

**XIII НАЦИОНАЛЬНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
«ПИЩЕВАЯ И МОРСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ»**

**XIII NATIONAL RESEARCH AND PRACTICAL CONFERENCE
WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION
"FOOD AND MARINE BIOTECHNOLOGY"**

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENS

<i>Аверьянова Е. В., Хабарова В. В.</i> Перспективы переработки плодов ирги (<i>Amelanchier</i>).....	3
<i>Андреева Е. В., Мезенова О. Я.</i> Об использовании облепихового масла в технологии высокобелковых соусов.....	8
<i>Антипова Л. В., Дунченко Н. И.</i> Поликультурные биоресурсы внутренних водоемов в развитии отечественного рынка высококачественных рыбопродуктов	15
<i>Баженова Б. А., Жамсаранова С. Д., Лебедева С. Н., Щёктова А. В., Болхонов Б. А., Баймеева Е. И.</i> Гидролизаты пищевых белков для низкоаллергенных мясопродуктов.....	21
<i>Винокур М. Л., Самсонов М. В.</i> Влияние предварительной механической обработки панцирного субстрата на интенсивность ферментативной депротеинизации	26
<i>Галиева З. А., Кечин П. А., Казакбаева Н. А.</i> Ягодные ингредиенты для производства рыбных продуктов	32
<i>Галиева З. А., Мальшиева Е. П., Казакбаева Н. А.</i> Пчелиный прополис в технологии производства молочного мороженого	36
<i>Гапонова Л. В., Полежаева Т. А., Матвеева Г. А.</i> Основные принципы рационального выбора ферментных препаратов для обработки зернобобового и масличного сырья с целью получения продуктов специализированного и детского питания	40
<i>Гендриксон О. Д., Бызова Н. А., Зверева Е. А., Панферов В. Г., Жердев А. В., Дзантиев Б. Б.</i> Разработка высокочувствительного иммунохроматографического анализа антибиотика гатифлоксацина с использованием биметаллического нанозима для контроля контаминации пищевой продукции.....	47
<i>Гольбрайх А. А., Мезенова О. Я.</i> Технология и качество творожного сыра пребиотической направленности, обогащённого пищевой добавкой на основе ферментированных фруктов и овощей	54
<i>Давыденко С. Г., Шиленко А. А.; Кунцова М. Н., Гудь В. А.; Шилов С. Д.</i> Экспресс-метод оценки питьевой воды и водных ресурсов	60
<i>Доморощенкова М. Л., Демьяненко Т. Ф., Меркулова М. И.</i> Исследование фракционного состава белков и жирно-кислотного состава масла семян сафлора	65
<i>Дышлюк Л. С., Казимирченко О. В., Агафонова С. В., Суняйкина А. В.</i> Оценка пребиотических и антиоксидантных свойств ксилоолигосахаридов, выделенных из лигноцеллюлозного сырья.....	71
<i>Ершова Т. А., Ли Н. Г., Лях В. А.</i> К вопросу применения биотехнологий в области разработки продуктов для персонализированного спортивного питания	78
<i>Казакова В. С., Землякова Е. С.</i> Оценка безопасности углеводно-белкового батончика для питания спортсменов.....	84
<i>Карлов В. А., Мезенова О. Я.</i> Технология специализированного напитка для спортивного питания на основе функциональных пищевых добавок из фруктов и овощей пониженного качества.....	88
<i>Корниенко А. А., Лютова Е. В.</i> О возможности использования побочных продуктов переработки моркови и тыквы для обогащения сдобного печенья	95
<i>Котова Т. И., Хантургаев А. Г., Цыцыков В. А.</i> Технология комплексной переработки облепихи с применением электромагнитного поля сверхвысоких частот: практическая реализация	102

Кузнецова Е. А., Лазарева Т. Н., Кузнецова Е. А. Изменения некоторых показателей состава периферических частей зерна злаковых культур при ферментативном гидролизе	109
Ламажапова Г. П., Сордонова Е. В., Гомбоева С. В., Жамсаранова С. Д., Балханова А. Б. Пути создания кормовых добавок направленного действия.....	114
Макеев И. В., Романенко Н. Ю. Влияние L-карнитина на метаболические процессы при физических нагрузках.....	120
Мащенко З. Е., Русских Я. М., Гарбут Е. И. Влияние амоксициллина на гидрохимические показатели активного ила	125
Мезенова О. Я., Агафонова С. В., Романенко Н. Ю., Калинина Н. С., Волков В. В., Дамбарович Л. В., Жила Н. О., Киселев Е. Г. Оценка перспективности использования липидов, ферментативно экстрагированных из рыбных отходов, в синтезе продуктов биотехнологии	130
Мезенова О. Я., Агафонова С. В., Романенко Н. Ю., Калинина Н. С., Волков В. В., Лихварь М. В. Использование гидролизатов личинки <i>Hermetia illucens</i> в качестве кормовых добавок в аквакультуре.....	135
Мезенова О. Я., Никитина О. Н., Дельмухаметов А. Б., Агафонова С. В., Романенко Н. Ю., Калинина Н. С., Волков В. В., Ромашова Ю. А., Лихварь М. В., Кукаев А. В. Результаты биологических испытаний продуктов гидролиза личинки <i>Hermetia illucens</i> в составе корма для форели в индустриальной аквакультуре.....	141
Миленький А. В., Агафонова С. В., Агафонов Е. А. Получение гидролизата из вторичного сырья сёмги методами ферментативного и термического гидролиза	147
Миронова И. В., Хабибуллин И. М., Слинкин А. А. Изменение свойств кобыльего молока при создании продукта спортивного питания	154
Полещук Д. В., Подленный Л. Ю., Максимова С. Н., Волков В. В., Калинина Н. С. Потенциал икорных отходов для получения биологически ценной кормовой продукции	157
Суняйкина А. В., Агафонова С. В. Получение безглютеновых хлебобулочных изделий с использованием нутовой муки	162
Сушина А. Д., Мезенова О. Я. Получение и применение коптильно-водорослевого биогеля в экологически безопасном горячем копчении рыбы	168
Третьякова Т. П. Комплексный подход к разработке персонафицированного питания.....	174
Щёктова А. В., Баженова Б. А., Жамсаранова С. Д., Лебедева С. Н. Анализ внедрения проектного обучения при подготовке специалистов направления 19.00.00 в ВСГУТУ	179
Якубенко Д. А., Дышлюк Л. С. Перспективы использования облепихи крушиновидной в качестве источника пигментов	184

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛОДОВ ИРГИ (*AMELANCHIER*)

¹Аверьянова Елена Витальевна, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры биотехнологии

²Хабарова Виктория Валерьевна, магистрант кафедры биотехнологии

^{1,2}Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск, Россия,
e-mail: ¹averianova.ev@bti.secna.ru; ²khabarova_73@bk.ru

Разработана малоотходная технология переработки плодов ирги, показана их технологическая пригодность для получения сока и пектина из отходов сокового производства – выжимок, приведены показатели качества целевых продуктов – сока и пектина. Показана целесообразность реализации разработанной технологии в условиях Алтайского края, площадь дикорастущих зарослей ирги в котором составляет порядка 650 га, однако продуктов переработки плодов, за исключением сушеных ягод, в регионе не представлено.

Введение

Ирга круглолистная (обыкновенная или овальнолистная – лат. *Amelanchie rovalis Medic (A. vulgaris Moench)*) в зависимости от сорта представляет собой многоствольный кустарник или небольшое раскидистое дерево высотой, преимущественно, до 2 метров. На территории России произрастает в диком виде, предпочитая горные и скалистые местности, избегая болотистых и чрезмерно увлажненных территорий [1, с. 297]. Урожайность с одного растения составляет 10–40 кг [2, с. 32], что в сочетании с доступной ценой способствует коммерческому использованию плодов ирги. В Алтайском крае площадь распространения ирги составляет порядка 645 га (рис. 1).

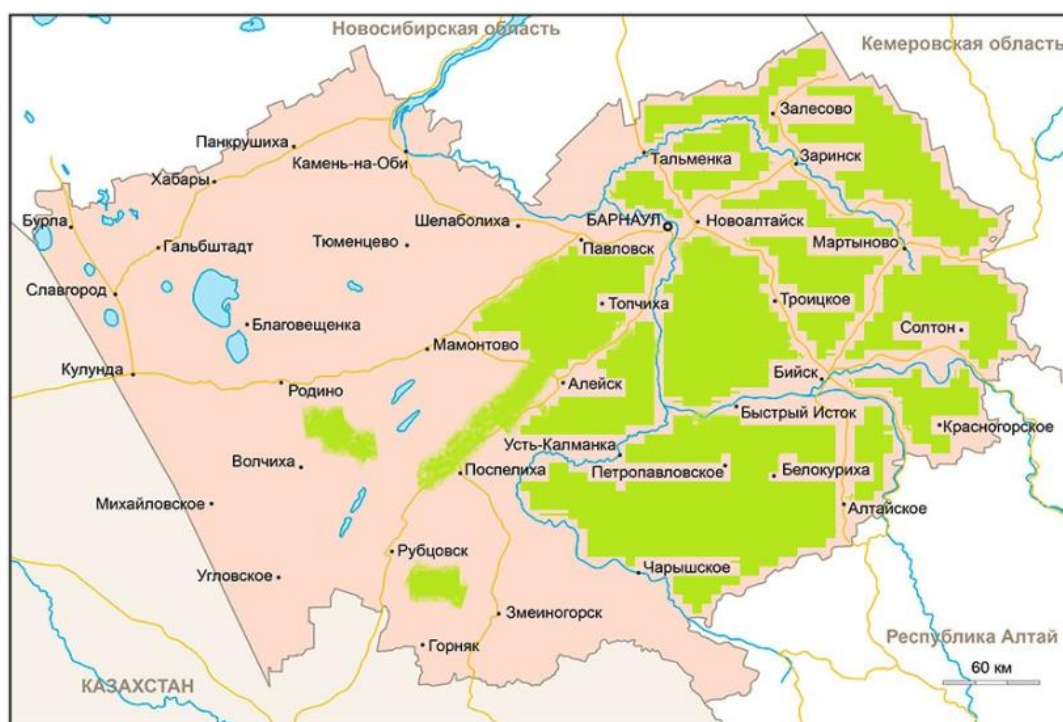


Рис. 1. Ареал произрастания ирги в Алтайском крае (показано зеленым цветом)

Химический состав ягоды ирги отличается разнообразием и может меняться в зависимости от множества факторов, таких как сорт, условия выращивания, климат и продолжительность роста

[3, С. 34]. Плоды ирги содержат обширный спектр биологически активных компонентов, включая витамины А, В и С, сахара (9-12 %, преимущественно глюкозу и фруктозу), небольшое количество органических кислот (яблочная и лимонная, суммарное содержание не более 1,0 %), дубильные вещества (0,3–0,8 %), пектиновые вещества (до 3,7 %), кумарин, медь, кобальт и др. Плоды отличаются высоким содержанием антоцианов (до 840 мг на 100 г), которые признаны эффективными в профилактике различных заболеваний, в том числе онкологических [1, с. 298]. В семенах плода находится жирное масло, а в коре и листьях – дубильные вещества.

Благодаря высокому уровню антиоксидантов, ирга способствует защите клеток от свободных радикалов и предотвращает множество заболеваний. Регулярное употребление этой ягоды укрепляет иммунную систему, способствует улучшению пищеварения и общего состояния здоровья. Плоды ирги рекомендуют употреблять после лучевой терапии и антибиотикотерапии, продукты переработки плодов положительно влияют на центральную нервную систему, уменьшают симптомы гиперактивности и способствуют нормализации сна [4, с. 169-171]. Исследования на животных показали, что употребление ирги положительно влияет на состояние капилляров, снижает свертываемость крови и риск тромбообразования, что может предотвратить инфаркт миокарда [5, с. 22-23]. Такие свойства делают иргу ценным источником биоактивных веществ, способствующих улучшению физиологического и биохимического состояния организма, а также физической выносливости. На рис. 2 показаны реализуемые и перспективные направления использования плодов ирги.

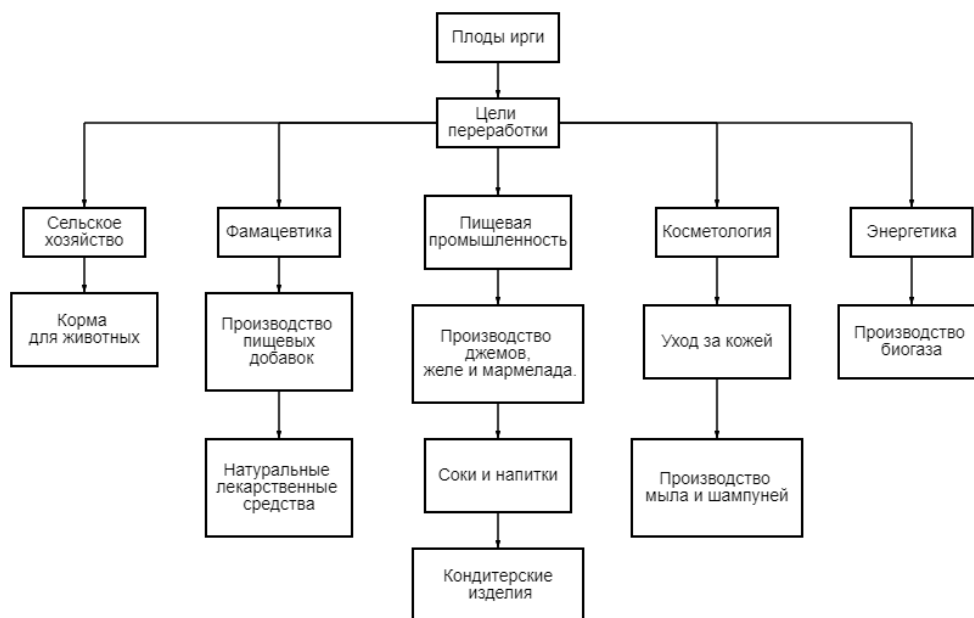


Рис. 2. Направления использования плодов ирги

В связи с вышеизложенным, плоды ирги представляют собой многообещающее сырье для создания функциональных пищевых продуктов. Однако, несмотря на широкие возможности использования продуктов переработки плодов ирги в пищевой, фармацевтической и смежных отраслях промышленности, и имеющиеся площади дикорастущей ирги в Алтайском крае переработкой ее плодов занимается единственная организация, выпускающая сушеную ягоду под брендом «Я С АЛТАЯ».

Таким образом, целью настоящего исследования являлось изучение перспектив использования плодов ирги в качестве сырья для разработки малоотходной технологии в условиях Алтайского края.

Основная часть

Для разработки малоотходной схемы использовались плоды дикорастущей ирги соответствующего качества, собранные в предгорной зоне Алтайского края в 2023 году. Процесс переработки плодов начинается с их инспекции, мойки и измельчения до состояния мезги и её термической обработки для повышения эффективности отжима. Количество извлекаемого сока определяется размером частиц мезги, содержанием пектинов, характеристиками коллоидной структуры и другими

параметрами растительной массы. Чрезмерное измельчение приводит к образованию мелких фракций мезги, которая затрудняет прессование, при недостаточном измельчении, в крупных фрагментах остается некоторое количество сока, поэтому важно добиться рыхлости и однородности мезги [6, с. 87-88]. Сокоотдача плодов ирги составила $10,9 \pm 0,2$ %.

Полученный сок представляет собой замутненную жидкость, фиолетово-бурого цвета с характерным терпким запахом и сладким вкусом с длительным вяжущим послевкусием. Некоторые физико-химические показатели сока плодов ирги представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования физико-химических показателей сока ирги ($M \pm m$, $n=3$)

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	Массовое содержание растворимых сухих веществ, %	$20,2 \pm 0,3$
2	Титруемая кислотность, г/дм ³	$4,16 \pm 0,01$
3	Плотность, г/см ³	$1,021 \pm 0,001$
4	Массовая концентрация сахаров, г/дм ³	$180,5 \pm 0,1$
5	Сахарокислотный индекс (СКИ)	$43,39 \pm 0,01$

Кислотность сока на уровне $4,16$ г/дм³ и плотность около $1,02$ г/см³ свидетельствуют о хороших вкусовых качествах и стабильности продукта. Уровень сахара $180,5$ г/дм³ и высокий СКИ указывают на достаточную сладость сока и его энергетическую ценность, что делает продукт привлекательным для потребителей.

Отходом производства сока является жом, который высушивают до влажности не более 8 % в случае продолжительного хранения или направляют без высушивания для извлечения биологически активных веществ, в частности пектина. Высушенный жом ирги – сыпучая коричневая масса частиц неправильной формы, относящаяся к грубодисперсным порошкам, в которых фактическая поверхность соприкосновения частиц занимает незначительную долю поверхности, в результате чего они слабо взаимодействуют друг с другом.

Аппаратурно-технологическая схема малоотходной переработки плодов ирги представлена на рис. 3.

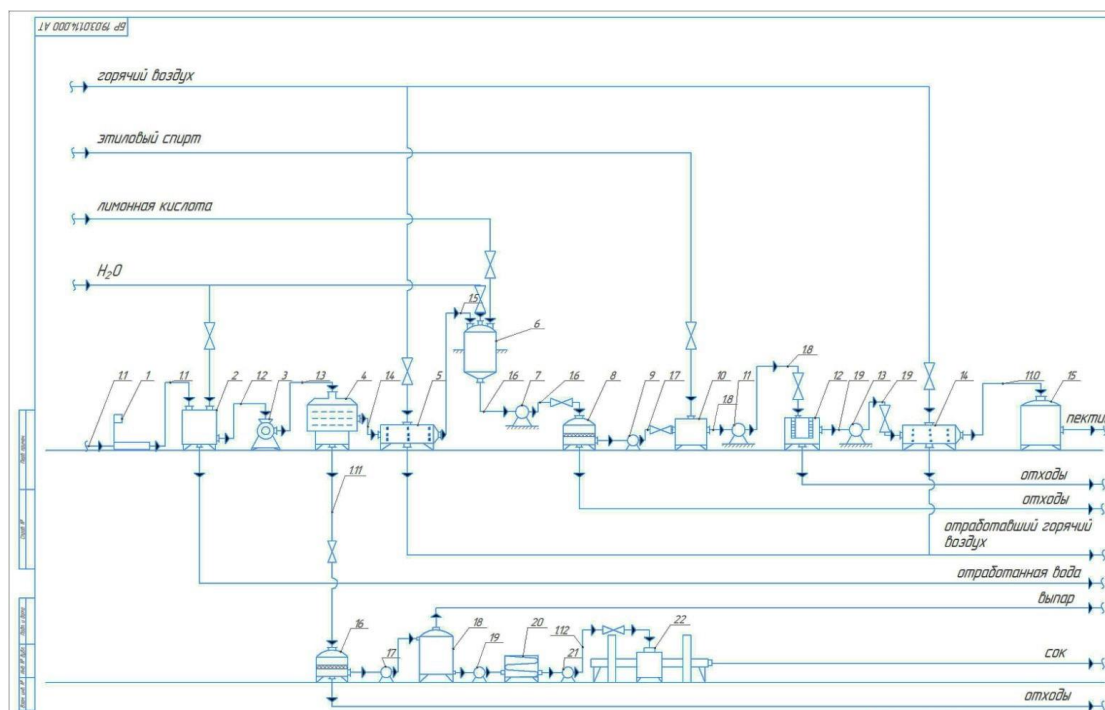


Рис. 3. Аппаратурно-технологическая схема переработки плодов ирги

Сырье (плоды ирги) поступает в моечную машину 1, оснащенную подачей водопроводной воды, отработанная вода после фильтрации направляется на технические нужды, в дробилке фруктов типа *Speidel* 2 плоды измельчаются до необходимого размера 3-5 мм и направляются на пресс фруктово-ягодный типа Муромец БП 3. Жом ирги высушивают в барабанной сушилке 4 при температуре 60 °С течение 16 ч, затем направляют на экстракцию раствором лимонной кислоты (соотношение лимонной кислоты к воде 1 : 30) рН=1,5 в течение 4 ч при 90 °С в экстракторе 5. Далее экстракт отфильтровывают фильтр-прессе 6 и направляют в емкость 7 для осаждения пектина 95%-ым раствором этилового спирта (гидромодуль 1 : 3), выпавший осадок пектина отделяют центрифугированием в промышленной центрифуге 8 (4000 об/мин в течение 30 мин), затем высушивают в барабанной сушилке 9 при 50 °С в течение 3 ч. Готовый продукт (пектин) попадает в приемник 10 и затем на линию фасовки (аппараты 11-15).

Сок ирги отфильтровывают на фильтр-прессе 16, осадок удаляют в отвал, отфильтрованный сок поступает в деаэратор 18, затем пастеризуют при 75–85 °С в 20 0,5–1,0 мин. Пастеризованный сок поступает на линию розлива и фасовки 21-22.



Рис. 4. Внешний вид пектина

Выход пектина составляет 11,8 % (коэффициент извлечения 72,0 %), в пересчете на воздушно-сухой жом. Внешний вид образца пектина представлен на рис. 4: порошок тонкого помола без посторонних примесей, красно-коричневого цвета, обусловленного наличием антоцианов (2,97±0,01 г/л). Запах слабый, характерный плодам ирги. Влажность пектина 9,8 %: Степень этерификации 67,53±0,01 %, что соответствует высокоэтерифицированному пектину типа Б (степень этерификации 67–69 %), который широко используется в производстве кондитерских изделий в качестве пищевой добавки Е440 гелеобразователь и загуститель.

