платформе iNaturalist: большие данные о биоразнообразии большой страны // Журнал общей биологии. 2020. Т. 81. № 3. – С. 223-233.
6. Цели в области устойчивого развития. 2021.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О РЕАКЦИИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ

**А. А. Фаттахова, А. И. Хаирова, П. П. Фролова, Р. З. Агзамов,
Л. И. Агзамова, А. Х. Валиева**

МБОУ «СОШ №36», г. Нижнекамск, Россия
Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г. Нижнекамск, Россия
raushan86@yandex.ru

Аннотация: Подобраны наглядные эксперименты для демонстрации реакций нейтрализации оснований кислотами. Рассмотрены доступные способы визуализации представлений о понятии химической нейтрализации без применения специальных буферных систем.

Ключевые слова: пищевая сода, лимонная кислота, уксусная кислота, нейтрализация.

VISUALIZATION OF IDEAS ABOUT THE NEUTRALIZATION REACTION

**A. A. Fattakhova, A. I. Khairova, P. P. Frolova, R. Z. Agzamov, L. I. Agzamova,
A. Kch. Valieva**

School 36, Nizhnekamsk, Russia
Nizhnekamsk Institute of Chemical Technology,
Branch of Kazan National Research Technological University, Nizhnekamsk, Russia

Abstract: Visual experiments were selected to demonstrate the reactions of neutralization of bases with acids. The available ways of visualization of ideas about the concept of chemical neutralization without the use of special buffer systems were considered.

Keywords: soda, citric acid, acetic acid, neutralization.

Как известно, взаимодействие кислот и оснований обычно происходит в водных растворах. Вклад в развитие теории кислотно-основных равновесий внесли такие ученые, как В.Ф. Оствальд (1853-1932), С.А. Аррениус (1859-1927), П.Й. Дебай (1884-1996), Э.А. Хюккель (1896-1980), Й.Н. Бренстед (1879-1947), Т.М. Лоури (1874-1936), М.И. Усанович (1894-1981).

Так, теория Бренстеда-Лоури основана на особенностях иона водорода. Протон лишен электронной оболочки, он на пять порядков меньше других ионов и очень подвижен. Вещества, способные отдавать протон, называют кислотами, принимающие протон – основаниями [1].

Нейтрализация подразумевает исчезновение кислоты и основания при их взаимодействии. С нейтрализацией избытков ионов водорода или гидроксид-ионов, поступающих в систему, связан механизм буферного действия. Буферные

системы (растворы) – это растворы, способные сохранять приблизительно постоянное значение pH при добавлении к ним небольших количеств сильных кислот или сильных оснований. В этом случае эффект нейтрализации может быть подтвержден измерением значений pH среды [2].

Объектом настоящего исследования являются реакции нейтрализации кислот и оснований при их взаимодействии.

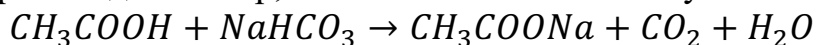
Целью настоящей работы является изучение доступных способов визуализации представлений о понятии химической нейтрализации без применения специальных буферных систем.

Предполагается, что в условиях школьной химической лаборатории возможно доступными и интересными для школьников способами визуализировать процесс нейтрализации кислот и оснований.

В работе решались следующие задачи: провести обзор научно-технической литературы по теме исследований; провести эксперименты, визуализирующие процесс нейтрализации химических соединений; сделать выводы по исследовательской работе.

По результатам анализа научно-технической литературы [1, 2] сделан вывод о том, что наиболее доступным способом нейтрализации химических соединений является взаимодействие слабой кислоты со слабым основанием. Такие соединения встречаются и в быту. Так, например, в качестве слабой кислоты могут выступать пищевые кислоты, такие как уксусная и лимонная, а в качестве основания – пищевая сода (гидрокарбонат натрия). При взаимодействии пищевой соды с органическими кислотами выделяется углекислый газ, который поднимается через слой жидкости в виде пузырьков. Это так же способствует визуализации процесса нейтрализации.