Заключение

Таким образом, учитывая растущий спрос на натуральные и здоровые продукты, использование ирги как ценного сырья открывает новые возможности для пищевой промышленности, а развитие малоотходных и безотходных технологий в производстве продуктов питания на основе ирги является не только экологически ответственным подходом, но и экономически выгодным решением. Это создает благоприятные условия для внедрения инновационных технологий, которые позволяют максимально использовать все компоненты сырья, минимизируя количество отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаксаева Е.А. Плоды растений рода Ирги (*Amelanchier Medic*) как источник биологически активных веществ и минералов // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2018. – Т. 26. – №. 2. – С. 296-304. DOI: 10.23888/PAVLOVJ2018262296-304.
2. Ренгартен Г.А. Интродукция и селекция ирги в России и за рубежом // Биотехнология и селекция растений. – 2023. – Т. 6. – №. 2. – С. 27-36. DOI: 10.30901/2658-6266-2023-2-02.
3. Popova E.I., Khromov N.V. Key Indicators of the Biochemical Composition of Shadberry of Domestic and Foreign Selection // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 74. – № 3. – С. 33-37.

4. Морозова О.В., Учасов Д.С. Перспективы использования плодов ирги при создании функциональных пищевых продуктов для спортсменов // Наука-2020. – 2019. – Т. 32. – №. 7. – С. 168-171.

5. Лаксаева Е.А. Состав водорастворимого полисахаридного комплекса плодов ирги обыкновенной и его влияние на организм лабораторных крыс // Успехи современного естествознания. – 2018. – №7. – С. 20-25.

6. Рабоволук Д.В., Киселева Т.Ф. Технологические способы повышения выхода виноградного сока // Сб. тез. IV нац. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Холодильная техника и биотехнологии», г. Кемерово, 1-3 дек. 2022. – Кемерово, 2023. – С. 87-88.

PROSPECTS FOR PROCESSING IRGY FRUIT (AMELÁNCHIER)

¹Averyanova Elena Vitalievna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Professor of the Department of Biotechnology

²Khabarova Victoria Valerievna, master's student of the Department of Biotechnology

^{1,2}Biysk Technological Institute (branch) of the Altay State Technical University, Biysk, Russia,
e-mail: ¹averianova.ev@bti.secna.ru; ²khabarova_73@bk.ru

A low-waste technology for processing serviceberry fruits has been developed, their technological suitability for obtaining juice and pectin from juice production waste – pomace – has been shown, and quality indicators for the target products – juice and pectin – have been given. The feasibility of implementing the developed technology in the conditions of the Altai Territory, where the area of wild serviceberry thickets is about 650 hectares, is shown; however, fruit processing products, with the exception of dried berries, are not represented in the region.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОБЛЕПИХОВОГО МАСЛА В ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОБЕЛКОВЫХ СОУСОВ

¹Андреева Елизавета Васильевна, студент направления «Биотехнология»

²Мезенова Ольга Яковлевна., д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой пищевой биотехнологии

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹andreeva.lizonka@gmail.com; ²mezenova@klgtu.ru

Исследован потенциал дикорастущей калининградской облепихи в производстве масел методом экстракции подсолнечным маслом. Установлен жирнокислотный состав опытных образцов масел и содержание бета-каротина. Исследована возможность использования опытных образцов масел в производстве высокобелковых соусов из шпротной биодобавки на основе голов копченой кильки. Оценены органолептические характеристики разработанных рецептур, оптимизирована рецептура методом математического моделирования. Показана возможность использования дикорастущей калининградской облепихи в технологии высокобелковых соусов.

Облепиха крушиновидная, или крушиновая (*Hippóphaë rhamnóides*) – двудомный кустарник или дерево, вид рода Облепиха (*Hipporphaë*) семейства Лоховые (*Elaeagnaceae*). В Калининградской области дикорастущая облепиха встречается в окрестностях городов Светлый, Балтийск, Пионерский, Светлогорск. Образует сплошные заросли по отработанному карьеру в Янтарном, имеются куртины и лентовидные заросли на Балтийской и Куршской косе, вдоль железных и автомобильных дорог по всей северо-западной части региона. Калининградская форма облепихи более зимостойкая, корневая система ее не подвержена выпреванию, поэтому представляет большую ценность для селекции и использования [1 - 3]. Плоды облепихи богаты каротиноидами, проявляющими антиоксидантные свойства и являющиеся предшественниками витамина А, их содержание колеблется от 11,8 мг% до 29,1 мг% [4, 5]. Они также богаты жиро- и водорастворимыми витаминами Е, А, С, D, моно и полиненасыщенными жирными кислотами, состав которых зависит от сорта. Однако богатый потенциал калининградской облепихи практически не используется в пищевых технологиях.

В Калининградской области остро стоит проблема переработки рыбных отходов, в частности голов копченой кильки. Калининградские производства являются основными поставщиками рыбной консервной промышленности из Балтийской кильки. На основных производствах ООО «РосКон» и СПК «Рыболовецкий колхоз «За Родину» за сутки накапливается до 2 тонн голов копченой кильки [6]. Подобные отходы не могут быть использованы в качестве удобрения или кормовых целей в связи с копченостью сырья. На уничтожение таких отходов производства тратят деньги, хотя сырье обладает высоким биопотенциалом и может быть использовано на пищевые цели.

На кафедре пищевой биотехнологии в Калининградском государственном техническом университете была разработана технология изготовления высокобелковой биодобавки из голов копченой кильки, содержащей до 90% низкомолекулярных пептидов молекулярной массой до 10 кДа [7]. Пептиды с такой низкой молекулярной массой обладают повышенной биологической ценностью, лучшей усвояемостью, благоприятным воздействием на опорно-двигательный аппарат, высокой антиоксидантной активностью. Разработанную биодобавку можно использовать как самостоятельный БАД или в качестве компонента в продуктах питания.

На кафедре пищевой биотехнологии разработана и запатентована рецептура молочного высокобелкового соуса с добавлением шпротной биодобавки [8]. Соус обладает приятными органолептическими характеристиками, может быть использован в качестве заправки для салатов или соуса к мясным или рыбным блюдам. Соус отличается высоким содержанием низкомолекулярных пептидов, сбалансированностью и долгим сроком хранения.

Цель и задачи исследования

Цель работы заключалась в оценке возможности использования масел дикорастущей калининградской облепихи, полученных на основе жировой экстракции растительным маслом, в технологии высокобелковых соусов на основе пептидных биодобавки из шпротных отходов.

Для достижения поставленной цели исследовали различные способы изготовления облепиховых масел, сравнивали опытные образцы по результатам органолептического и жирнокислотного анализа, получали и исследовали экспериментальные образцы белковых соусов с применением шпротных пептидных добавок.

Материалы и методы исследования

В качестве сырья использовали дикорастущую облепиху, собранную в сентябре 2023 года в поселке Янтарный Калининградской области. Также использована шпротная биодобавка из голов копченой кильки, изготовленная на кафедре пищевой биотехнологии [7].

Для получения масел была использована технология экстракции подсолнечным маслом из мякоти ягод (сока) и жмыха с косточками. Технологии изготовления опытных образцов облепиховых масел представлены на рисунке 1.

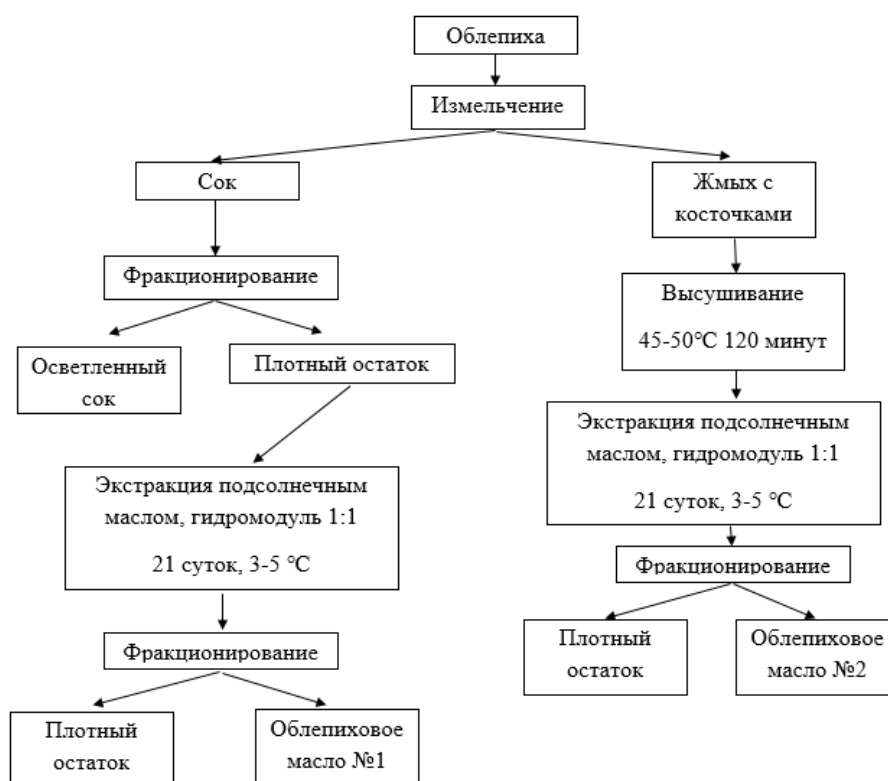


Рис. 1. Технология изготовления облепиховых масел

Жирнокислотный анализ масел проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии; определение бета-каротина проводили методом фотокалориметрии. Данные анализы осуществляли в научно-исследовательской лаборатории UBF в г. Альтлансберг,

На основе молочного пептидного соуса [8] были изготовлены четыре рецептуры соусов с добавлением экспериментальных облепиховых масел.

Органолептическую характеристику соусов проводили по 5-балльной шкале описательным методом

Одна рецептура с наиболее высокими органолептическими характеристиками оптимизирована с помощью метода математического моделирования.

Результаты исследования, их обсуждение

Результаты анализа жирнокислотный анализ экспериментальных образцов облепихового масла представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные результаты жирнокислотного анализа облепиховых масел и подсолнечного масла

Жирная кислота	Экспериментальное масло №1, %	Экспериментальное масло №2, %	Подсолнечное масло, % [9]
Пальмитиновая кислота (16:0)	7,2	6,6	4,0-5,5
Пальмитолеиновая кислота (16:1 n7)	1,6	0,9	0-0,05
Стеариновая кислота (18:0)	2,9	-	2,1-5,0
Олеиновая кислота (цис 18:1 n9)	31,3	30,2	43,1-71,8
Транс Олеиновая кислота (18:1 n9)	-	2,9	-
Линолевая кислота (цис 18:2 n6)	55,6	57,7	18,7-45,3
Гамма-линоленовая кислота (цис 18:3 n6)	0,1	0,1	0-0,5
Альфа-линоленовая кислота (цис 18:3 n3)	0,2	0,2	0-0,5
Эйкозодиеновая кислота (цис 20:2 n6)	0,1	0,3	-
Эйкозатриеновая кислота (цис 20:3 n3)	0,6	0,6	-
Бегеновая кислота (22:0)	0,2	-	0,6-1,1
Лигноцериновая кислота (24:0)	0,2	0,2	0,3-0,4
Итого насыщенных жирных кислот	10,5	6,9	7-12
Итого мононенасыщенных жирных кислот	32,9	31,2	43,3-72,2
Итого полиненасыщенных жирных кислот	56,7	59,0	18,7-46,3
Омега -3 жирные кислоты	0,8	0,8	0,2
Омега -6 жирные кислоты	55,8	58,1	18,7-45,8

Из таблицы 1 следует, что в результате экстракции из облепихи в подсолнечное масло перешли полезные жирные кислоты. Уменьшился количественный состав мононенасыщенных жирных кислот на 10,4-39,3%, и увеличился состав полиненасыщенных жирных кислот на 10,4-38%. Содержание Омега – 3 жирных кислот увеличилось в 4 раза, Омега – 6 жирных кислот - в 1,5-2 раза. При этом экспериментальное масло №2, полученное методом экстракции из жмыха, отличалось более высоким содержанием ПНЖК и Омега-6 жирных кислот.

Результаты по содержанию бета-каротина в образцах масла представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительное содержание бета-каротина в образцах масла

Образец	Экспериментальное масло №1, %	Экспериментальное масло №2, %	Подсолнечное масло, % [9]
Бета-каротин, мг/100г	1,92	13,95	0,00

Таким образом, видно, что бета-каротин более эффективно экстрагируется из жмыха с косточками (образец 2), чем из сока, что можно объяснить его повышенным присутствием именно в данном облепиховом сырье.

Рецептуры соусов с добавлением экспериментальных образцов облепиховых масел. представлены в таблице 3.

Рецептуры молочно-облепиховых соусов

Ингредиент	Контроль, г/100г	Рецептура 1, г/100г	Рецептура 2, г/100г	Рецептура 3, г/100г	Рецептура 4, г/100г
Масло сливочное 72.5%	40	37	37	32	32
Мука ржаная	10	10	6	6	6
Сливки 10%	57	47	47	44	44
Шпротная биодобавка	16	16	16	16	16
Облепиховое масло из жмыха (образец 2)	-	17	-	25	25
Облепиховое масло из сока (образец 1)	-	-	24	-	-
Соль	-	2	2	2	5
Мед липовый	-	7	-	15	7
Лимонный сок	-	-	-	-	5

При оценке органолептических характеристик соусов установлено. Рецепт 1 имеет пастообразную консистенцию, темно-желтый цвет, легкий аромат копчения, небольшая горчинка во вкусе, небольшой рыбный привкус, сливочный оттенок. Рекомендуется к использованию в качестве самостоятельного продукта или добавки к мясному или рыбному блюду. Соус, изготовленный по рецепту 2, в процессе хранения расслоился и поэтому далее не рассматривался. Соус рецепта 3 имел жидкую сметанообразную консистенцию, темно-песочный цвет, легкий облепиховый аромат, во вкусе ощущались приятная облепиховая кислинка и некоторая сладость. Рекомендуется к использованию в качестве соуса к десертам. Соус рецепта 4 имел жидкую соусобразную консистенцию, светло – бежевый цвет, сильный облепиховый аромат, яркую вкусовую кислинку облепихи, солоно-сливочный привкус с нежным оттенком. Может быть использован в качестве соуса к салатам.

Наиболее привлекательными органолептическими характеристиками обладает рецепт 4, поэтому было принято решение оптимизировать данную рецептуру методом математического моделирования. В качестве варьируемых частных факторов, подлежащих регулированию и оптимизации в облепиховом соусе, использовали дозировку протеиновой биодобавки из вторичного шпротного сырья в г к 100 г соуса ($W_{гидр}$) и дозировку облепихового масла в г к 100 г соуса ($W_{обл}$). Параметром оптимизации был выбран безразмерный обобщенный показатель «Y», в состав которого вошли частные отклики: органолептическая оценка, массовая доля белка. Обобщенный показатель рассчитывали с применением «идеальных» значений частных откликов. Органолептическая оценка рассчитывалась по 20-бальной шкале, за идеал массовой доли белка принималось значение 15%.

Осуществление эксперимента выполнено согласно с матрицей ОЦКП. Матрица и план эксперимента представлен в таблице 4.

План эксперимента и результаты оптимизации процесса изготовления высокобелкового молочно - облепихового соуса (рецептура 4)

№	План эксперимента		Частные отклики		Частные безразмерные отклики		Y
	$\omega_{\text{гидр}}(X_1)$, г к 100 г соуса	$W_{\text{обл}}(X_2)$, г к 100 г соуса	Органолептическая оценка, балл	Массовая доля белка, %	$S^2_{\text{орг.оц}}$	$S^2_{\text{масс.доля белка}}$	
1	18	30	14,6	16,6	0,073	0,011	0,084
2	14	30	16,1	13,2	0,038	0,014	0,052
3	18	20	13,5	16,6	0,106	0,011	0,117
4	14	20	14,8	13,2	0,068	0,014	0,082
5	18	25	14,2	16,6	0,084	0,011	0,095
6	14	25	15,9	13,2	0,042	0,014	0,056
7	16	30	18,1	14,95	0,009	1,111	1,120
8	16	20	16,3	14,95	0,034	1,111	1,145
9	16	25	17,6	14,95	0,014	1,111	1,125

После вычисления всех коэффициентов получили следующее уравнение облепихового соуса с кодированными значениями уровней факторов:

$$y = 0,606 + 0,106x_1 - 0,004x_2 - 0,00075x_1 x_2 - 0,484x_1^2 + 0,221x_2^2$$

Сравнивая абсолютные значения коэффициентов друг с другом, можно установить, что несколько более высокие значения первого фактора (x_1) свидетельствуют о большем влиянии дозировки протеиновой биодобавки из вторичного шпротного сырья, чем дозировка облепихового масла x_2 . Это объясняется тем, что копченый привкус очень ярко выражен, при этом шпротная добавка является основным источником белка в соусе.

Уравнение с натуральными значениями уровней факторов для облепихового соуса:

$$y = -0,0121\omega_{\text{гидр}}^2 + 0,00884\omega_{\text{обл}}^2 - 0,000075\omega_{\text{гидр}}\omega_{\text{обл}} + 3,9269\omega_{\text{гидр}} - 0,4416\omega_{\text{обл}} - 25,703$$

где $\omega_{\text{гидр}}$, $\omega_{\text{обл}}$ – натуральные значения добавок.

Математически про дифференцировав данное уравнения, находим оптимальные значения варьируемых факторов:

- дозировка протеиновой биодобавки из вторичного шпротного сырья ($\omega_{\text{гидр}}$) составляет – 16,2 г на 100 г соуса;
- дозировка облепихового масла ($\omega_{\text{обл}}$) – 25,7 г на 100 г соуса.

На основе полученной зависимости была построена геометрическая модель рецептуры высокобелкового облепихового соуса «SMART SAUCE» (рисунок 2).

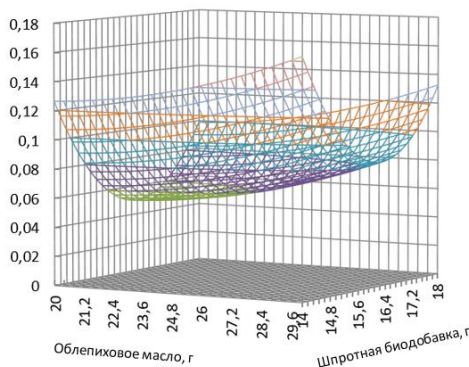


Рис. 2. Геометрическая модель оптимизации рецептур высокобелкового соуса облепихового «SMART SAUCE»

Итоговая рецептура соуса «SMART SAUCE» представлена в таблице 5.

Таблица 5

Оптимизированная рецептура соуса «SMART SAUCE»

Ингредиент	Облепиховый соус, салатный, г/100 г
Сливочное масло 72,5%	32,0
Мука ржаная	6,0
Сливки 10%	44,0
Шпротная биодобавка	16,2
Облепиховое масло №2	25,7
Соль	5,0
Мед липовый	7,0
Лимонный сок	5,0

Выводы

1. Методом жировой экстракции жмыха и сока из дикорастущей калининградской облепихи в подсолнечное масло получены два образца облепихового масла.
2. Определен и проанализирован жирнокислотный состав и содержание бета-каротина в облепиховых маслах. Экспериментальное масло №2, полученное методом экстракции из жмыха, отличается более высоким содержанием ПНЖК, Омега-6 жирных кислот и бета-каротина.
3. Разработаны 4 рецептуры высокобелковых соусов на основе запатентованной рецептуры молочного пептидного соуса. Наиболее высокими органолептическими характеристиками обладает соус №4.
4. Методом математического моделирования получена математическая модель второго, порядка и оптимизирована рецептура соуса № 4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондрашов В.Т. Помология. Земляника, малина, орехоплодные и редкие культуры. Том 5. Орел, из-во ВНИИСПК, 2014. С. 454-462.
2. Ожерельева З.Е., Богомолова Н.И. Зимостойкость облепихи крушиновидной // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2016. Т. 2. С. 621.
3. Ожерельева З.Е., Богомолова Н.И. Морозостойкость облепихи крушиновидной различного экологогеографического происхождения в условиях Орловской области // Современное садоводство. 2014. № 2 (10). С. 43-48.
4. Турдумамбетов, К. Углеводный состав шрота из облепихи крушиновидной и получение облепихового масла из шрота и семян / К. Турдумамбетов, К. Т. Шаплыков, Э. Э. Эрнзарова [и др.] // Известия национальной академии наук Кыргызской республики. – 2017. – № 1. – С. 26–28.
5. Валитова И.М., Титова Т.В. К вопросу о переработке облепихи в пищевой промышленности // Оренбургский государственный университет. - Оренбург: 2016. - С. 1165-1169.
6. Мезенова О.Я., Андреева Е.В., Mörsel – Dr J.-Th. Использование пептидов шпротного вторичного сырья в производстве соусной продукции // Рыбное хозяйство. – 2022. – № 6. – С. 98–107.
7. Пат. 2727904 РФ, МПК А23L 17/00 Способ получения пищевых добавок из вторичного копченого рыбного сырья с применением термического гидролиза. / О.Я.Мезенова, В.В.Волков, Л.С.Байдалинова, С.В.Агафонова, Н.Ю. Мезенова, Л.В.Городниченко, Н.С.Калинина, Т.Гримм, А.Хелинг (Россия, Германия). - №2727904.
8. Пат. 2821540 РФ, МПК А23L 23/00 Молочный пептидный соус / Е.В. Андреева, О.Я.Мезенова (Россия). - №2821540.
9. Стандарт на поименованные растительные масла CXS 210-1999 // Международные стандарты на пищевые продукты. – исправление от 01.02.2023

ABOUT THE USE OF SEA BUCKTHORN OIL IN THE TECHNOLOGY OF HIGH-PROTEIN SAUCES

¹Andreeva Elisaveta Vasilievna, student of the direction "Biotechnology"

²Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, professor

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹andreeva.lizonka@gmail.com; ²mezenova@klgtu.ru

The potential of wild Kaliningrad sea buckthorn in the production of oils by sunflower oil extraction has been studied. The fatty acid composition of the experimental oil samples and the beta-carotene content have been established. The possibility of using experimental oil samples in the production of high-protein sauces from sprat supplements based on smoked sprat heads has been investigated. The organoleptic characteristics of the developed formulations are evaluated, the formulation is optimized by mathematical modeling. The possibility of using wild Kaliningrad sea buckthorn in the technology of high-protein sauces is shown.

ПОЛИКУЛЬТУРНЫЕ БИОРЕСУРСЫ ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ В РАЗВИТИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЫНКА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ РЫБОПРОДУКТОВ

¹ Антипова Людмила Васильевна, д-р техн. наук, профессор, заслуж. деятель науки РФ, гл. научный сотрудник НОЦ «Живые системы»

² Дунченко Нина Ивановна, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой управления качеством и товароведения продукции

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия, e-mail: antipova.L54@yandex.ru

² ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет–МСХА им. К. А. Тимирязева, e-mail: dunchenko.nina@yandex.ru

В структуре питания населения России заметное место занимают аквакультурные источники пищевых продуктов. Однако ассортимент продуктов питания из них ограничен, качество требует улучшения для обеспечения устойчивого спроса. Особый интерес представляют поликультурные биоресурсы в виду возможности создания новых ассортиментных линеек высококачественных рыбопродуктов широкого потребительского спроса.

В качестве объектов исследования использовали веслонос американский – осетрообразная рыба и белый толстолобик, выращенные совместно в условиях прудового хозяйства Воронежской области. Установлено содержание основных пищевых веществ, исследован аминокислотный и жирнокислотный составы, показана возможность и целесообразность для производства биологически ценных высококачественных рыбопродуктов широкого потребительского спроса с использованием методов математического моделирования. Разработаны рецептуры на принципах взаимообогащения белков толстолобика, веслоноса и его печени. Готовые к употреблению продукты (паштеты) имеют улучшенные органолептические показатели (вкус, цвет), расчетную биологическую ценность, превышающую мясо теплокровных животных. Перевариваемость белков составляет более 80%. Расчет себестоимости указывает на доступность широким слоям населения.

В настоящее время в мировом рыбном хозяйстве наблюдается процесс глобализации. За последние десятилетия уровень глобального предложения рыбы превысил показатели прироста мирового населения, а рыба и морепродукты стали одним из самых ходовых пищевых товаров в мире [1,2]. Промышленное рыболовство как вид экономической деятельности стало играть все большую роль в обеспечении продовольственной безопасности населения и в развитии многих прибрежных районов. Однако, объем мировой добычи в водах океана вышел на плато, последние 10 лет практически не увеличивался и тенденций к росту не наблюдается [3]. При этом в мире спрос на рыбу и морепродукты растет. Увеличивать добычу можно за счет уникальных технологий, редких и новых видов рыб, не освоенных промыслом, а также за счет развития аквакультуры [4,5]. В последние годы спрос на аквакультуру увеличивается по ряду факторов. Особое значение имеет распространение знаний о полезности рыбы для здоровья человека, и преимущества с диетической точки зрения по сравнению с красным мясом животных и другими видами мяса с высоким содержанием жира. Заметный вклад внесли последние результаты фундаментальных исследований института питания РАМН и других ученых по обоснованию норм потребления продуктов питания для сохранения здоровья человека, где рыбопродуктам уделяется большое значение [6,7,8].

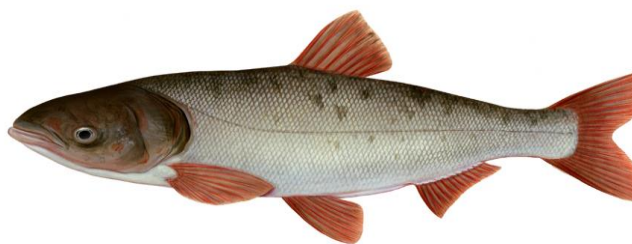
Согласно Программе РФ «Развитие рыбохозяйственного комплекса», одной из основных целей обозначено обеспечение продовольственной независимости в параметрах, заданных Доктриной продовольственной безопасности РФ, восстановление и сохранение ресурсно-сырьевой базы, в том числе за счет стимулирования развития аквакультуры. Стратегией РХК России на период до 2030 год предусмотрено увеличение объема отечественной рыбной продукции из водных биологических ресурсов на уровне не менее 85% в общем объеме товарных ресурсов [9].

В России достаточно широко распространены как элемент аквакультурного производства, прудовые хозяйства, где в том числе успешно выращивают известные пресноводные рыбы, пользующиеся популярностью среди населения (толстолобик, крап, карась, сазан, щука, белый амур и др.) совместно с высококачественными осетрообразными. Однако ассортимент продуктов скуден, в основном живая, копченая или вяленая рыба. При исследовании потребительского спроса установлено, что качество рыб оценивается как недостаточно высокое. Исходя из вышеизложенного, актуальным следует признать расширение ассортимента рыбопродуктов современных форм и создание новых ассортиментных линеек на основе глубокого и всестороннего исследования биоресурсов прудовых хозяйств. В связи с освоением технологии выращивания прудовых рыб в условиях полкультуры представляет интерес исследование свойств осетрообразной рыбы веслонос и карповых на примере толстолобика для создания разнообразных ассортиментных линеек высококачественных рыбопродуктов.

Цель работы состоит в исследовании свойств поликультурных рыб внутренних водоемов обосновании ассортиментных линеек высококачественных рыбопродуктов широкого потребительского спроса.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования избраны веслонос (американский) и толстолобик (белый), выращенные в течение 2-х лет в условиях ООО «Павловский рыбхоз» (Воронежская область). Внешний вид рыб представлен на рис. 1.



А) Толстолобик



Б) Веслонос

Рис. 1. Внешний вид поликультурных рыб

Объекты для исследования – охлажденное после разделки до $+4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ сырье по традиционной схеме при отделении съедобных и несъедобных частей и их взвешивании.

В ходе экспериментальных исследований использовали современные методы, в том числе: химический состав, массовая доля влаги, белки, минеральные вещества, витаминный состав, жир, зола, функционально-технологические и структурно-механические свойства сырья, влагосвязывающая способность модельных пищевых систем, влагоудерживающая способность, липкость, жироудерживающая способность, рН, стабильность эмульсии, эмульгирующая способность, фракционный состав белков, аминокислотный состав рыбопродуктов, аминокислотная сбалансированность и биологическая ценность продуктов, жирнокислотный состав, органолептические показатели, часть из которых представлена в данной работе с учетом рекомендаций [10]. При обосновании рецептурно-компонентного состава рыбопродуктов использовали современные методы математической оптимизации и моделирования.

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки перспективности рационального использования рыбных ресурсов поликультурного выращивания производили оценку выхода продуктов разделки (Табл. 1).

Масс-метрические характеристики рыб поликультурного выращивания

№	Наименование продукта разделки	Виды рыб	
		толстолобик	веслонос
1	Целая рыба	2330,0±170,00	1662,3±408,86
2	Голова:		
	- с жабрами	550,0±50,06	435,3±82,89
	- без жабр	478,0 ±50,11	345,7±93,10
3	Плавники	38,5±5,52	52,3±5,79*
4	Плавники с головой	588,5±55,50	414,3±72,11
5	Рострум	—	77,0±10,7
6	Молоки	124,0±21,00*	77,0±42,34
7	Кожа	105,0 ± 1,00*	57,0 ±7,00
8	Селезенка	4,0 ± 1,05	5,7 ±1,70
9	Плавательный пузырь	19,5 ± 2,53*	8,2 ±2,16
10	Поджелудочная железа	46,5 ±1,52	39,7±6,94
11	Печень	9,2 ±1,00	34,9±9,42*
12	Кишечник	29,1 ±3,00	20,3±7,26*
13	Сердце	3,1±0,29*	3,4±0,82*
14	Позвоночные хрящи веслоноса, кости (толстолобика)	254,0±4,02	65,0±10,42*
15	Филе:		
	- со шкурой	1200,2± 100,60	796,3±170,19
	- без шкуры	1095,0 ± 99,00	760,0±161,14
16	Масса внутренностей	236,50 ± 6,52	184,0±65,20
17	Чешуя	51,0 ± 4,00*	-

Из данных таблицы 1 видно, что веслонос как объект для производства пищевой продукции, имеет явные преимущества: значительно меньший выход внутренностей, отсутствие чешуи, за счет отсутствия межмышечных костей. Общий выход хрящевых и костных компонентов в 4 раза меньше, почти в 2 раза меньше выход кожи, существенно меньший выход головы. Обращает внимание значительный выход печени, превышающий толстолобика более, чем в 3 раза. Однако выход филе выше в случае толстолобика примерно на 10%. Следует отметить, что общий объем несъедобных частей составляет 50-60%, однако с учетом массы печени веслонос следует отнести к более выгодному объекту для производства пищевых продуктов.

Сравнительные данные общего химического состава мяса исследуемых поликультурных рыб показали (табл.2), что веслонос превосходит толстолобика по белку, жиру за счет более высокой влажности последнего.

Сравнительный химический состав мяса поликультурных прудовых

Образец	Влага, %	Жир, %	Зола, %	Белок, %	Энергетическая ценность, ккал/100 г
Толстолобик	75,3±0,84	6,4 ± 0,75	2,3±0,40*	17,5± 0,09	121,60
Веслонос	63,3±3,33*	8,4±2,48*	2,5±0,50*	25,8±1,02*	178,80

Таблица 3

Сравнительный анализ аминокислот в белках мяса поликультурных

Аминокислота	Содержание г/100 г белка	
	мясо веслоноса	мясо толстолобика
Изолейцин	3,84±0,02	2,19±0,01
Треонин	4,81±0,03	4,79±0,02
Валин	4,92±0,03	5,05±0,03
Метионин+ цистин	7,45±0,05	3,11±0,01
Лейцин	8,31±0,05	4,61±0,02
Фенилаланин + тирозин	3,76±0,02	4,32±0,02
Лизин	7,12±0,04	5,80±0,04
Сумма незаменимых аминокислот	40,21±0,03	29,87±0,01

Несомненными преимуществами характерно мясо (филе) веслоноса по сумме незаменимых аминокислот (табл. 3) и жирных кислот (табл. 4).

Таблица 4

Жирнокислотный состав липидов исследуемых объектов

Наименование жирных кислот	Индекс ЖК	филе толстолобика	филе веслоноса
Миристиновая	14:0	2,41±0,01	0,09±0,01
Пальмитиновая	16:0	24,60±0,03	16,6±0,03
Стеариновая	18:0	5,12±0,02	1,37±0,02
Арахидиновая	20:0	0,11±0,01	0,07±0,01
Сумма насыщенных кислот		32,24±0,02	18,13±0,02
Пальмитолеиновая	16:1 9-цис	8,19±0,02	5,58±0,03
Олеиновая	18:1 9-цис	26,06±0,03	27,67±0,04
Линолевая	18:2	11,55±0,02	20,36±0,04
γ - линоленовая	18:3 ω-6	0,14±0,01	0,77±0,01
Сумма ненасыщенных кислот		45,94±0,02	54,38±0,02
Отношение ненасыщенных к насыщенным		1,4	2,9

Следует отметить значительное превосходство мяса веслоноса по лизину, лейцину, серосодержащим аминокислотам. Практически в 2 раза выше в жирах веслоноса отношение суммы ненасыщенных к сумме насыщенных жирных кислот. Ввиду высокого выхода представляло интерес сравнительное исследование сбалансированности аминокислот в составе белков мяса толстолобика, веслоноса и печени веслоноса (табл. 5,6).

Таблица 5

Аминокислотный скор белков мяса рыб и печени веслоноса, %

Наименование	Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин+ цистин	Треонин	Фенилаланин+ тирозин
Толстолобик	101	55	66	105	89	120	72
Веслонос	98	96	119	129	213	120	63
Печень веслоноса	85	108	117	156	203	115	54

Таблица 6

Показатели биологической ценности объектов исследования (в % к сухому веществу)

Наименование показателя	Толстолобик	Веслонос	Печень веслоноса
СКОР _{min} , %	52,0	63,0	54,0
КРАС, %	36,0	57,10	65,70
БЦ, %	64,0	42,90	34,30
U, ед.	0,61	0,55	0,50
σс, %	23,30	29,20	39,60

Исследование переваримости белков мяса и печени веслоноса (рис.2) показало некоторое преимущество первых по уровню деструкции под действием пищеварительных ферментов.

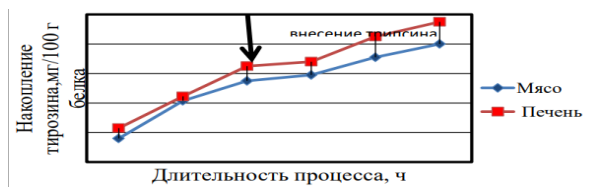


Рис. 2. Перевариваемость мяса и печени веслоноса системой пищеварительных ферментов «пепсин – трипсин» (in vitro)

Проведенные исследования показывают целесообразность комплексного использования поликультурных биоресурсов в создании высококачественных продуктов на основе взаимообогащения. Исходя из реальных запросов потребителей, нами апробированы паштеты на основе комбинаций мяса и печени поликультурных рыб.

Рецептурно-компонентный состав подобран в результате реализации плана математического моделирования, включающий в качестве компонентов филе толстолобика, филе веслоноса, печень веслоноса, крупу манную, рис вареный, лук репчатый пассерованный, морковь пассерованную, яйцо куриное, специи. Технологическая схема приведена на рис 3. Полученный паштет имеет БЦ=79,2±0,8%; КРАС=20. Продукт хорошо подвергается действию пищеварительных ферментов (перевариваемость более 82%, имеет выраженные приятные органолептические показатели. Расчет себестоимость показывает доступность широким слоям населения.

В ходе экспериментальных исследований разработаны и апробированы продукты длительного хранения – консервы из печени веслоноса, мясо-рыбные полуфабрикаты, фарш на основе комбинаций продуктов разделки прудовых рыб поликультурного выращивания. Готовые изделия имели хороший вкус – ароматические и цветковые характеристики, высокую биологическую ценность, в значительной степени способны разнообразить ассортимент высококачественных рыбопродуктов

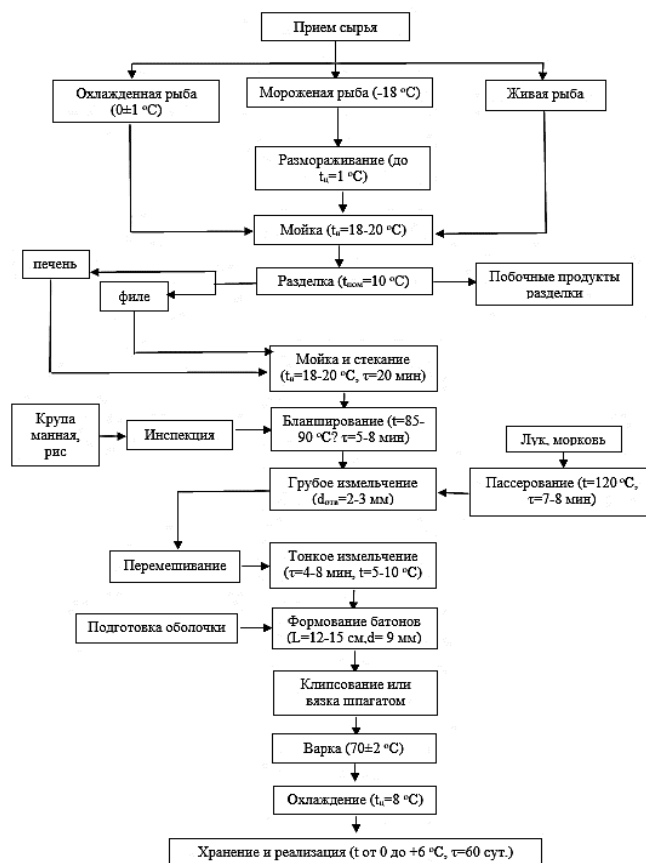


Рис. 3. Технологическая схема паштета рыбного «Оригинальный»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности и тенденции развития промышленного рыболовства – Т. С. Ухалова [Электронный ресурс]. 2015. – режим доступа: <https://cybertenika.ru/> -Загл. С экрана
2. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры [Электронный ресурс]: 2022. – режим доступа: <https://www.fao.org/> / Загл. С экрана
3. Обзор аквакультуры России и мира 2017 / информационно-аналитическая служба ОАО «Корпорация «Развитие». – Белгород, 2018. – 73 с.
4. Рыболовство: отрасль в упадке [Электронный ресурс]: 2021. режим доступа: <https://www.yaga-burundi.cjm/2021/peche-secteur-regression/> -Загл. С экрана
5. Fish farms to produce nearly two thirds of global food fish supply by 2030/ <https://www.fao.org>
6. Антипова Л. В. Прудовые рыбы: биотехнологический потенциал и основа рационального использования ресурсов [Текст]: Монография / Л. В. Антипова, О. П. Дворянинова, Л. П. Чудинова. – Воронеж, ВГУИТ, 2012. – 404 с.
7. Дворянинова О. П., Антипова Л. В. Аквакультурные биоресурсы: научные основы и инновационные решения [Текст]. Монография. – Воронеж, 2012. – 419 с.
8. Драчева Д.В. Технология и продукты питания [Текст] / Д. В. Драчева, Пищевая промышленность. – 2008. -№12. –С. 97-100.
9. Антипова Л. В. Прудовые рыбы в улучшении структуры питания населения: гигиенические аспекты [Текст] / Л. В. Антипова, О. П. Дворянинова, А. В. Соколов // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95. № 1. – С. 84-90.
10. Антипова Л. В., Современные методы исследования сырья и продуктов животного происхождения [Текст] ; учебник / Антипова Л. В., Сторублевцев С.А. –Воронеж.: Воронежский ЦНТИ-филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2014. – 531 с.

MULTICULTURAL BIORESOURCES OF INLAND RESERVOIRS IN THE DEVELOPMENT OF THE DOMESTIC MARKET OF HIGH-QUALITY FISH PRODUCTS

¹Antipova Lyudmila Vasilievna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Chief Scientific Officer of the Scientific Center "Living Systems

²Dunchenko Nina Ivanovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Quality Management and Product Management

¹Voronezh State University of Engineering Technologies,
e-mail: antipova.L54@yandex.ru

²Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
e-mail: dunchenko.nina@yandex.ru

Aquaculture food sources occupy a prominent place in the nutrition structure of the Russian population. However, the range of food products from them is limited, and the quality needs to be improved to ensure sustainable demand. Multicultural bioresources are of particular interest in view of the possibility of creating new product lines of high-quality fish products of wide consumer demand.

ГИДРОЛИЗАТЫ ПИЩЕВЫХ БЕЛКОВ ДЛЯ НИЗКОАЛЛЕРГЕННЫХ МЯСОПРОДУКТОВ

¹Баженова Баяна Анатольевна, д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой «Технология продуктов животного происхождения. Товароведение»

²Жамсаранова Сэсэгма Дашиевна, д-р биол. наук, профессор,
директор «Биотехнологического центра»

³Лебедева Светлана Николаевна, д-р биол. наук,
профессор, профессор кафедры «Биотехнология»

⁴Щёктова Анна Владимировна, канд. техн. наук, доцент,
директор «Института пищевой инженерии и биотехнологии»

⁵Болхонов Булат Алексеевич, инженер «Биотехнологического центра»

⁶Баймеева Евгения Игоревна, аспирант кафедры «Технология продуктов
животного происхождения. Товароведение»

^{1,2,3,4,5,6}ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий
и управления», Улан-Удэ, Россия, e-mail: ¹bayanab@mail.ru

Белковые продукты, в том числе яичный и соевый белки, имеют выраженные аллергенные характеристики. Цель – изучение возможности внесения гидролизатов яичного и соевого белков в мясной фарш для создания гипоаллергенных продуктов. Полученные данные показали снижение гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ) у белых мышей при введении гидролизатов по сравнению с нативными белками. Отмечено снижение показателя ГЗТ у белых мышей при введении модельных образцов мясного фарша с белковыми гидролизатами. Также данные подтвердили снижение сенсibilизирующих свойств конины после ферментирования.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00058

Введение

Пищевая аллергия (или гиперчувствительность организма человека) характеризуется неблагоприятными реакциями организма на отдельные компоненты пищевых продуктов. Повышенный уровень сенсibilизации обоснован наличием аллергенов, источником которых служат продукты питания.

Основные пищевые аллергены – это альбумин, казеин, соя, лизоцим, пшеничный или кукурузный крахмал, яйцо, орехи и другие [1]. Мировая база аллергенов включает около четырехсот наименований ([http:// www.allergen.org](http://www.allergen.org)), в том числе продукты животного происхождения: молоко, яйца, морепродукты и т.д., а также продукты растительного происхождения: овощи, фрукты, бобовые, орехи и т. д.

Известно, что выраженные аллергенные характеристики имеют белковые продукты [2]. С учетом того, что белки являются важнейшим источником нутриентов, которые выполняют широкие функции в организме человека, начиная от строительной, заканчивая защитной, учеными предлагаются различные методы снижения уровня сенсibilизации белковых компонентов, в том числе путем ферментативного гидролиза. Биотехнологический способ гидролиза белков обеспечивает образование пептидов, обладающих сниженным аллергенным потенциалом [3, 4].

В состав фаршевых мясопродуктов могут входить такие белковые препараты как яичный альбумин и соевый изолят, которые являются представителями пищевых аллергенов [5, 6, 7, 8].

Ранее проведенными исследованиями нами разработаны технологии ферментализации таких пищевых белков, как соевый изолят и яичный альбумин путем двустадийного ферментирования пищевыми ферментами пепсином и трипсином [9, 10].