Далее, в условиях школьной химической лаборатории был проведен наглядный эксперимент «танцующая вермишель», демонстрирующий процесс нейтрализации химических соединений [3]. В емкость со столовым уксусом, предварительно окрашенным пищевым красителем, поместили небольшое количество сырой вермишели. Полученный раствор нейтрализовали пищевой содой. В течение нескольких минут наблюдали за тем, как вермишель плавно поднимается и опускается. Эффект «танцующей вермишели» достигается благодаря углекислому газу, высвобождающемуся во время реакции нейтрализации. Этот процесс повторяется до тех пор, пока в напитке остается углекислый газ.



Таким образом, описанный выше эксперимент является достаточно простым и наглядным для демонстрации эффектов, проявляющихся при нейтрализации органическими кислотами такого основания, как пищевая сода.

Еще одним способом демонстрации реакции нейтрализации может служить эксперимент по получению соли для ванн.

Данный опыт позволяет проинформировать школьников о пользе морской соли для организма человека, поскольку в ней содержится большое количество различных макро- и микроэлементов, таких как магний, йод, кальций, железо, марганец, медь, хром, кремний, селен и др. Ванны с морской солью оказывают

благоприятное влияние на состояние кожи и ногтей, улучшают общее самочувствие и способствуют хорошему сну.

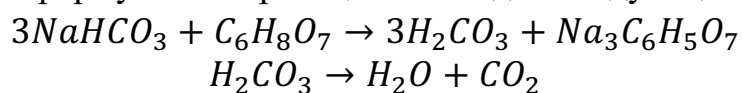
Для приготовления соли с эффектом гейзера необходимо крупную морскую соль пропитать пищевым красителем и ароматическим эфирным маслом. Далее в подсушенную соль добавить небольшое количество пищевой соды и порошок лимонной кислоты. При взаимодействии полученной смеси с водой можно наблюдать эффект гейзера.

В ходе реакции гидрокарбоната натрия и лимонной кислоты образуется угольная кислота (H_2CO_3) и цитрат натрия ($Na_3C_6H_5O_7$).

Цитратами называются соли и эфиры лимонной кислоты. Цитрат натрия имеет солоно-кислый вкус и используется в пищевой промышленности в качестве вкусо-ароматической добавки, консерванта, эмульгатора или стабилизатора. Это соединение используется в производстве пастилы, суфле, мармелада, плавленых сыров, детского питания, йогуртов и сухого молока. С помощью цитрата натрия регулируют кислотность кондитерских изделий (например, десертов на основе желатина), а также поддерживают уровень кислотности в кофе-машинах. Цитрат натрия часто входит в состав газированных напитков, а также напитков, имеющих вкус лайма или лимона [4].

В результате реакции нейтрализации угольная кислота практически сразу распадается на воду и углекислый газ. Углекислый газ образует пузырьки, увлекает за собой подкрашенную воду и образует так называемую «бурлящую лаву».

Химическая формула этой реакции выглядит следующим образом:



Таким образом, в настоящей работе представлены наиболее наглядные и интересные опыты, демонстрирующие школьникам представления о реакции нейтрализации. Эмпирическим путем подтверждена возможность проведения подобранных опытов в условиях школьной химической лаборатории.

Список литературы

1. Александрова, Э.А. Аналитическая химия в 2 книгах. Книга 1. Химические методы анализа: учебник и практикум для вузов / Э.А. Александрова, Н.Г. Гайдукова. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 537 с.
2. Кудряшова, А. А. Химические реакции в аналитической химии с примерами и задачами для самостоятельного решения: учебное пособие / А. А. Кудряшова. – Самара: РЕАВИЗ, 2011. – 75 с.
3. Аниашвили, К.С. Эксперименты на улице и дома / К.С. Аниашвили, М.В. Талер. – Москва: Издательство АСТ, 2018. – 159, [1] с.: ил.
4. Кужель, И. В. Химические опыты с пищевой содой и лимонной кислотой в домашних условиях / И. В. Кужель, А. М. Кириллов. – Текст: непосредственный // Юный ученый. – 2018. – № 2 (16). – С. 97-101.