Целью данного этапа работы является исследование возможности применения пищевых гидролизатов для низкоаллергенных мясопродуктов.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования были проведены в лабораториях кафедры «Технология продуктов животного происхождения. Товароведение» и Биотехнологического центра ВСГУТУ.

Объектами исследования служили яичный и соевый гидролизаты, колбасный фарш с внесением гидролизатов яичного и соевого белков.

Основным сырьем для фарша являлись конина, свиной жир, гидролизат яичного белка (ГЯБ) и гидролизат соевого белков (ГСБ) (гидратация 1:5). Для изучения сенсibiliзирующих свойств готовых мясopодуKтов были выработаны контрольный и опытный образцы. Контролем служили модельные образцы фарша вареной колбасы с введением яичного и соевого белков, опытные – с гидролизатами яичного и соевого белков.

Сравнительное исследование сенсibiliзирующей способности образцов было проведено на экспериментальной модели воспроизведения ГЗТ на 25 белых беспородных мышax-самках массой 22-24 г (согласно Руководству по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая, 2012). Остаточную антигенность (АГ) определяли методом твердофазного ИФА в сэндвич-варианте и выражали в относительных единицах к исходному белку.

Результаты и их обсуждение

Предварительно проведенными исследованиями получены гидролизаты яичного и соевого белков [9, 10]. В таблице 1 представлены значения остаточной антигенности гидролизатов яичного альбумина и соевого изолята и их гидролизатов.

Таблица 1

Значение остаточной антигенности гидролизатов пищевых белков

№ п/п	Образцы	Значения показателя остаточная антигенность (АГ), отн.ед.
1	Яичный альбумин (ЯА)	1
2	Яичный гидролизат (ГЯА)	$1,55 \times 10^{-4}$
3	Соевый белок (СБ)	1
4	Гидролизат соевого белка (ГСБ)	$3,30 \times 10^{-4}$

Остаточная антигенность гидролизатов в продуктах профилактического назначения составляет $\geq 10^{-3}$ отн. ед., лечебного питания 10^{-6} – 10^{-4} отн. ед. [11]. Представленные в таблицы данные свидетельствуют о том, что проведенный гидролиз способствует снижению антигенности пищевых белков и гидролизаты могут быть использованы в продуктах профилактического назначения.

Были исследованы сенсibiliзирующие свойства пищевых гидролизатов на основе реакции ГЗТ у белых мышей (рис.1).

Представленные на рисунке 1 данные показали высокую степень гиперчувствительности замедленного типа в нативных белках: для яичного альбумина индексы реакции увеличивались в 3-9 раз, в соевом белке в 4-7 раз по сравнению с контрольной группой.

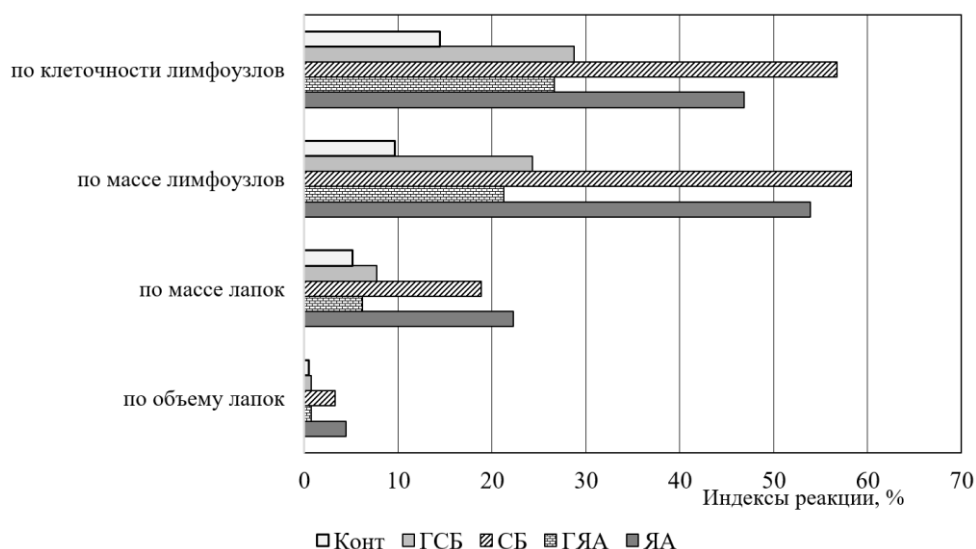


Рис. 1. Показатели реакции гиперчувствительности замедленного типа у белых мышей

При исследовании реакции ГЗТ после введения гидролизатов пищевых белков отмечено достоверное снижение всех показателей индексов реакции по сравнению с нативными белками: для яичного альбумина в 2-6 раз, для соевого белка в 2-3,5 раза, что свидетельствует о более низких сенсibiliзирующих характеристиках полученных гидролизатов.

Далее в ходе экспериментальных исследований были приготовлены модельные образцы колбасного фарша с введением соевого и яичного белков и смеси их гидролизатов. В модельных фаршах определены показатели реакции ГЗТ (табл. 2)

Таблица 2

Показатели реакции ГЗТ у белых мышей при введении экстрактов продуктов

Показатели	Образцы		
	Контроль	Опыт 1 Мясной фарш со смесью нативных белков	Опыт 2 Мясной фарш со смесью гидролизатов белков
Индекс реакции по объему лапок	1.49 (1.19-1.79)	3.32 ^{*к} (2.96-3.68)	2.49 ^{*к} (1.90-3.08)
Индекс реакции по массе лапок	2.24 (1.88-2.60)	5.41 ^{*к} (4.58-6.24)	3.05 ^{*к,1} (2.86-3.24)
Индекс реакции по массе лимфоузлов	5.62 (5.11-6.13)	10.37 ^{*к} (9.67-11.07)	10.05 ^{*к} (8.98-11.12)
Индекс реакции по клеточности лимфоузлов	3.07 (2.10-4.04)	13.01 ^{*к} (11.99-14.03)	10.18 ^{*к,1} (9.42-10.94)

Примечание: ^{*к,1,2,3} – отклонение статистически значимо, соответственно, к контролю, 1-й, 2-й и 3-й опытным группам ($p \leq 0,05$)

Полученные данные показали при сравнении опыта 2 с опытом 1 более низкие характеристики индексов в фарше с введением гидролизатов пищевых белков.

Известно, что ферментативный гидролиз используется для снижения аллергенности пищевых компонентов, так как позволяет ферментам гидролизовать аллергенные эпитопы [12].

На следующем этапе была исследована возможность ферментирования конины и изучения ее сенсibiliзирующих характеристик (табл.3)

Таблица 3

Показатели реакции ГЗТ у белых мышей при введении экстрактов конины и ферментированной конины

Показатели	Образцы		
	Контроль	Опыт 1 Конина	Опыт 2 Конина после ферментации
Индекс реакции по объему лапок	1.49 (1.19-1.79)	+реакция 100% 3.32 ^{*к} (2.93-3.71)	+реакция 60% 1.77 ^{*1} (1.33-2.21)
Индекс реакции по массе лапок	2.24 (1.88-2.60)	+реакция 100% 14.03 ^{*к} (11.28-16.78)	+реакция 100% 4.58 ^{*к,1} (3.76-5.40)
Индекс реакции по массе лимфоузлов	5.62 (5.11-6.13)	+реакция 80% 43.21 ^{*к} (38.32-48.10)	+реакция 80% 14.13 ^{*к,1} (9.80-18.46)
Индекс реакции по клеточности лимфоузлов	3.07 (2.10-4.04)	+реакция 100% 41.21 ^{*к} (35.92-46.50)	+реакция 80% 19.92 ^{*к,1} (14.06-25.78)

Примечание: ^{*к,1} – отклонение статистически значимо относительно, соответственно, контрольной и 1-й опытной группы ($p \leq 0,05$).

Представленные в таблице 3 данные доказывают снижение аллергизирующих характеристик мясного сырья после ферментации комбинированной закваской, содержащей протеиназу четырех штаммов *Lactobacillus*. В работе [13] выявлено, что ферментализ сырья является эффективным способом снижения аллергенности пищевых продуктов. Предметом дальнейших исследований будет являться изучение и идентификация полученных пептидов.

Заключение

Таким образом в результате проведенных экспериментов изучены сенсibiliзирующие характеристики модельных фаршевых систем, в состав которых вводились гидролизаты соевого и яичного белков. Гидролизаты были получены по двухстадийной технологии ферментативного гидролиза. Установлено снижение остаточной антигенности полученных гидролизатов. Исследования показали, что по сравнению с яичным альбумином и соевым белком полученные гидролизаты имели более низкие показатели индекса реакции ГЗТ подопытных животных, что указывает на их более низкую сенсibiliзирующую активность.

На основе конины были созданы модельные образцы фаршей с введением белков и их гидролизатов. Данные показали, что сенсibiliзирующие свойства фаршевых систем с использованием антивнх форм пищевых белков были ниже по сравнению с соответствующими показателями фарша с пищевыми гидролизатами. Отмечено, что ферментативный гидролиз мясного сырья способствует снижению аллергизирующих характеристик мясного сырья после ферментации, что подтверждает перспективность ферментализ компонентов мясного продукта для создания низкоаллергенных пищевых продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ревякина В.А. (2020). Проблема пищевой аллергии на современном этапе. *Вопросы питания*. 89(4), 186–192. <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10052>.
2. Galand, C., Leyva-Castillo, J.M., Yoon, J. et al. (2016). IL33 promotes food anaphylaxis in epicutaneously sensitized mice by targeting mast cells. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 138, 1356–1366. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2016.03.056>.
3. Громов, Д. А., Борисова, А. В., Бахарев, В. В. (2021). Пищевые аллергены и способы получения гипоаллергенных пищевых продуктов. *Техника и технология пищевых производств*. 51(2), 232–247. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-232-247>
4. Зорин, С. Н. (2019). Ферментативные гидролизаты пищевых белков для специализированных пищевых продуктов диетического (лечебного и профилактического) питания. *Вопросы питания*. 88(3), 23–31. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10026>
5. Hasan, S., Wells, R., Davis, C. (2013). Egg hypersensitivity in review. *Allergy & Asthma Proceedings*. 34, 26–32. <http://doi.org/10.2500/aap.2013.34.3621>.
6. Tedner, S.G., Asarnej A., Thulin, H., Westman, M., Konradsen J.R., Nilsson, C. (2022). Food allergy and hypersensitivity reactions in children and adults—a review. *Journal of Internal Medicine*. 291 (3), 283-302. <https://doi.org/10.1111/joim.13422>.
7. Chittoor R.I., Saraswathi H. T. B. (2022). A Review of Naturally Occuring Food Allergens, and Their Impact on Health. *Biosciences Biotechnology Research Asia*. 19(1), 13-35. <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/2965>.
8. Wang, J., Liao, W., Nimalaratne, C., Chakrabarti, S., Wu, J. (2018). Purification and characterization of antioxidant peptides from cooked eggs using a dynamic in vitro gastrointestinal model in vascular smooth muscle A7r5 cells. *npj Science of Food*, 2, Article 7. <https://doi.org/10.1038/s41538-018-0015-7>
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. Aider, M. (2021). Potential applications of ficin in the production of traditional cheeses and protein hydrolysates. *JDS communications*. 2(5), 233-237. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2020-0073>

12. Pang, L. et al. Effect of enzymatic hydrolysis combined with processing on allergenicity of food allergens //Trends in Food Science & Technology. – 2023. – Article 104248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104248>

13. El Mecherfi, K. E. et al. Allergenicity of fermented foods: emphasis on seeds protein-based products //Foods. – 2020. – v. 9 (6). – Article 792. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9060792>

HYDROLYSATES OF FOOD PROTEINS FOR LOW-ALLERGENIC MEAT PRODUCTS

¹Bazhenova Bayana Anatolyevna, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department "Technology of animal products. Commodity science"

²Zhamsaranova Sesegma Dashievna, Doctor of Biological Sciences, Professor,
Director of the Biotechnological Center

³Lebedeva Svetlana Nikolaevna, Doctor of Biological Sciences, Professor,
Professor of the Department of "Biotechnology"

⁴Shchekotova Anna Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Director of the Institute of Food Engineering and Biotechnology

⁵Bolkhonov Bulat Alekseevich, engineer of the Biotechnological Center

⁶Baymeeva Evgeniya Igorevna, postgraduate student of the Department "Technology of animal products. Commodity science"

^{1,2,3,4,5,6}East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia,
e-mail: ¹bayanab@mail.ru

Protein products, including egg and soy proteins, have pronounced allergenic characteristics. The aim of the work is to study the possibility of introducing hydrolysates of egg and soy proteins into minced meat to create hypoallergenic products. The data obtained showed a decrease in delayed-onset hypersensitivity in white mice with the administration of hydrolysates compared with native proteins. A decrease in the delayed-onset hypersensitivity index was noted in white mice with the introduction of model.

Financing. The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 23-26-00058

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПАНЦИРНОГО СУБСТРАТА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ДЕПРОТЕИНИЗАЦИИ

¹Винокур Михаил Леонидович, канд. техн. наук,
доцент кафедры технологии продуктов питания

²Самсонов Максим Вячеславович, канд. техн. наук

¹ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: Mikhail.vinokur@klgtu.ru

²Балтийский федеральный университет им. И. Канта,
Калининград, Россия, e-mail: MSamsonov@kantiana.ru

Проведены исследования, направленные на повышение уровня депротеинизации механически обработанного панцирного субстрата при ферментативном гидролизе. Для проведения экспериментальной части исследований использовались четыре образца с различными уровнями механической обработки – измельчение, удаление клеточного слоя и без них. Результаты фотооптической микроскопии показали, что при предварительном удалении клеточного слоя и измельчении, интенсивность депротеинизации субстрата увеличивается по сравнению с другими образцами.

Введение

Программа развития рыбохозяйственного комплекса до 2030 года подразумевает внедрения инновационных технологий переработки водно-биологического сырья. Возможным решением поставленной задачи является расширение направлений дополнительных источников нутриентов, за счет применения более глубокой степени очистки уже используемого перерабатываемого сырья, в том числе и отходы, полученные от переработки водно-биологических ресурсов [1, с. 805–839; 4, с. 101; 7, с. 10–123].

Одним из возможных источников сырья для выделения биологически ценных компонентов являются панцирные отходы ракообразных. Однако переработка панцирьсодержащих отходов при выделении необходимых нутриентов отличается значительной трудоемкостью технологического процесса, связанные прежде всего со сложно-компонитным строением панциря ракообразных, интенсивностью происходящих процессов при депротеинизации, а также со степенью доступности для гидролиза составных компонентов панциря [2, с. 805–839.; 3, с. 225 – 228.; 7, с. 10–123; 8, с. 295].

Целью данной исследовательской работы заключается в получении результатов влияния механической обработки панциря на его уровень депротеинизации по средствам фотооптической микроскопии.

Материалы и методы

В качестве протеазы использовался Протосубтилин Г3х (ГОСТ 23636-90) с активностью 120 ед/мг (ПГ3х) при дозировке в 0,7 % от массы белка панцирного субстрата [5, с. 197–202]. Объектом исследований выбран панцирный субстрат (ТУ 10.20.31.296.00472093-2018), состоящий преимущественно из панцирных шеек, полученный в результате очистки целой варено-мороженая, дефростированной северной креветки (*Pandalus borealis*). В качестве электронных средств фиксации и контроля получаемых результатов использовались микроскопы МБС-1 с 32-кратным увеличением и U1600X с портативной станцией наблюдения, с 500-кратным увеличением, а также компьютерные программы, MS Office 2014, Digital Microscope [6, с. 90–101].

Панцирь измельчался на лабораторном волчковом устройстве (диаметр 1–5 мм), гидромодуль 1:4, температура смеси 15 °С. Буферный раствор не применялся. Температура среды гидролиза 38 °С [6, с. 90–101; 7, с. 10–123].

Результаты и обсуждение

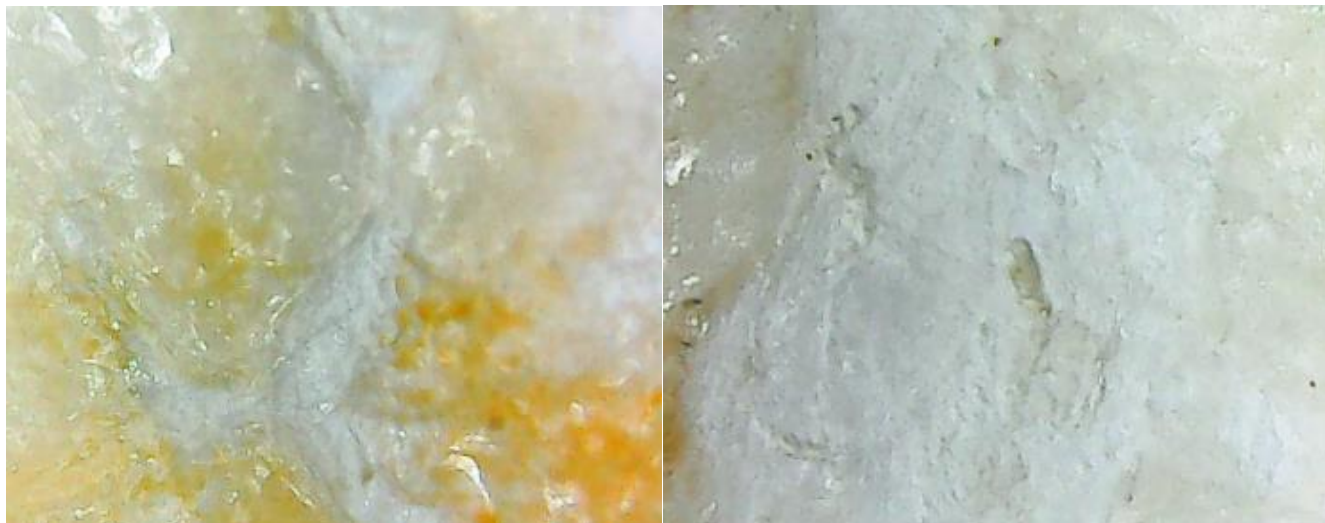
Механическая обработка панциря включала измельчение (части) и отделение легкодоступного клеточно-тканевого слоя от хитино-минеральной основы панциря посредством механического сухого трения. При проведении эксперимента было выделено четыре образца с приближенно-полным механическим удалением белковым (клеточным) слоем с панциря – неизмельченные с клеточным слоем (Образец 1 далее), неизмельченные без клеточного слоя (Образец 2), измельченные с клеточным слоем (Образец 3), и измельченные (ДПСО 2–5 мм) без клеточного слоя (Образец 4) [7, с. 10–123].

Образец 3 (рисунок 1.) и Образец 4 (рисунок 2), подвергнутые механическому измельчению, имеют лучшие показатели извлекаемости компонентов при протеолизе, что частично подтверждается исследованиями микроскопии хитино-минеральных панцирных остатков (рисунки 1 и 2).



А

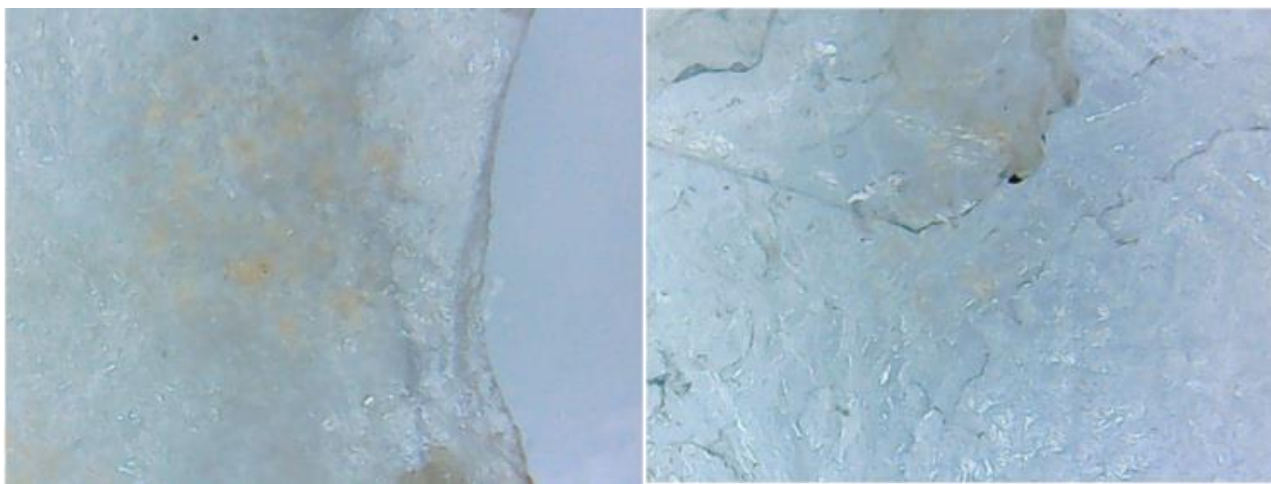
Б



В

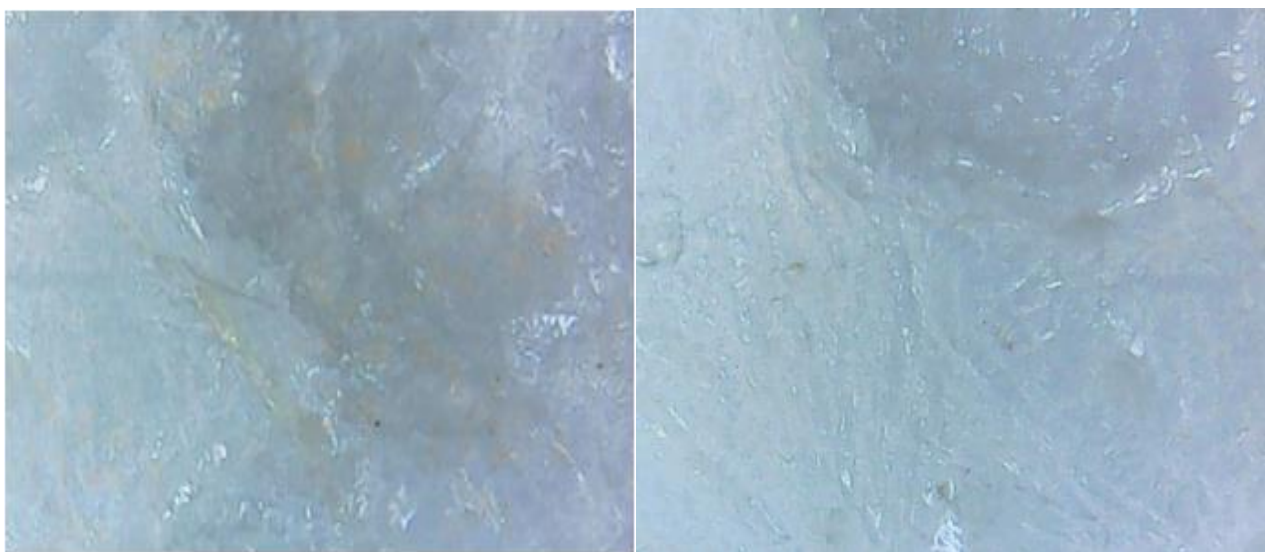
Г

Рис. 1 – Панцирь с клеточным слоем, измельченный (250-кратное увеличение) после 60 (А), 120 (Б), 180 (В), 240 (Г) минут протеолиза (Образец 3)



A

Б

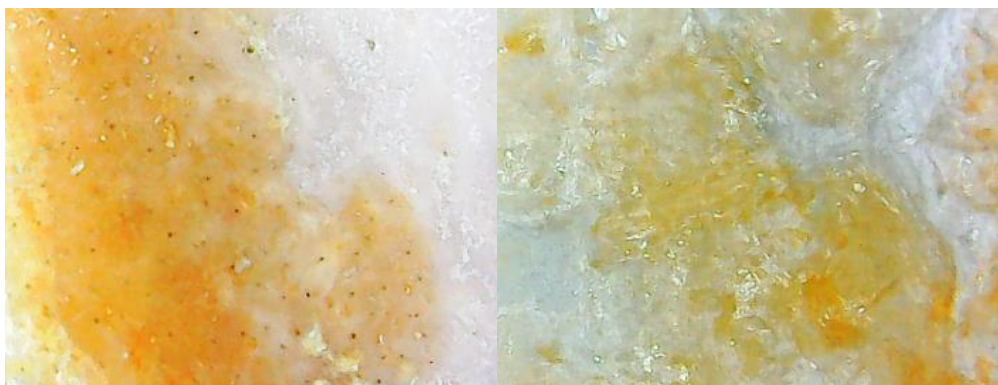


B

Г

Рис. 2 – Панцирь без клеточного слоя, измельченный (300-кратное увеличение) после 60 (А), 120 (Б), 180 (В), 240 (Г) минут гидролиза (Образец 4)

Анализ показателей фотооптической микроскопии показывают поэтапный переход основных компонентов гидролиза из панциря в зависимости от наличия / отсутствия механической обработки.



A

Б



В

Г

Рис. 3 – Панцирь с клеточным слоем, неизмельченный (200-кратное увеличение) после 60 (А), 120 (Б), 180 (В), 240 (Г) минут гидролиза (Образец 1)



A

Б



В

Г

Рис. 4 – Панцирь без клеточного слоя, неизмельченный (250-кратное увеличение) после 60 (А), 120 (Б), 180 (В), 240 (Г) минут протеолиза (Образец 2)

Внешние показатели микроскопии образцов панциря с неудалённым клеточным слоем (рисунок 3) демонстрируют частичный переход основных компонентов из панциря в гидролизат. Образцы 1 и 2 характеризуются большей остаточной концентрацией белков, липидов, каротиноидов в составе панциря, так как доступ раствора ПГЗх к субстрату типа белок/хитин и липид/белок/каротиноид более ограничен из-за гистохимических особенностей неизмельченного панциря [7, с. 10–123].

В измельченном панцире остаточное количество белка, липидов и астаксантина меньше, по сравнению с остаточными значениями в неизмельченном. В измельченном панцире без клеточного слоя остаточное количество белка, липидов и астаксантина меньше, по сравнению с остаточным значением в ПСО не подвергшейся измельчению (рисунок 4). Отсутствие предварительной обработки панциря снижает показатели извлекаемости основных компонентов при ферментативном гидролизе, что частично подтверждается исследованием микроскопии остаточных хитино-минеральных субстратов при протеолизе (рисунки 1–4).

Выводы

Установлено, что при гидролизе измельченных образцов, наблюдается интенсивное депротеинизация панцирного субстрата. При измельчении панциря возникающее трение между водой, рабочим органом измельчителя и хитино-минеральным субстратом способствует ослаблению или частичной деструкции связей эпителиального клеточного слоя с поверхностью панциря. Дальнейшее распространение фермента зависит от изменения удельной площади поверхности бесклеточной основы панциря (кутикулы), что непосредственно оказывает прямое влияние на интенсивность депротеинизации и обезжиривания панциря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, Л. С. Пути рационального использования сырьевых ресурсов рыбного хозяйства страны / Л. С. Абрамова // Пищевая промышленность, 2004. – № 3 – С. 6–10.
2. Антонов, В. К. Специфичность и механизм действия протеолитических ферментов / В.К. Антонов // Биоорган. химия. – 1980. – Т. 6, № 6. – С. 805–839.
3. Каверзнева, Е.Д. Стандартный метод определения протеолитической активности для комплексных препаратов протеаз / Е.Д. Каверзнева // Прикладная биохимия и микробиология. – 1971. – Т. 7. – Вып. 2. – С. 225 – 228.
4. Мухин, В. А. Ферментативные белковые гидролизаты тканей морских гидробионтов: получение, свойства и практическое использование / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков. – Мурманск: Изд-во ПИПРО, 2001. – 101 с.
5. Самсонов, М.В. Сравнительная характеристика эффективности извлечения каротинопротеина из отходов северной креветки с использованием протосубтилина, трипсина и химотрипсина / М.В. Самсонов, М.Л. Винокур // Инновации в технологии продуктов здорового питания: III Международная научная конференция (23–27.05.2016): материалы конференции. – Калининград: ФГБОУ ВО КГТУ, 2016. – С. 197–202.
6. Самсонов, М.В. Исследование процесса гидролиза панцирных отходов вареной креветки с использованием протосубтилина / М.В. Самсонов, М.Л. Винокур, М.П. Андреев // Известия КГТУ. – 2017. – №46. – С. 90–101.
7. Самсонов М.В. Разработка технологии снеков из сырья водного происхождения на основе астаксантиносодержащего белкового гидролизата, выделенного из панцирных отходов креветки: дисс... канд. техн. наук. – Калининград, 2020. – С. 10–123.
8. Телишевская, Л.Я. Белковые гидролизаты: получение, состав, применение / Л. Я. Телишевская – Москва: Аграр. Наука, 2000. – 295 с.

THE EFFECT OF PRE-MECHANICAL TREATMENT OF THE SHELL SUBSTRATE ON THE INTENSITY OF ENZYMATIC DEPROTEINIZATION

¹Vinokur Mikhail Leonidovich, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Food Technology

²Samsonov Maxim Vyacheslavovich, Candidate of Technical Sciences

¹Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: Mikhail.vinokur@klgtu.ru

²Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: MSamsonov@kantiana.ru

Studies have been conducted aimed at increasing the level of deproteinization of the mechanically treated shell substrate during enzymatic hydrolysis. For the experimental part of the research, four samples with different levels of mechanical processing were used – grinding, removal of the cell layer and without them. The results of photo-optical microscopy showed that with the preliminary removal of the cell layer and grinding, the intensity of substrate deproteinization increases in comparison with other samples.

ЯГОДНЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ

¹Галиева Зульфия Асхатовна, канд. с.-х. наук,

доцент кафедры технологии мясных, молочных продуктов и химии

²Кечин Павел Анатольевич, аспирант, руководитель направления «Рыба и морепродукты»
ООО «НИИ Профи.Био»

³Казакбаева Наина Анатольевна, студент

¹ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Уфа, Россия, e-mail: zulfia2704@mail.ru

²ФГБОУ ВО Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург,
Россия, ООО «НИИ Профи.Био», e-mail: p.kechin@profi.bio

³ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: naina_kaz@mail.ru

Предложен новый необычный ассортимент рыбной продукции, обогащенной витаминами растительного происхождения. Такой ассортимент ягодно-рыбной продукции пожалуй, первый в России. Высокие органолептические показатели готовой продукции гарантируют высокий спрос на представленные новые ингредиенты, подтверждающие тягу населения к необычным вкусовым сочетаниям.

За последнее время в России наметилась четкая тенденция на здоровое питание, люди отказываются от мяса, едят пророщенные ростки бобов и сои и пр. Однако, большинству трудоспособного населения очень быстро надоедает подобная диета и они хотят вернуться к прежней модели питания, испытывая при этом стресс от несоответствия своих здоровых, относительно питания, желаний и невозможностью их реализации как на физическом уровне, когда реально не хватает энергии, витаминов, белков, жиров и углеводов, так и на психологическом уровне, когда индивидуум не может заставить себя длительное время соблюдать диету.

Что может быть полезнее и вкуснее ассортимента ягод в меню человека? Именно таким будет ход мысли «отступника» от идеи здорового питания. Одновременно с большим ягодным разнообразием, представляемые ниже продукты обладают высокой пищевой и энергетической ценностью.

Специалисты НИИ Профи. Био предложили новые ингредиенты для производства жележных продуктов без сладких кондитерских нот. Это три новых позиции: Профитекс Джель Ежевика, Профитекс Джель Черная смородина и Профитекс Джель Морошка.

Они представляют собой смесь желатина пищевого, усилителя вкуса и аромата, регуляторов кислотности и натурального красителя и ароматизатора ягоды.

Помимо рыбы и самого ланспига, для придания высоких органолептических свойств индивидуальной упаковке, мы рекомендуем добавлять в желе натуральные ягоды.

Как известно, ежевика – это обобщенное название многих видов растений, объединенных в род Рубус, относящийся к семейству Розовые. Ежевика – преимущественно дикое растение, -в лесах и лесостепях, культивировать ее довольно сложно, однако недавно появились технологии, позволяющие культивировать её в промышленных масштабах. Ягоды ежевики обычно созревают в период с июля по сентябрь. В ее составе содержится множество витаминов (А, С, Е, а также витаминов группы В) и макроэлементов (калий, кальций, фосфор, магний, натрий). За цвет в созревшей ягоде отвечают окрашенные растительные гликозиды – антоцианы. Они способствуют улучшению работы кровеносной системы организма, укрепляют сосуды, препятствуют возникновению мутаций в клетках и развитие онкологических процессов. Помимо этого, антоцианы оказывают антиоксидантное действие: борются с негативным действием свободных радикалов и окислительными процессами, протекающими в организме, нормализуют обменные процессы и метаболизм, ускоряют регенерацию клеток и укрепляют иммунную систему.

Черная смородина – листопадный кустарник, вид рода Смородина (*Ribes*) монотипного семейства Крыжовниковые. Черная смородина является популярной плодово-ягодной культурой и очень широко распространена в России. В ягодах чёрной смородины содержится витамины С, витамины группы В, Р, провитамин А, лимонная и яблочная кислоты, сахара глюкоза и фруктоза, гликозиды и флавоноиды, пектиновые, дубильные, антоциановые (цианидин, дельфинидин) и азотистые вещества. Из минеральных веществ содержатся: натрий, калий, кальций, магний, фосфор, железо. Черная смородина обладает множеством лечебных свойств, издревле употребляется для лечения и профилактики. Например, черная смородина является отличным потогонным, мочегонным и закрепляющим действием, существуют данные о наличии дезинфицирующих свойств ягоды.

Морошка, так же как и ежевика, относится к роду Рубус и семейству Розовых. Это вид преимущественно северных многолетних травянистых растений. Плоды имеют характерный приятный вкус. Интересный факт: морошка является двудомным растением, т.е. для плодоношения требуются как мужские, так и женские растения. Так же как и ежевика, морошка лишь с 90-х годов прошлого века становится агрокультурным растением, которое выращивают на специализированных фермах. Морошка богата витамином С, содержит фруктовые кислоты: лимонную и яблочную, α -токоферолом, антоцианами и провитамином А, каротиноидом - β -каротином. Свою эффективность морошка проявляет при лечении незаживающих ран, в качестве противокашлевого средства, а также, за счет содержания больших количеств витамина С, при лечении и профилактики цинги.

Процесс приготовления рыбы в ягодном желе не сложен и доступен как для фабрик-кухонь, так и для кулинарных цехов рыбокомбинатов. В упрощённом виде он выглядит следующим образом:

1. Подготовка горячего ланспига – в воду с температурой от 60 до 90°C при интенсивном перемешивании добавляется смесь Профитекс Джель Ежевика, Профитекс Джель Черная смородина и Профитекс Джель Морошка в количестве от 5 до 10%

2. На дно потребительской тары укладывается предварительно подготовленные разделанная рыба и ягода.

3. Рыба и ягода заливаются небольшим «фиксирующим» количеством ланспига и ставится в холодильную камеру для остывания.

4. После завершения процесса «фиксации», в потребительскую тару заливается оставшийся объём ланспига.

Даже из этой упрощённой схемы, мы видим массу технологических возможностей для производства, например, сделать разноцветное желе, или в одной единице тары объединить два и более продукта, разумеется, использовать разные виды рыбы.



Рис. 1 Лосось в ягодной заливке

Интересную идею подсказали на опытном пилотном предприятии: они предложили использовать ягодное желе вместе с морской капустой, получается необычный по органолептическим показателям и очень вкусный продукт, который оценят любители морепродуктов и люди на ЗОЖ-е.

Не следует забывать традиционное блюдо народов северной Европы – маринованную сельдь в желе, разумеется, после трансформации, оно будет, к примеру, называться: Филе сельди маринованное в ягодном желе с морошкой.

Более привычный продукт, а именно, пресервы из филе сельди в ягодных заливках, также заслуживает упоминания.

Специалисты НИИ Профи.Био продолжили разработку серии сухих заливок для производства пресервов, на этот раз, следуя ягодному тренду, ими были изготовлены Профитейст Фиш Пресервы Красная смородина и Профитейст Фиш Пресервы Осень, которые в своём составе имеют сушеные кусочки красной смородины и клюквы соответственно.

Красная смородина, так же как и черная, является листопадным кустарником, рода Смородина (*Ribes*) семейства Крыжовниковые. Она распространена в диком виде по всей лесной зоне Евразии. Ягоды красной смородины более кислые, чем плоды чёрной смородины, поэтому ее культивируют большей частью для получения консервных изделий. Красная смородина содержит меньше сахаров (4–10 %), но больше свободных кислот (до 4,2 %) по отношению к черной. По содержанию аскорбиновой кислоты несколько уступают чёрной смородине, но тоже являются хорошим источником витамина С. Благодаря повышенному содержанию органических кислот красносмородиновый сок отлично утоляет жажду, повышает аппетит.

Клюква, входящая в пресервную заливку «Осень», тоже очень примечательная ягода. Клюква относится к группе цветковых растений семейства Вересковых. Ягоды клюквы содержат значительное число сахаров: глюкозы и фруктозу, сахароза также присутствует. Органические кислоты представлены: лимонной кислотой, также присутствуют бензойная, хинная, урсоловая, хлорогеновая, яблочная, олеиновая, γ -окси- α -кетомасляная, α -кетоглутаровая. Имеют практическое значение содержащиеся в значительном количестве в ягодах клюквы пектины. Также ягоды клюквы богаты витамином С, имеют в своем составе витамины В1, В2, В5, В6, РР. Клюква является ценным источником витамина К1 (филлохинон), не уступая в его содержании капусте и землянике. Можно отметить содержащийся в ягодах бетаин и биофлавоноиды: антоцианы, лейкоантоцианы, катехины, флавонолы и фенолокислоты, а также макро- и микроэлементы: значительное количество калия, меньше фосфора и кальция. Сравнительно много железа, также есть марганец, молибден, медь. Кроме них имеется магний, бор, хром, цинк и др. Ягоды клюквы идут на приготовление морсов, соков, квасов, экстрактов, киселей, это хорошие источники витаминов. Листья могут употребляться как чай. Ягоды клюквы применяют для профилактики и лечения цинги, при простудных заболеваниях, ревматизме, ангине, авитаминозах, некоторые источники говорят о пользе клюквы и её продуктов для лечения заболеваний мочевыводящих путей.

Вкратце, процесс изготовления пресервов в ягодных заливках выглядит следующим образом:

1. В воду добавляется 0,4% уксуса
2. В раствор при перемешивании вносится от 18 до 25% смесей Профитейст Фиш Пресервы Красная смородина или Профитейст Фиш Пресервы Осень
3. В потребительскую тару, наполненную филе сельди вносится готовая заливка в соотношении рыба : заливка 3:1

Как вы видите, специалисты НИИ Профи.Био позволили значительно снизить трудозатраты на сбор специй, приготовление пряных отваров, подготовке композиций.

Таким образом, современные технологии позволяют значительно расширить вкусовые качества известных продуктов, сделать их более привлекательными, как с органолептической и пищевой, так и с психологической точки зрения для лиц стремящихся вести здоровый образ жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чугунова О.В., Пастушкова Е.В., Вяткин А.В. Практические аспекты использования плодово-ягодного сырья при создании продуктов, способствующих снижению уровня оксидативного стресса. - Индустрия питания, 2017. № 2 (3). - С. 57-63.
2. Пастушкова Е. В., Чугунова О. В. Импортозамещение и его роль в обеспечении продовольственной безопасности и развитии апк региона. - Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2017. Т. 79. № 3 (73). - С. 277-285.

BERRY INGREDIENTS FOR THE PRODUCTION OF FISH PRODUCTS

¹Galieva Zulfiya Askhatovna , Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Meat, Dairy Products and Chemistry,

²Pavel Anatolyevich Kechin, Postgraduate student,

³Kazakbayeva Naina Anatolyevna, student

¹State Agrarian University, Ufa, Russia, e-mail: zulfia2704

²State University of Economics, Yekaterinburg, Russia, e-mail: p.kechin@profi.bio

³Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: naina_kaz@mail.ru

The presented article offers a new unusual range of fish products enriched with vitamins of plant origin. This range of berry and fish products is probably the first in Russia. The high organoleptic characteristics of the finished product guarantee a high demand for the new ingredients presented, confirming the craving of the population for unusual flavor combinations.

ПЧЕЛИНЫЙ ПРОПОЛИС В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО

¹Галиева Зульфия Асхатовна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры технологии мясных, молочных продуктов и химии

²Малышева Екатерина Павловна, студент

³Казакбаева Наина Анатольевна, студент

^{1,2}ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Уфа, Россия, e-mail: ¹zulfia2704@mail.ru

³ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: naina_kaz@mail.ru

Приведены данные органолептического анализа и физико-химические показатели мороженого молочного, полученного по технологии, предусматривающей включение в рецептуру прополиса пчелиного. Приводится обоснование использования добавки, а также определены оптимальные дозы ее внесения в смесь.

Прополис используется в народной медицине как профилактическое и терапевтическое средство. Прополис (пчелиный клей) является продуктом биологической активности пчел, биологически активным веществом (БАВ) и представляет собой твердую массу буро-коричневого цвета с зеленоватым оттенком, хорошо растворимую в спирте и плохо растворимую в воде. В состав прополиса входят: смесь смол (смесь органических кислот) и бальзамов 55%, воск 30%, эфирное масло 10%, цветочная пыльца 5%, витамины А, С, группы В и др. микроэлементы, среди которых алюминий, ванадий, железо, кальций, кремний, марганец, стронций. В прополисе содержится коричный спирт, коричная и бензойная кислоты, дубильные вещества, хризин, галангин и т.д. В его составе обнаружены серии гликокол, аспарагиновая и глютаминовая кислоты, аланин, триптофан, фенилаланин, лейцин. Из прополиса выделено более 20 соединений, которые представлены тремя группами БАВ: кислотами, полифенолами и соединениями изопреноидной структуры. Состав прополиса зависит от места и времени его сбора.

Известно, что прополис губителен для некоторых бактерий, в частности гноеродных (стрептококки, стафилококки). Он активизирует функции защитных механизмов в организме человека, а также применяется в ветеринарии. Под его влиянием усиливается фагоцитоз, увеличивается содержание в крови особого защитного белка (пропердина), усиливается выработка специфических антител против болезнетворных микроорганизмов и токсинов. Прополис способствует укреплению эмали зубов, большинство микроорганизмов не становятся резистентными к нему. Он является неспецифическим иммунораздражителем и повышает активность антибиотиков.

На сегодняшний день ассортимент мороженого на основе продуктов пчеловодства весьма ограничен и не может удовлетворить запросы современного потребителя. У различных возрастных групп населения огромным спросом пользуются различные виды традиционного мороженого. За счет содержания в рецептуре продуктов пчеловодства мороженое богато полифенолами, органическими кислотами и другими биологически активными веществами.

Прополис – это смолоподобное вещество, собираемое пчелами на различных частях древесных растений. Изучение биологической активности прополиса уже давно ведется учеными всего мира, о чем свидетельствуют многочисленные публикации.

С целью разработки продукта лечебно-профилактического назначения в производственных условиях и обеспечения доброкачественности его при хранении нами предложена технология производства мороженого молочного с добавлением прополиса пчелиного.

Для выполнения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- обобщить имеющиеся материалы по использованию прополиса в молочной промышленности;
- изучить химический состав, пищевую ценность, физико-химические показатели и товароведно-технологические свойства прополиса;

- научно обосновать целесообразность использования прополиса в производстве мороженого;
- провести сравнительный анализ опытных и контрольных образцов мороженого по органолептическим и физико-химическим показателям.

Мороженое является продуктом переработки молочного сырья. В его составе помимо молока присутствуют сахар, сливки, масло, стабилизаторы, а в качестве вкусовых, ароматических и питательных компонентов – шоколад, ягоды и многие другие.

Для определения оптимальной дозы прополиса пчелиного в составе рецептуры мороженого её вносили в количестве от 0,3 до 1,0%.

Внешний вид и цвет мороженого определяли визуально, консистенцию, структуру и вкус – органолептически. Определение массовой доли жира – по ГОСТ 5867, сахарозы – по ГОСТ 3628, сухих веществ – по ГОСТ 3626, кислотности – по ГОСТ 3624.



Рис. 1 Прополис пчелиный в сухом виде

По данным, приведенным в таблице 1, наиболее рациональной оказалась доза 0,6%.

Таблица 1.

Органолептические показатели мороженого молочного с добавлением прополиса

Количество вносимой добавки – прополиса, %	Характеристика
Контроль	Вкус и запах: чистый, характерный для данного вида (молочного) мороженого, без посторонних привкусов и запахов; Консистенция: плотная; Структура: однородная, без ощутимых комочков жира, стабилизатора, частичек белка и лактозы, кристаллов льда; Цвет: молочно-белый, равномерный по всей массе.
0,3	Вкус и запах: чистый, характерный для данного вида (молочного) мороженого, с еле заметным привкусом и запахом прополиса; Консистенция: плотная; Структура: однородная, без ощутимых комочков жира, стабилизатора, частичек белка и лактозы, кристаллов льда; Цвет: молочно-белый, равномерный по всей массе.
0,6	Вкус и запах: чистый, характерный для данного вида (молочного) мороженого, с легким приятным привкусом и запахом прополиса; Консистенция: плотная; Структура: однородная, без ощутимых комочков жира, стабилизатора, частичек белка и лактозы, кристаллов льда; Цвет: молочно-белый с легким кремовым оттенком, равномерный по всей массе.
0,9	Вкус и запах: чистый, характерный для данного вида (молочного) мороженого, с выраженным вкусом и ароматом прополиса; Консистенция: плотная; Структура: однородная, без ощутимых комочков жира, стабилизатора, частичек белка и лактозы, кристаллов льда; Цвет: молочно-белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе.

В настоящее время мороженое характеризуется как сладкий пищевой продукт, получаемый взбиванием и замораживанием специально приготовляемых смесей.

Классификация мороженого в зависимости от массовой доли молочного жира подразделяют: - на молочное (не более 7,5%); - сливочное (от 8,0% до 11,5%); - пломбир (от 12,0% до 20,0%).

Мороженое сложная многофазная система. Вещества, входящие в состав мороженого, находятся в виде истинных и коллоидных растворов и эмульсий. Истинные растворы образуют соли, лактоза и сахароза. В виде коллоидных растворов в мороженом присутствуют молочные белки (а также соевые белки, если в смеси содержится соя), стабилизаторы и некоторое количество фосфата кальция. Эмульсию в мороженом образуют жиры.

После замораживания мороженое состоит из кристаллов льда (в некоторых случаях с небольшим количеством кристаллов лактозы), маленьких пузырьков воздуха, агломерированных частиц жира, белка, стабилизатора, которые распределены в плазме.



Рис. 2. Внешний вид мороженого с добавлением прополиса

Также были исследованы физико-химические показатели качества мороженого, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Физико-химические показатели мороженого с добавлением прополиса

Показатель	Количество вносимой добавки – прополиса, %			
	контроль	0,3	0,6	0,9
Массовая доля жира, %	3,5	3,5	3,5	3,5
Массовая доля сахарозы, %	15,5	15,5	15,5	15,5
Массовая доля СОМО (сухого обезжиренного молочного остатка), %	10,25	10,26	10,26	10,28
Массовая доля сухих веществ, %	29,25	29,26	29,26	29,28
Кислотность, Т	22	22	22	22

Состав обогащенных прополисом образцов продуктов практически не отличался от контрольных. При этом, с добавкой и без, образцы мороженого отвечали требованиям нормативной документации (ГОСТ 31457-2012). Однако в образцах, в которых был добавлен прополис, отмечалось незначительное увеличение сухих веществ по сравнению с контрольной пробой.

Таким образом, внесение прополиса в количестве 0,6% не приводит к обогащению органолептических свойств и не снижают физико-химические показатели молочного мороженого. Кроме того функциональные свойства прополиса повышают биологическую ценность продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулалаева А.С. Технологические особенности производства пломбира / А.С. Кулалаева // Студенческая наука и XXI век. ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет». 2017. № 15. С. 52-54.
2. ГОСТ 31457-2012 «Мороженое молочное, сливочное и пломбир».
3. Технология рациональной переработки гидробионтов / Кечин П.А., Никольская Г.Е., Травкина Е.В. // В книге: Пищевые технологии. Сборник тезисов III Международного Симпозиума, посвященного 90-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ, основателя научной школы Льва Александровича Остроумова. - Кемерово, 2024.- С. 270-274.
4. Анализ ферментных препаратов для пищевой промышленности / Кечин П.А., Пастушкова Е.В., Чугунова О.В. // В сборнике: Материалы Международной научно-практической конференции им. Д.И. Менделеева, посвящённой 15-летию Института промышленных технологий и инжиниринга. Сборник статей. В 3-х томах. - Тюмень, 2024. - С. 333-338.

BEE PROPOLIS IN THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF MILK ICE CREAM

¹Galieva Zulfiya Askhatovna , Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Meat, Dairy Products and Chemistry,

²Malysheva Ekaterina Pavlovna, student

³Kazakbayeva Naina Anatolyevna, student

^{1,2}Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia, e-mail: zulfia2704@mail.ru

³Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: naina_kaz@mail.ru

The article presents the data of organoleptic analysis and physico-chemical parameters of milk ice cream obtained using a technology providing for the inclusion of bee propolis in the formulation. The paper provides a justification for the use of the additive, as well as determines the optimal doses of its introduction into the mixture.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗЕРНОБОБОВОГО И МАСЛИЧНОГО СЫРЬЯ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО И ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

¹Гапонова Лилия Валентиновна, канд. техн. наук, зав. отделом лечебно-профилактического и детского питания

²Полежаева Татьяна Андреевна, канд. техн. наук, научный сотрудник

³Матвеева Галина Алексеевна, научный сотрудник

^{1,2,3}ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт жиров» (ВНИИ Жиров), Санкт-Петербург, Россия, e-mail: vniig@vniig.org

Сформулированы основные принципы рационального выбора ферментных препаратов в биотехнологии специализированных продуктов на основе зернобобового и масличного сырья. В качестве примера рассмотрены технологии напитков на растительной основе из зернобобового сырья и технология одновременного выделения масла и белка из масличных культур. Основными факторами, влияющими на выбор ферментных препаратов, являются состав и свойства исходного сырья, технологические параметры производства, состав и свойства конечного продукта, соответствие показателей безопасности ферментов и конечного продукта требованиям технологических регламентов и нормативно-технической документации, а также стоимость и доступность препаратов для предприятий пищевой промышленности.

Современные биотехнологии находят широкое применение в различных отраслях промышленности, в том числе на предприятиях агропромышленного комплекса. Использование ферментных препаратов в пищевой промышленности открывает широкие возможности получения новых продуктов повышенной биологической ценности с максимальным сохранением всех полезных веществ исходного сырья.

Однако, применение ферментов имеет свои особенности и требует знания принципа работы ферментов в пищевых системах, когда результат действия ферментных препаратов определяется многочисленными факторами, среди которых, в первую очередь следует назвать состав и свойства исходного сырья, технологические параметры производства, состав и свойства конечного продукта.

В таблице 1 приведены характеристики наиболее распространённых ферментов, используемых для ферментативной обработки зернобобового и масличного сырья.

Таблица 1

Характеристики наиболее распространённых ферментов, используемых для ферментативной обработки зернобобового и масличного сырья

Название фермента	Вид сырья	Оптimum действия		Назначение фермента
		t, °C	pH	
Бактериальная альфа-амилаза	Зерновое и бобовое сырьё	60-70	5,5-7,0	Гидролиз крахмала до декстринов для разжи-жения крахмального геля, образующегося при нагреве сырья до температуры клейстеризации

Название фермента	Вид сырья	Оптimum действия		Назначение фермента
		t, °C	pH	
Термостабильная бактериальная альфа-амилаза	Зерновое и бобовое сырьё	85-95	6,0-7,0	Гидролиз крахмала до декстринов для разжижения крахмального геля, образующегося при нагреве сырья до температуры клейстеризации при её высоких значениях (для риса и др. злаков)
Грибная альфа-амилаза	Зерновое и бобовое сырьё	50-55	4,5-5,5	Гидролиз крахмала до декстринов, олигосахаридов и мальтозы
Глюкоамилаза грибного происхождения	Зерновое и бобовое сырьё	55-60	4,3-5,0	Гидролиз декстринизированного крахмала до глюкозы
Бактериальная протеаза	Зернобобовое и масличное сырьё	50-60	6,5-10,0	Гидролиз белков до пептидов с различной молекулярной массой; используется при выделении масла и белка, в том числе при их одновременном выделении для дестабилизации образующейся белково-жировой эмульсии
Бета-глюканаза, целлюлаза и ксилаза грибного происхождения	Зернобобовое и масличное сырьё	50-65	3,5-4,5	Гидролиз некрахмальных полисахаридов: бета-глюканов (в злаках), целлюлоз и гемицеллюлоз (для разрушения клеточных стенок при выделении масла и белка из масличного сырья и снижения выхода нерастворимого остатка при получении зернобобовой основы).
Пектиназа грибного происхождения	Бобовое и масличное сырьё	40-50	3,5-5,5	Для гидролиза пектина, входящего в состав оболочки семян масличных и бобовых для более эффективного выделения масла и белка, в том числе при их одновременном выделении

В технологии напитков на зернобобовой основе используется экстрагирование водорастворимых веществ из зернобобового сырья с последующим отделением нерастворимого остатка на деканторе (центрифуге). Однако процесс разделения может быть затруднён из-за повышенного содержания крахмала в зёрнах таких злаков как рис, овёс, ячмень и другие. Использование альфа-амилаз, расщепляющих крахмал до декстринов, позволяет значительно снизить вязкость крахмальных гелей, легко отделить нерастворимый остаток от злаковой основы и придать ей необходимые реологические свойства (текучесть и стабильная структура) [1].

На скорость и механизм гидролиза крахмала оказывают влияние жиры, белки и минеральные соли, присутствующие в продукте, в частности в зерне овса. Так, в процессе производства овсяной и рисовой основы необходимо провести не только разжижение крахмала альфаамилазами, но и провести его осахаривание, воздействуя на образующиеся декстрины глюкоамилазами, так как после экстракции, разделения, стерилизации и охлаждения вследствие большого содержания крахмала в овсяной и рисовой основе вновь начинаются процессы клейстеризации. Накопление моно- и дисахаридов в злаковой основе формирует приятный умеренно сладкий вкус продукта и позволяет избежать внесения в напитки на злаковой основе других подсластителей [2].

С целью увеличения выхода глюкозы следует выбрать ферменты, гидролизующие α -1,6- гликозидные связи в крахмале- амилазы и глюкоамилазы, при совместном действии которых происходит гидролиз (осахаривание) крахмала до конечного продукта - моносахаров.

Выявлен наибольший эффект осахаривания крахмала при применении низкотемпературной альфа-амилазы совместно с глюкоамилазой. Выбор технологических параметров был обусловлен необходимыми температурными режимами и рН среды на существующем оборудовании по получению растительных основ. Количество моно- и дисахаридов в экстракте после ферментации повысились через 30 минут ферментативной обработки в 6 раз. Далее проводили стерилизацию овсяной основы при температуре 120°C в течении 2 секунд, мгновенное охлаждение с одновременной дезодорацией до 55 °С, окончательным охлаждением до 4±2°C и последующим асептическим розливом [3].

Для выявления действия ферментных препаратов на выход нерастворимого остатка в производстве овсяной основы был составлен план экспериментов, в соответствии с которым было изучено влиянию целлюлаз на зерно овса после его пропаривания. Фермент добавлялся перед диспергированием одновременно с водой. Результаты действия фермента оценивались по количеству нерастворимого остатка после экстрагирования в зависимости от времени экстрагирования, температуры и рН. Нерастворимый остаток взвешивали и доводили до постоянного веса. Экстракт отделяли путём обработки на центрифуге при 1200 об/мин. В результате эксперимента установлены следующие оптимальные параметры экстракции: рН среды - не ниже 7,0; температура 60-85 °С в зависимости от вида используемого фермента; время ферментации от 15 до 120 минут в зависимости от вида используемого фермента, степени измельчения продукта и интенсивности диспергирования (экстрагирования); температура при центрифугировании - 55-60°C. Оптимум значений рН для действия выбранного фермента составил 3,2-6,5, что не соответствует оптимальным параметрам экстракции (не ниже 7,0). В то же время при рН=6,5 наблюдалось повышение выхода полезных веществ в экстракте, что позволило снизить потери сырья и увеличить выход готового продукта на 20-25%.

На рисунке 1 приводится последовательность технологических операций производства овсяного и комбинированного овсяного напитка с ферментативной обработкой.

Использование ферментов в масложировой отрасли для обработки масличного сырья открывает широкие возможности для извлечения белковой и жировой фракции повышенной биологической ценности, поскольку экстракция осуществляется в водной среде при температурах от 25 до 70 °С без использования токсичных растворителей, кислот и щелочей. В связи с этим полученные белковые и жировые продукты могут использоваться в продуктах детского и специализированного питания, в том числе для выработки сухих питательных смесей с изолятами растительных белков, смесей для коктейлей и мороженого, высококачественных растительных масел и смесей растительных масел, сбалансированных по жирнокислотному составу и т.д.

Во ВНИИЖ разработана технология одновременного получения масла и белка водной экстракцией с применением биотехнологических методов [4]. Способ одновременного получения масла и белка из семян с использованием ферментативного гидролиза открывает широкие возможности получения биологически ценных компонентов, прежде всего белка и масел практически из любого сырья, в т. ч. из нетрадиционного, например из семян бахчевых (дыни, арбузы), одновременно максимально сохраняя все полезные свойства исходного сырья. Особенностью данного способа одновременного получения масла и белка является измельчение масличного сырья в водной среде при температуре 47-55°C до частиц размером 100-200 мкм с использованием фермента класса целлюлаз, например целлюлазы П10Х. Выбор целлюлаз обусловлен необходимостью разрушения клеточных стенок и облегчения выхода белка и масла в экстрагент.

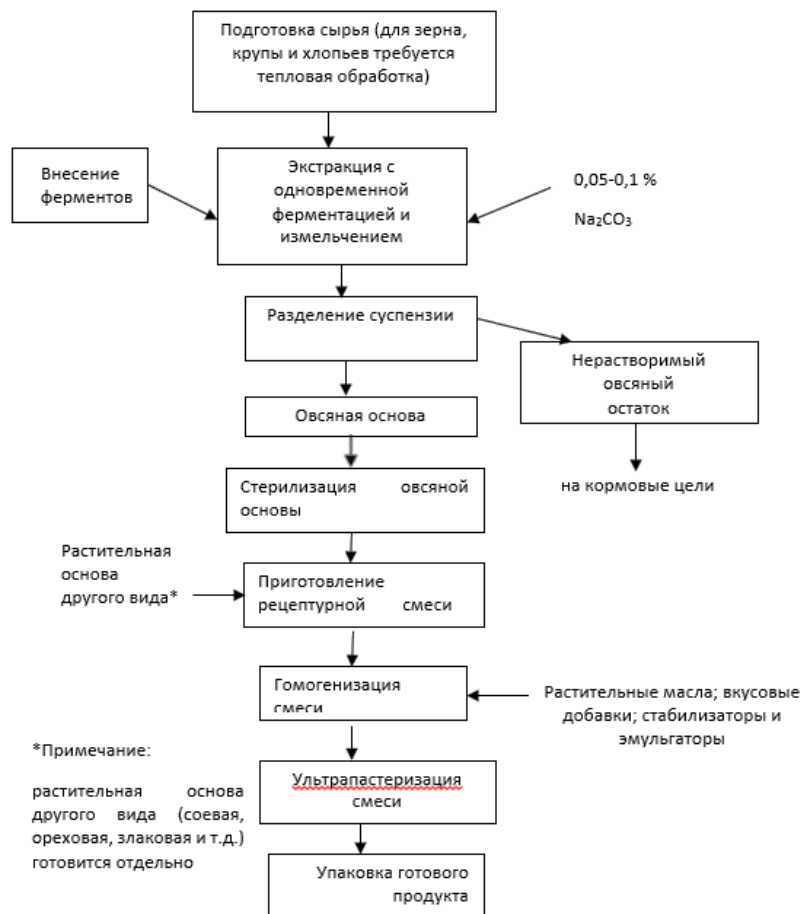


Рис.1 Последовательность технологических операций производства овсяного и комбинированного овсяного напитка с ферментативной обработкой.

По окончании экстракции экстракционную смесь разделяют на три фракции на трикантере: масло, водная фракция, нерастворимый остаток. Масло декантируют, а нерастворимый остаток отделяют от водной фазы. Нерастворимый остаток является белковым концентратом и подаётся на сушку после предварительной нейтрализации, либо обрабатывается кислыми протеазами или подвергается дополнительной очистке для получения изолята белка.

В таблице 2 отражена зависимость выхода масла и белка из семян сои от степени их измельчения.

Таблица 2.

Влияние выхода масла и белка из семян сои от степени их измельчения.

Номер образца	Степень измельчения, мкм	Выход масла	Содержание белка в нерастворимом остатке
1	Более 220 мкм	63,63	33,6
5	90	90,2	50,4
2	100	93,4	54,6
3	150	93,72	54,8
4	200	93,76	54,8
6	220	85,6	48,2

Как видно из таблицы, измельчение маслянистого сырья (семян сои) в водной среде до частиц размеров 100-200 мкм (образцы 2, 3 и 4) приводит к значительному повышению выхода жировой и белковой фракции. Однако, при степени измельчения ниже 100 мкм или выше 200 мкм выход фракций снижается.

Применительно к масложировой отрасли ферментативная экстракция принадлежит к экологически чистым технологиям, поскольку использует воду в качестве экстрагента полезных веществ (масла, белка и др.) из семян масличных. При этом образуется эмульсия за счёт диффундирования

водорастворимых компонентов (белков, азотистых соединений) в водную среду [5]. На последующей стадии для выделения масла требуется деэмульгирование (дестабилизация) образовавшейся эмульсии, что достигается использованием соответствующих ферментов (например, протеаз) или применением экологически чистых растворителей.

Рациональный выбор ферментов для обработки масличного сырья определяется следующими факторами: состав и структура масличных семян, подготовка масличного сырья (шелушение и измельчение масличных семян), технологические параметры процесса (температура, давление, продолжительность, реакция среды).

Для культур с высоким содержанием белка (соя) наибольший выход масла (до 88%) наблюдается при использовании алкалазы (щелочной протеазы), так как протеаза дестабилизирует эмульсию, полученную в ходе водной ферментативной экстракции [6,7,8]. Увеличение выхода масла (до 85,9%) для семян рапса обусловлено применением пектиназы при водно-ферментативной экстракции, что объясняется высоким содержанием пектина в клеточной стенке [9]. При использовании комбинированного ферментного препарата полигалактуразы, альфа-амилазы и протеиназы для ферментативной обработки мякоти кокоса достигнут 80%-ный выход липидной фракции [10].

В таблице 3 приведены основные виды ферментов, используемых для водно-ферментативной экстракции масличного сырья, обеспечивающие эффективное отделение липидной фракции из семян и плодов масличных культур.

Таблица 3.

Ферменты, используемые для водно-ферментативной экстракции различных видов масличного сырья [3,4,10].

Масличное сырьё	Используемые ферменты
Пальма	Комбинация пектиназы, целлюлазы и танназы или танназа
Арахис	Алкалаза (щелочная протеаза) или комбинация целлюлазы и протеазы
Рапс	Пектиназа или комбинация пектиназы, целлюлазы и бета-глюканызы в соотношении 4:1:1
Соя	Алкалаза (щелочная протеаза) или комбинация целлюлазы и протеазы
Подсолнечник	Целлюлаза и гемицеллюлаза и комбинация их с протеазами
Кокос	Комбинация бета-глюканызы, пектиназы, альфа-амилазы и протеазы
Авокадо	Альфа-амилаза

Помимо правильного выбора вида ферментного препарата основными факторами, влияющими на степень извлечения липидной фракции из масличного сырья являются: предварительное шелушение и измельчение масличного сырья для разрушения клеточных компонентов и высвобождения масла и увеличения доступности субстрата для фермента; предварительная температурная обработка масличного сырья в том случае, если оно содержит ингибиторы ферментов (например, ингибитор трипсина); активная кислотность, соответствующая максимальной активности фермента и находящаяся вдали от изоэлектрической точки белка, так как коагуляция белка затрудняет процесс извлечения масла; температура ферментативной обработки, соответствующая оптимальной области работы фермента и не приводящая к изменению свойств масличного сырья (денатурация белка, окисление и др.); оптимальное соотношение фермента и субстрата, которое должно обеспечивать насыщение активных центров субстрата, поскольку избыток фермента может снизить органолептических показателей продуктов ферментативной обработки и привести к повышению их себестоимости из-за высокой стоимости ферментных препаратов; оптимальное значение гидромодуля (соотношения масличного сырья и воды), поскольку в излишне густой суспензии действие фермента затруднено, а при сильном разбавлении активность его и скорость реакции могут быть снижаться; выбор оптимального режима встряхивания и перемешивания, поскольку равномерное перемешивание ферментируемой суспензии является необходимым для осуществления ферментации, но, в то же время, слишком интенсивное воздействие повышает стабильность образующейся эмульсии и повышает энергозатраты производства [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19] .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mäkinen, O.E. Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products/ O.E.Mäkinen, V.Wanhalinna, E.Zannini, E.K.Arendt// *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*-2016- №56-P.339–349.
2. Гапонова, Л. В. Важные аспекты технологии напитков на растительной основе / Л. В. Гапонова, Т. А. Полежаева, Г. А. Матвеева// *Переработка молока: отраслевой специализир. журнал.* - М. : ООО "Деловые Медиа". - 2023г.- N 3 . - С.40-43 .
3. Гапонова, Л.В. Использование ферментов в технологии растительных напитков на зернобобовой основе/ Л.В. Гапонова, Т.А. Полежаева, Г.А.Матвеева // *Сборник материалов IV Конгресса «Наука, питание и здоровье», 29–30 июня 2023 года. Республика Беларусь, г.Минск.*- Минск, 2023.- С.293-302.
4. Способ одновременного получения масла и белка из масличного сырья: RU 94 038 097 A1: В.В.Ключкин, Л.В. Гапонова, О.В.Константинова, Т.Т.Логвинова. -Опубл.27.10.1996.
5. Li, Y. Evaluation of alternative solvents for improvement of oil extraction from rapeseeds/ Y.Li, F. Fine, A.Fabiano-Tixier, M.Abert-Vian, P. Carre, X.Pages, F. Chemat// *C R Chim.* -2014.-№ 17.-P.242–251.
6. Wu, J. Demulsification of oil-rich emulsion from enzyme-assisted aqueous extraction of extruded soybean flakes/ J. Wu, L.A. Johnson, S. Jung// *Bioresour Technol.*-2009-№100.-P.527–533.
7. Rosenthal, A. Combined effect of operational variables and enzyme activity on aqueous enzymatic extraction of oil & protein from soybean/ A.Rosenthal, D.L. Pyle, K. Niranjana, S. Gilmour, L. Trinca// *Enzyme Microb Technol.*-2001. №28.-P.499–509.
8. Jung, S. Factors affecting emulsion stability and quality of oil recovered from enzyme assisted aqueous extraction of soybeans S .Jung, D.Maurer, L.A. Johnson// *Bioresour Technol.*- 2009.-№ 100.-P.5340–5347.
9. Lamsal, B.P. Flaking and extrusion as mechanical treatments for enzyme-assisted aqueous extraction of oil from soybeans / B.P. Lamsal, P.A. Murphy, L.A. Johnson// *J Am Oil Chem Soc.*-2006.-Vol.83, №11.-P.973–979.
10. Kalia, V.C. Using enzymes for oil recovery from edible seeds/ V.C. Kalia, L.S.Rashmi, M.N. Gupta// *J Sci Ind Res.*-2001.-№60.-P.298–310.
11. Kumar, S.P.J. Optimization of lipid enriched biomass production from oleaginous fungus using response surface methodology/ S.P.J. Kumar, R.Banerjee// *Indian J Exp Biol.*- 2013.-№51.-P.979–983;
12. Cater, C.M. Aqueous extraction—an alternative oilseed milling process/ C.M. Cater, K.C. Rhee, R.O. Hagenmaier, K.F. Mattil // *J Am Oil Chem Soc.*-2004.-Vol.51, №4.-P.137-140.
13. Hagenmaier, R. Aqueous processing of full-fat sunflower seeds yields of oil and protein// *R Hagenmaier// J Am Oil Chem Soc.*- 1994.- Vol. 51, № 10.-P.470-472.
14. Lanzani, A. On the use of enzymes for vegetable-oil extraction, a preliminary report / A.Lanzani, M.C. Petrini, O. Cozzoli, P. Gallavresi, C.Carola, G. Jacini// *RivItal Sostanze Grasse.*-2005.- Vol.11. P.226–229;
15. Lawhon, J.T. Production of oil and protein food products from raw peanuts by aqueous extraction and ultrafiltration/ J.T. Lawhon, L.J. Manak, K.C .Rhee, E.W. Lusas// *J Food Sci.*-2001.-Vol 46.-P.391–395;
16. Zuniga, M.E. Enzymic pre-treatment of Guevina avellanamol oil extraction by pressing/ M.E. Zuniga, C.Soto, A.Mora// *Process Biochem.*-2003- Vol 39.-P.51–57;
17. Sharma, A. Enzyme-assisted aqueous extraction of peanut oil/ A. Sharma, S.K. Khare, M.N. Gupta// *J Am Oil Chem Soc.*-2003. Vol.79, №3.-P.215–218;
18. Teixeira, C.B. Simultaneous extraction of oil and antioxidant compounds from oil palm fruit (*Elaeis guineensis*) by an aqueous enzymatic process/ C.B. Teixeira, G.A. Macedo, J.A. Macedo, L.H.M. da Silva, A.M.C. Rodrigues// *Bioresour Technol.* /-2013.-Vol.129.-P.575–581;
19. Jiang, L. Aqueous enzymatic extraction of peanut oil and protein hydrolysates/ L. Jiang, D.Hua, Z.Wang, S.Xu// *Food Bioprod Process.*-2010.-Vol. 88.-P.233–238.

THE BASIC PRINCIPLES OF THE RATIONAL CHOICE OF ENZYME PREPARATIONS FOR THE PROCESSING OF LEGUMINOUS AND OILSEED RAW MATERIALS IN ORDER TO OBTAIN SPECIALIZED AND BABY FOOD PRODUCTS

¹Gaponova Lilia Valentinovna, PhD in Engineering, Head of the Department of the preventive and children nutrition

²Polezhaeva Tatiana Andreevna, PhD in Engineering, researcher

³Matveeva Galina Alekseevna, researcher

^{1,2,3}All-Russian Research Institute of Fats. ARRIF, St. Petersburg, Russia,
e-mail: vniig@vniig.org

The article formulates the basic principles of rational choice of enzyme preparations in biotechnology of specialized products based on legumes and oilseeds. As an example, the technologies of plant-based beverages from leguminous raw materials and the technology of simultaneous extraction of oil and protein from oilseeds are considered. The main factors influencing the choice of enzyme preparations are the composition and properties of the feedstock, technological parameters of production, composition and properties of the final product, compliance of safety indicators of enzymes and the final product with the requirements of technological regulations and regulatory and technical documentation, as well as the cost and availability of enzymes for food industry enterprises.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ИММУНОХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА АНТИБИОТИКА ГАТИФЛОКСАЦИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО НАНОЗИМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КОНТАМИНАЦИИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

¹Гендриксон Ольга Дмитриевна, канд. хим. наук, ст. научный сотрудник

²Бызова Надежда Алексеевна, ст. научный сотрудник

³Зверева Елена Анатольевна, канд. биол. наук, ст. научный сотрудник

⁴Панферов Василий Геннадьевич, канд. хим. наук, научный сотрудник

⁵Жердев Анатолий Виталиевич, д-р хим. наук, ведущий научный сотрудник

⁶Дзантиев Борис Борисович, д-р хим. наук, профессор, зав. лабораторией

^{1,2,3,4,5,6}Институт биохимии им. А. Н. Баха, Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, Москва, Россия, e-mail: ¹odhendrick@gmail.com

Антибактериальные препараты активно применяются для терапевтических и профилактических целей в животноводстве, что может приводить к их аккумуляции в пищевой продукции. Контроль контаминации антибиотиками является актуальной задачей для обеспечения безопасности пищи. В данной работе для увеличения чувствительности иммунохроматографического анализа (ИХА) антибиотика класса фторхинолонов гатифлоксацина (ГАТ) предложен подход, основанный на применении нанозимной метки, состоящей из золотого ядра и серебряной оболочки. Разработанный ИХА с пероксидазоподобным нанозимным усилением позволил на два порядка снизить инструментальный предел обнаружения ГАТ (до 7 нг/мл). Предложенный ИХА успешно апробирован для выявления ГАТ в пробах куриного мяса и говядины.

1. Введение

Широкое применение антимикробных препаратов с целью терапии и профилактики заболеваний животных и птицы может привести к их накоплению в животноводческой продукции (молоке, мясе, яйцах и продуктах на их основе) [1]. Регулярное употребление пищи, контаминированной остатками антибиотиков, может нанести серьезный вред здоровью человека – вызвать аллергические реакции, дисбактериоз, нарушения в работе ЖКТ, а также привести к возникновению стойкой антибиотикорезистентности [2, 3]. Развитие невосприимчивости к действию антибиотиков может привести к снижению эффективности лекарственной терапии и даже летальному исходу. Таким образом, строгий контроль контаминации продуктов питания антимикробными препаратами является важнейшей задачей при обеспечении качества и безопасности продуктов питания.

Антибиотики класса фторхинолонов являются широко распространенными синтетическими антибактериальными препаратами, имеющими широкий спектр действия в отношении большого количества бактериальных патогенов [4]. К фторхинолонам относится, в частности, гатифлоксацин (ГАТ), активный в отношении таких значимых патогенов, как *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Haemophilus influenzae*, *Klebsiella oxytoca*, *Chlamydia pneumoniae*, *Legionella pneumophila*, *Mycoplasma pneumoniae* и др. и используемый в ветеринарии для терапии пневмонии, бронхита, пилонефрита, инфекций мочевых путей, ЛОР-органов, кожи и мягких тканей [5].

ГАТ, как и некоторые другие фторхинолоны, существует в виде двух стереоизомеров – лево- (S-, от лат. *sinister* – левый) и право- (R-, от лат. *rectus* – правый) вращающих [5]. Эффективно взаимодействует с молекулярными мишенями и обладает биологической активностью только S-изомер, который и требуется селективно выявлять в пищевых продуктах, в том числе на фоне R-изомера [6].

Контроль контаминации пищи антибиотиками на всех этапах – от обработки сырья до реализации готовой продукции – требует быстрых, точных и чувствительных методов определения целевых аналитов, позволяющих проводить массовый скрининг во внелабораторных условиях. Таким методом является иммунохроматографический анализ (ИХА), основанный на высокоспецифичном взаимодействии антиген–антитело и принципах хроматографии [7, 8]. К основным достоинствам ИХА относится простота проведения тестирования, дешевизна тест-систем и короткое время анализа (10–20 мин). Реагенты предварительно нанесены на тест-полоску, и реализация анализа заключается в инкубации полоски с пробой с последующей визуальной и/или инструментальной оценкой загрязнения продукции антибиотиками.

Следует отметить, что работа с пищевыми матриксами часто требует многократного разведения проб. Поэтому приемлемые пределы обнаружения (ПрО) в чистых растворах могут быть недостаточными для контроля реальных проб, и востребованы подходы, направленные на снижение ПрО. Достижение более низких ПрО в ИХА возможно различными способами, в том числе, с помощью выбора метки [9]. Традиционно в ИХА используются наночастицы золота (НЧЗ), обеспечивающие колориметрическую детекцию иммунных взаимодействий за счет конъюгации данного маркера с одним из компонентов тест-системы. Однако в последнее время все больше работ посвящено разработке тест-систем с применением нанозимов – моно- или полиметаллических наночастиц, обладающих ферментоподобной каталитической активностью [10]. Дешевые и простые в получении, нанозимы характеризуются стабильностью, высокой каталитической активностью и специфичностью [11]. Принцип проведения нанозим-усиленного ИХА заключается в том, что в результате реакции, катализируемой нанозимом, происходит образование окрашенного продукта. Таким образом, цвет зон на тест-полосках становится более интенсивным, колориметрический сигнал растет, и ПрО может быть снижен за счет возможности варьировать концентрации иммунореагентов.

В данном исследовании разработан усиленный ИХА антибиотика гатифлоксацина. В качестве метки применяли биметаллический нанозим из золотого ядра и серебряной оболочки (Au@Ag), обладающий пероксидазоподобными свойствами. Тест-система была апробирована для обнаружения ГАТ в мясных экстрактах.

2. Материалы и методы

В работе использовали рацемическую смесь гатифлоксацина (ГАТ), золотохлористоводородную кислоту (ЗХВК), нитрат серебра, Тритон X-100, Твин-20, соевый ингибитор трипсина (СИТ), цитрат натрия, аскорбат натрия, 1-этил-3-(3'-диметиламинопропил) карбодиимид, N-гидроксисукцинимид (Sigma-Aldrich, США), антитела козы против иммуноглобулинов мыши (АК) и антитела осла против иммуноглобулинов козы (АО) (Arista Biologicals, США), 3,3'-диаминобензидин (ДАБ) (Servicebio, Китай). Моноклональные антитела (МАт) против S-ГАТ были получены из Южно-китайского сельскохозяйственного университета (Гуанчжоу, Китай) [8].

НЧЗ синтезировали восстановлением ЗХВК цитратом натрия [12]. Биметаллический нанозим «ядро-оболочка» состава Au@Ag синтезировали восстановлением нитрата серебра аскорбатом натрия на поверхности НЧЗ, как описано в [13]. Конъюгаты антител с метками (АК–НЧЗ и АК–Au@Ag) получали по методике, описанной в работе [14]. Структурную характеристику частиц и их конъюгатов проводили методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) с помощью микроскопа CX-100 (Jeol, Япония) как описано в [15]. Конъюгат ГАТ с СИТ получали карбодиимидным методом согласно [16].

Для получения иммунохроматографических тест-систем на основе НЧЗ и нанозима Au@Ag использовали нитроцеллюлозную рабочую мембрану CNPC-SS15 и впитывающую мембрану APO45 (Advanced Microdevices, Индия). Аналитические зоны (АЗ) формировали, нанося на рабочую мембрану конъюгат ГАТ–СИТ (1 мг/мл, 0.1 мкл/мм) в 50 мМ фосфатно-солевом буфере, pH 7.4, содержащем 100 мМ NaCl (ФБС), с помощью автоматического диспенсера Iso-Flow (Imagene Technology, США). Контрольные зоны (КЗ) формировали нанесением АО (0.5 мг/мл, 0.1 мкл/мм) в ФБС. Собранные мультимембранные композиты обрезали под нижний край рабочей мембраны и нарезали на тест-полоски шириной 3 мм с помощью автоматической гильотины (KinBio, Китай).

Для реализации ИХА ГАТ с НЧЗ в качестве метки (здесь и далее называемого стандартным ИХА) анализируемые образцы инкубировали со специфическими анти-S-ГАТ МАт в течение 3 мин.

Тест-полоски инкубировали со смесью в течение 9 мин и наносили конъюгат АК–НЧЗ на нижний край рабочей мембраны. После инкубации в течение 1 мин тест-полоски промывали в ФБС с 1% Твин-20 в течение 7 мин. Затем тест-полоски извлекали, промокали жидкость с поверхности и сканировали. Усиленный ИХА реализовали так же, кроме того, что на тест-полоску наносили конъюгат АК с Au@Ag, а после проведения аналитической процедуры в область АЗ наносили субстрат ДАБ и инкубировали 2–3 мин. Интенсивность окрашивания зон определяли с помощью программы TotalLab (Великобритания). Графики зависимости интенсивности окрашивания АЗ в зависимости от концентраций ГАТ строили с использованием программного обеспечения Origin (OriginLab, США). За инструментальный предел обнаружения (иПрО) принимали концентрацию ГАТ, обеспечивающую 10%-ное ингибирование взаимодействия антител с иммобилизованным антигеном. Визуальный предел обнаружения (вПрО) в ИХА оценивали как концентрацию аналита, при которой наблюдалось исчезновение окрашивания АЗ.

В качестве реальных проб использовали говядину и куриное мясо, приобретенные в супермаркетах г. Москвы. Пробоподготовку проводили, как описано в [17]; образцы мяса гомогенизировали, инкубировали с ФБС, содержащим 0.1% Тритон X-100 и 0.5 М хлорид калия, в течение 30 мин и центрифугировали 15 мин при 5 000 г. Супернатанты отбирали и анализировали.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Получение и характеристика иммунореагентов

В качестве меток для ИХА были синтезированы НЧЗ (два препарата с частицами большего и меньшего размера) и биметаллический нанозим с золотым ядром и серебряной оболочкой (Au@Ag) и получены их конъюгаты с антивидовыми антителами (АК). Результаты характеристики меток методом ПЭМ представлены на рис. 1. Согласно полученным данным, оба препарата НЧЗ (рис. 1 а, б) содержали сферические неагрегированные наночастицы. Средний диаметр НЧЗ составлял 14 и 32 нм, соответственно. Нанозим Au@Ag, полученный на основе более мелких НЧЗ, представлял собой сферические частицы с диаметром 30–40 нм (рис. 1 в).

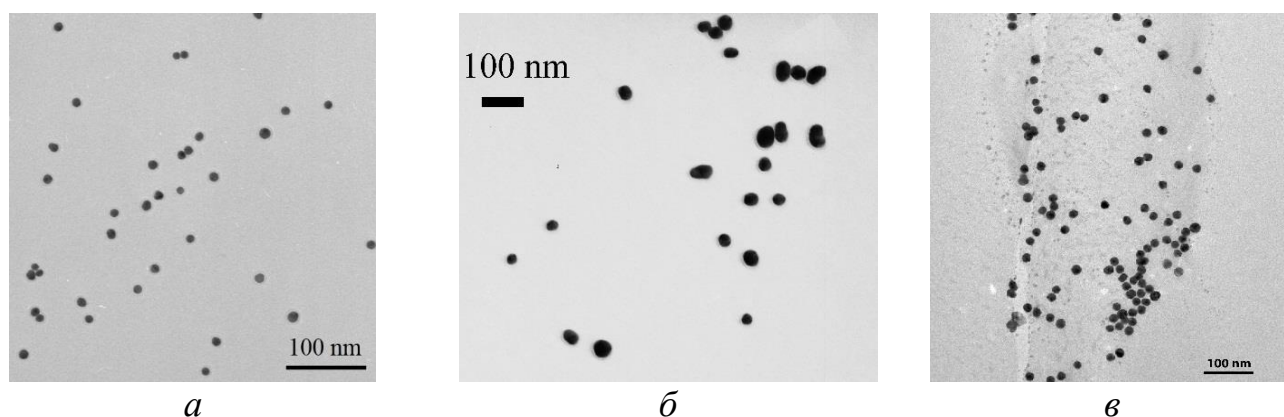


Рис. 1. Микрофотографии НЧЗ со средним диаметром 14 нм (а) и 32 нм (б) и нанозима Au@Ag (в).

ИХА (как стандартный, так и усиленный форматы) проводили в конкурентной схеме, традиционно используемой для низкомолекулярных антигенов. Для реализации непрямого ИХА физической абсорбцией были синтезированы конъюгаты антивидовых антител (АК) с метками – НЧЗ и нанозимом Au@Ag.

3.2. Стандартный ИХА гатифлоксацина с использованием НЧЗ

Сферические НЧЗ являются традиционной меткой в ИХА благодаря стабильности, простоте синтеза и конъюгации с антителами [18]. В конкурентном ИХА свободный антиген в образце и антиген в составе иммобилизованного на мембранном носителе конъюгата с белком конкурентно взаимодействуют со специфическими антителами. Выявление образующихся иммунных комплексов

происходит с помощью антивидовых антител, конъюгированных с окрашенным маркером. Избыток меченых антител связывается с антивидовыми антителами в КЗ. В результате анализа образуются окрашенные АЗ и КЗ, при этом интенсивность окрашивания АЗ находится в обратной зависимости от концентрации аналита в пробе.

ИХА ГАТ проводили в три стадии: прединкубация анти-S-ГАТ МАт с образцом (1), реакция образовавшегося комплекса с иммобилизованным на тест-полоске аналитом (2) и взаимодействие с ОА–НЧЗ или ОА–Au@Ag (3). Протокол стандартного ИХА ГАТ оптимизировали для достижения минимальных ПрО, для чего варьировали концентрации иммобилизованных и свободных специфических реагентов и продолжительность стадий. Согласно полученной в оптимизированных условиях калибровочной кривой (рис. 2), иПрО ГАТ составил 0.9 нг/мл, рабочий диапазон определяемых концентраций – 1.1–2.8 нг/мл. Детекция ГАТ была реализована в течение 20 мин с вПрО, равным 5 нг/мл.

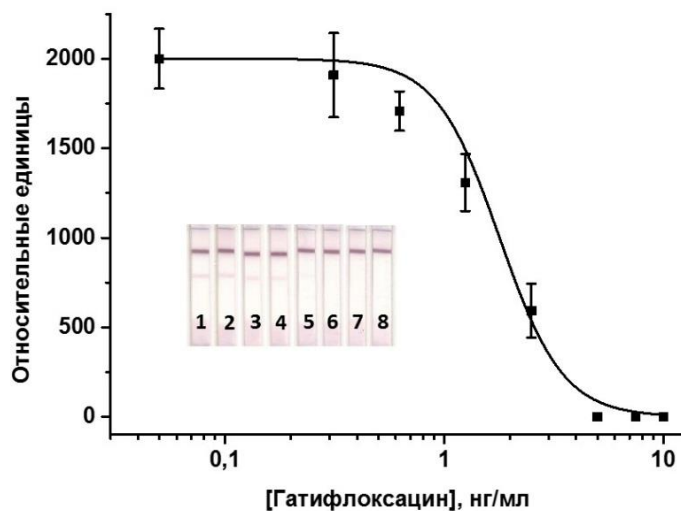


Рис. 2. Калибровочная кривая ГАТ в ИХА с НЧЗ в качестве маркера и вид тест-полосок. Цифрами на тест-полосках обозначены концентрации ГАТ в пробах: 0 (1), 0.31 (2); 0.62 (3); 1.25 (4); 2.5 (5); 5 (6); 7.5 (7) и 10 (8) нг/мл.

3.3. Усиленный ИХА гатифлоксацина с использованием нанозима Au@Ag

Усиленный ИХА ГАТ на основе нанозимной метки Au@Ag методически не отличался от стандартного ИХА за исключением дополнительной стадии катализа (инкубации тест-полоски с субстратом пероксидазы ДАБ), проводимой по окончании иммунохимических реакций. Для каталитической стадии применяли субстратную смесь, которая обеспечивала образование нерастворимого продукта ферментативной реакции. В результате интенсивность окрашивания в зонах тест-полоски возрастала (без усиления нанозим Au@Ag, имеющий оранжево-коричневый цвет, обеспечивал образование светло-коричневых полос). При использовании тест-полосок в стандартной комплектации (полноразмерного мультимембранного композита из рабочей мембраны, впитывающей мембраны и мембраны под образец) частицы нанозима задерживались внизу тест-полоски, что приводило к значительному снижению интенсивности сигнала и увеличению продолжительности анализа. Поэтому тест-полоски обрезали под нижний край рабочей мембраны, что обеспечивало свободное движение меченых антител по тест-полоске.

Усиление интенсивности сигнала при проведении каталитической стадии позволило варьировать концентрацию анти-S-ГАТ МАт, добавляемых в анализируемый образец. Снижение концентрации МАт способствовало достижению значительного выигрыша в чувствительности конкурентного ИХА. Как видно из калибровочной кривой (рис. 3), в усиленном ИХА ГАТ стадия амплификации обеспечила снижение иПрО в ~130 раз (до 0.007 нг/мл) по сравнению с ИХА на основе НЧЗ (кривая а) и в ~13 раз (до 0.07 нг/мл) по сравнению с ИХА на основе Au@Ag, но без усиления (кривая б). При этом дополнительная стадия катализа увеличивала время анализа всего на 3 мин – до 23 мин. Визуальный ПрО составил 0.4 нг/мл, превышая вПрО в ИХА с НЧЗ в 12.5 раз.

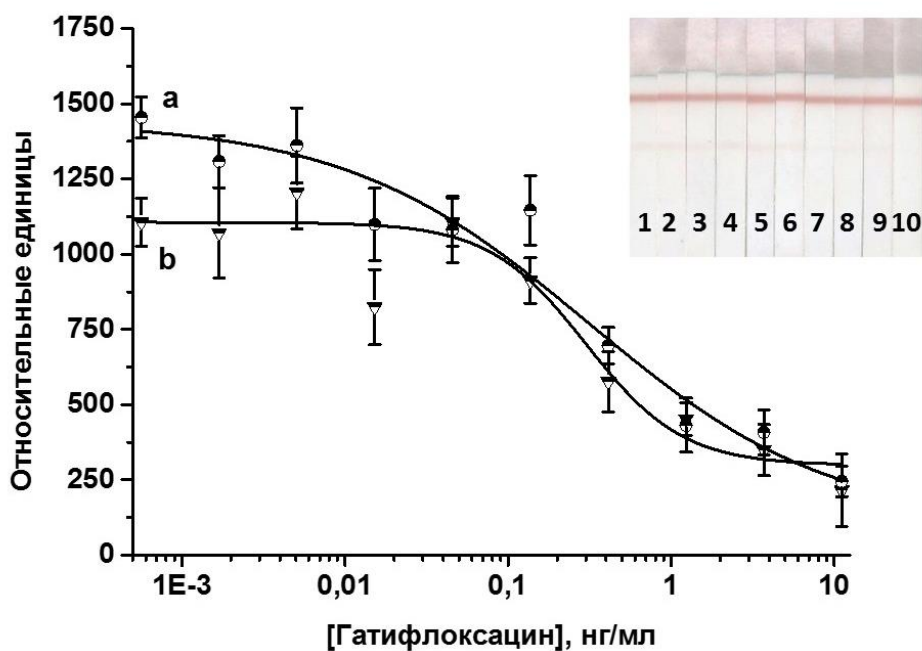


Рис. 3. Калибровочные кривые ГАТ в ИХА с нанозимом Au@Ag с усилением (а) и без (б) и вид тест-полосок после усиленного анализа. Цифрами на тест-полосках обозначены концентрации ГАТ в пробах: 0 (1), $1,7 \times 10^{-3}$ (2); $5,1 \times 10^{-3}$ (3); 0,02 (4); 0,05 (5); 0,13 (6); 0,41 (7), 1,23 (8), 3,7 (9) и 11,1 (10) нг/мл

3.4. Апробация усиленного ИХА для контроля мяса

Разработанный усиленный ИХА был апробирован для детекции ГАТ в пробах пищевой продукции – сырой говядине и курином мясе. Так как мясо является многокомпонентным матриксом, требовалась проведение пробоподготовки для снижения матричного эффекта и эффективного извлечения аналита. Пробы сырого мяса обрабатывали по методике, предложенной в нашей предыдущей работе [18]. Сначала мясо измельчали с получением фарша, затем проводили экстракцию предварительно добавленного ГАТ, отделяли твердую часть матрикса центрифугированием, а полученные экстракты анализировали в ИХА. Вид тест-полосок после детекции ГАТ в экстрактах из куриного мяса и говядины представлен на рис 4. Как видно, с уменьшением концентрации антибиотика наблюдается увеличение окрашивания АЗ. Таким образом, разработанный ИХА с усилением позволяет детектировать антибиотик в пробах мясной продукции.

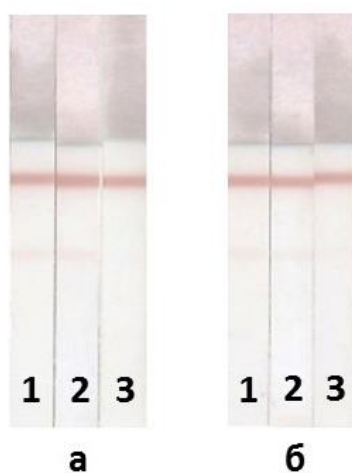


Рис. 4. Вид тест-полосок после усиленного ИХА ГАТ в пробах говядины (а) и куриного мяса (б). Цифрами на тест-полосках обозначены концентрации антибиотика в пробах (нг/мл): $5,1 \times 10^{-3}$ (1), 0,13 (2), 3,7 (3)

4. Выводы

Разработана иммунохроматографическая тест-система для обнаружения фторхинолонового антибиотика гатифлоксацина при контроле контаминации пищевой продукции. Предложен подход для повышения чувствительности ИХА ГАТ, основанный на использовании маркера с каталитическими свойствами (нанозима). Благодаря росту интенсивности аналитического сигнала достигнуто значительное снижение инструментального и визуального ПрО (до 7 пг/мл и 0.4 нг/мл, соответственно) по сравнению с ИХА на основе стандартной золотой метки. Показано успешное применение усиленного ИХА для определения ГАТ в сыром курином мясе и говядине. Крайне высокая чувствительность и экспрессность анализа, а также универсальность предложенного подхода позволяет рекомендовать применение каталитических свойств нанозимов в усиленных ИХА для высокочувствительного обнаружения в мясных продуктах других фторхинолонов, а также контаминант, относящихся к другим классам соединений.

Авторы выражают благодарность проф. Hongtao Lei и проф. Shen Xing (Южно-китайский сельскохозяйственный университет, Гуанчжоу, Китай) за предоставленные моноклональные антитела к S-гатифлоксацину.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 24-46-00026).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Residual antimicrobial agents in food originating from animals / M.M. Hassan, M.E. El Zowalaty, Å. Lundkvist, J.D. Järhult, et al. // *Trends in Food Science and Technology*. – 2021. – V. 111. – P. 141-150.
2. Antibiotics and antibiotic resistance – flipsides of the same coin / S. Bhardwaj, P. Mehra, D.S. Dhanjal, P. Sharma, et al. // *Current Pharmaceutical Design*. – 2022. – V. 28. – P. 2312-2329.
3. Importance of antibiotic residues in animal food / M. Bacanlı, N. Başaran // *Food Chemical Toxicology*. – 2019. – V. 125. – P. 462-466.
4. Fluoroquinolones: blessings or curses / P.P. Majalekar, P.J. Shirote // *Current Drug Targets*. – 2020. – V. 21. – P. 1354-1370.
5. Gatifloxacin: a new fluoroquinolone / J.M. Blondeau // *Expert Opinion on Investigation Drugs*. – 2000. – V. 9. – P. 1877-1895.
6. Conformational adaptability determining antibody recognition to distomer: structure analysis of enantioselective antibody against chiral drug gatifloxacin / L. Wang, W. Xie, W. Jiao, C. Zhang, et al. // *RSC Advances*. – 2021. – V. 11. – P. 39534-39544.
7. The developments on lateral flow immunochromatographic assay for food safety in recent 10 years: a review / P. Wang, J. Li., L. Guo, L. Jiaxun // *Chemosensors*. – 2024. – V. 6. – Article 88.
8. Lateral flow immunoassays for antigens, antibodies and haptens detection / G. Li, Q. Li, X. Wang, X. Liu, et al. // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2023. – V. 242(Pt 4). – Article 125186.
9. Способы повышения чувствительности иммунохроматографических тест-систем с колориметрической детекцией (обзор) / В.Г. Панферов, И.В. Сафенкова, А.В., Жердев, Б.Б. Дзантиев // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 2021. – Т. 57. – № 2. – С. 107–116.
10. Recent advances in colorimetric sensors based on nanozymes with peroxidase-like activity / Z. Chi, Q. Wang, J. Gu // *Analyst*. – 2023. – V. 148. – P. 487–506.
11. Rational design strategies for nanozyme / Z. Chen, Y. Yu, Y. Gao, Z. Zhu // *ACS Nano*. – 2023. – V. 17. – No 14. – P. 13062–13080.
12. Controlled nucleation for the regulation of the particle size in monodisperse gold suspensions / G. Frens // *Natural Physical Science* – 1973. – V. 241. – P. 20-22.
13. Peroxidase-mimicking nanozyme with surface-dispersed Pt atoms for the colorimetric lateral flow immunoassay of C-reactive protein / V.G. Panferov, N.A. Byzova, A.V. Zherdev, B.B. Dzantiev // *Mikrochimica Acta*. – 2021. – V. 188. – P. 309.
14. G.T. Hermanson. *Bioconjugate Techniques*, 3rd ed.; Pierce Biotechnology. – Rockford, IL, USA: Thermo Fisher Scientific, 2013. – 1200 p.

15. Development of a double immunochromatographic test system for simultaneous determination of lincomycin and tylosin antibiotics in foodstuffs / O.D. Hendrickson, E.A. Zvereva, A.V. Zherdev, T. Godjevargova, et al. // Food Chemistry. – 2020. – V. 318. – Article 126510.

16. Разработка иммуноферментного анализа для контроля суммарного содержания антибиотиков фторхинолонового ряда в молоке / И.А. Шанин, Е.А. Зверева, С.А. Еремин, О.В. Свиридов и соавт. // Прикладная биохимия и микробиология. – 2019. – Т. 55, № 5. – С. 513-520.

17. Lateral flow immunoassay for sensitive detection of undeclared chicken meat in meat products / O.D. Hendrickson, E.A. Zvereva, N.L. Vostrikova, I.M. Chernukha, et al. // Food Chemistry. – 2021. – V. 344. – Article 128598.

18. Engineering gold nanoparticles for molecular diagnostics and biosensing / B.B. Oliveira, D. Ferreira, A.R. Fernandes, P.V. Baptista // Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology. – 2023. – V. 15. – Article e1836.

DEVELOPMENT OF A HIGHLY SENSITIVE IMMUNOCHROMATOGRAPHIC ANALYSIS OF THE ANTIBIOTIC GATIFLOXACIN USING A BIMETALLIC NANOZYME FOR FOOD CONTAMINATION CONTROL

¹Hendrickson Olga Dmitrievna, Ph.D., Senior Researcher

²Byzova Nadezhda Alekseevna, Senior Researcher

³Zvereva Elena Anatol'evna, Ph.D., Senior Researcher

⁴Panferov Vasily Gennad'evich, Ph.D., Researcher

⁵Zherdev Anatoly Vitalievich, Doctor of Science, Leading Researcher

⁶Dzantiev Boris Borisovich, Doctor of Science, Prof., Head of Laboratory

^{1,2,3,4,5,6}A.N. Bach Institute of Biochemistry, Research Center of Biotechnology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: ¹odhendrick@gmail.com

Antibacterials are widely used for therapeutic and prophylactic purposes in animal husbandry, which can lead to their accumulation in food products. Control of contamination with antibiotics is an urgent task in food safety problems. In this study, an approach based on the use of a nanozyme label consisting of a gold core and a silver shell is proposed to increase the sensitivity of the immunochromatographic analysis (ICA) of the fluoroquinolone antibiotic gatifloxacin (GAT). The developed ICA with peroxidase-mimic nanozyme enhancement allows for reducing the instrumental detection limit of GAT by two orders (to 7 pg/mL). The proposed ICA was successfully tested for detecting GAT in chicken meat and beef samples.

ТЕХНОЛОГИЯ И КАЧЕСТВО ТВОРОЖНОГО СЫРА ПРЕБИОТИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ, ОБОГАЩЁННОГО ПИЩЕВОЙ ДОБАВКОЙ НА ОСНОВЕ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ

¹Гольбрайх Анна Алексеевна, студент

²Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: feijinlan@gmail.com; mezenova@klgtu.ru

Представлены исследования по применению функциональной пищевой добавки «Арама», полученной на основе ферментации фруктов и овощей пониженного качества, в рецептуре творожного сыра "Gvikotach" пребиотической направленности. Приведены маркетинговые исследования по потреблению мягких сыров в Калининградской области. Путем математического моделирования обоснованы параметры сквашивания молока с применением заквасочных микроорганизмов. В добавке «Арама» исследован состав пищевых волокон. На готовые сыр и добавку разработаны технические документы.

Творожный сыр относится к молочнокислым продуктам, которые рекомендуются в здоровом питании в качестве источника полноценных белков и кальция [1]. На диаграммах (рис. 1-2) представлены результаты опроса населения по употреблению кисломолочных продуктов и, в частности, творожного сыра.

Как часто Вы употребляете кисломолочные продукты
63 ответа

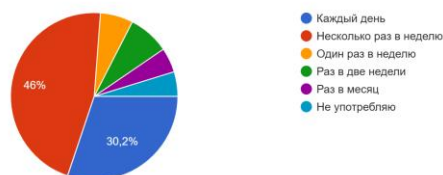


Рис. 1. Диаграмма социологического опроса населения по частоте употребления кисломолочных продуктов

Как часто Вы употребляете творожный сыр?
63 ответа

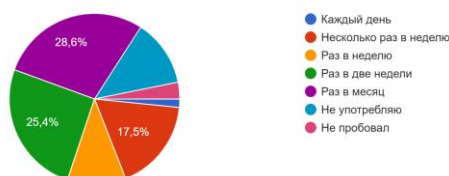


Рис. 2. Диаграмма социологического опроса населения по частоте употребления творожного сыра в пищу

В ассортиментах молочных брендов области отмечено отсутствие наименования “сыр творожный”, однако встречаются иные мягкие сыры, которые вырабатываются в соответствии с требованиями ГОСТ 32263-2013 “Сыры мягкие. Технические условия”.

В Калининградской области развито производство крафтовых сыров. Есть местные сыроварни, выпускают различные виды сыров (буррата, камамбер, грюйер и другие). Сыры производятся

по традиционным рецептам и доступны для покупки в супермаркетах, на рынках и ярмарках. Помимо отдельных сыроварен в производстве сыров тоже участвуют молокоперерабатывающие заводы, но в основном они производят полутвёрдые и твёрдые сыры, а также плавленые. Однако КФХ Тасалиев больший упор делает на мягкие сыры («Сулугуни», «Адыгейский», козий мягкий), как и пять местных сыроварен.

Сыр творожный пребиотической направленности «Gvikomach», обогащенный пищевой добавкой «Арама», является новым и достаточно специфическим продуктом на Калининградском и российском рынке сыров. С учетом востребованности творожного сыра в повседневном питании, а также принимая во внимание его пребиотическую направленность, можно констатировать, что такой продукт найдёт своих покупателей среди сторонников натурального, здорового и функционального питания.

В настоящее время творожный сыр используется в основном как «намазка» для бутербродов и тостов, как основа для кремов и чизкейка (рис. 3). Применение фруктовой добавки сделает названные продукты более привлекательным, потенциально уменьшит потребление сахарозы за счет натуральных моно- и ди- углеводов фруктовой добавки.



Рис. 3. Диаграмма социологического опроса населения по вопросу вида употребления творожного сыра в пищу

Важным фактором является наличие в составе добавки и обогащенного ею сыра пищевых волокон, дефицит потребления которых присутствует у большинства населения. 100 г сыра, употребляемого при перекусах, удовлетворяют 15% суточной потребности в пищевых волокнах [2]. Другим благотворным фактором пищевой ценности сыра являются лактобактерии, выполняющие важные физиологические функции в желудочно-кишечном тракте. Употребление данного сыра способствует профилактике заболеваний ЖКТ и сопутствующих заболеваний (дисбактериоз, запоры, гемморой и т.д.).

Творожный сыр относится к категории кисломолочных продуктов, которые рекомендованы для нормализации микрофлоры кишечника при дисбактериозах, запорах, колитах, отравлениях тяжелыми металлами. Также полезно есть их во время курсов лечения антибиотиками, так как с их помощью можно свести к минимуму отрицательное влияние антибиотиков на микрофлору кишечника [3].

Так, для получения творожного стустка не используется термокислотное сквашивание, которое делает творог более кислым, используется заквасочный способ, который делают вкус более мягким, напоминающим термостатный йогурт [4]. При этом в процессе самопрессования не происходит полного отделения сыворотки, как при прессовании творога, а дальнейшая гомогенизация при внесении соли и добавки делает его консистенцию мягкой и мажущейся. В сочетании с достаточно нежным вкусом самого сыра, обогащенного ароматами фруктов (добавка «Арама»), продукт становится более привлекателен для почитателей мягких сыров.

Для выработки творожного сыра применяют бактериальные закваски. В энциклопедии Чандана говорится о параметрах сквашивания молока на примере сыров вида Невшатель [5]. Используются стартовые культуры (*Lactococcus lactis ssp. lactis/cremoris* и *Leuconostoc cremoris*) в количестве 5–6% при температуре 30–32°C в течение 5 часов до кислотности pH=4,4–4,5. Сыворотка отделяется центрифугированием, гомогенизацию ведут при 70 °C с внесением стабилизатора и 1% соли [6, 7].

Обоснование оптимальных значений факторов сквашивания вели с применением математического моделирования двухфакторной системы. По итогам анализа результатов была построена геометрическая модель (рис. 2), найдены оптимальные значения факторов: оптимальная температура сквашивания 33,3°C, а время – 11, 1 ч (11 ч 6 мин).

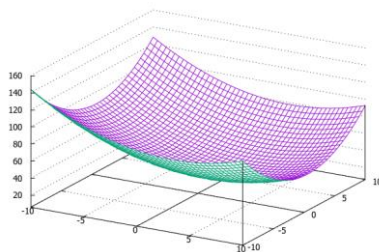


Рис. 2. Геометрическая интерпретация процесса сквашивания молока в технологии творожного сыра “Gvikomach”

Графики накопления молочной кислоты в течение сквашивания молока в зависимости от разной его жирности представлены на рис. 3.

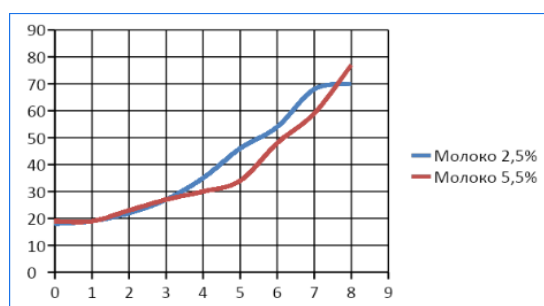


Рис. 3. Зависимости кислотности при сквашивании молока различной жирности

После сквашивания сгустка и отделения сыворотки идёт процесс гомогенизации творожистой массы с внесением компонентов из расчёта массы осадка. В результате получают творожный сыр “Gvikomach” со следующими характеристиками (табл. 1-2).

Таблица 2

Органолептические показатели сыра творожного “Gvikomach”

Наименование показателя	Содержание характеристики
Внешний вид	Продукт упакован герметично. Допускается наличие незначительного количества сыворотки на поверхности продукта. Форма – низкий цилиндр, или форма упаковки, или другая произвольная форма
Вкус и запах	Чистый, кисломолочный, характерный для мягких сыров без созревания с возможным сладковатым или терпким привкусом вносимой добавки “Арама
Консистенция	От мягкой, нежной, пластичной, мажущейся до плотной однородной по всей массе с наличием частиц вносимого порошка Допускается наличие воздушных пустот
Цвет	От белого и светло-коричневого с вкраплениями коричневого цвета

**Физико-химические показатели творожного сыра “Gvikomach”
с добавлением функциональной пищевой добавки “Арама”**

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля жира в сухом веществе, %	30-40
Массовая доля влаги, %	60-70
Массовая доля молочного белка, %, не менее	6,0
Массовая доля поваренной соли (хлористого натрия), %, не более	2,0
Количество пищевых волокон, г/100г не менее	4
Титруемая кислотность, °Т	70–200
Активная кислотность, единиц рН	4,0–6,0

В патенте Н.Д. Залогина RU 2 713 299 С1 описывается как выработка творожного сыра путем обогащения арахисом. Арахис действует как эмульгатор между жидкой и твёрдой фазой и придавая пластичную консистенцию, а также как антиоксидант, продлевая сроки хранения, и вкусовая добавка [8]. В другом своём патенте (RU 2 706 944 С1) Н.Д. Залогин рассматривает технологию выработки творожного сыра с применением кедровых орехов. Принцип использования кедровых орехов схож с применением арахиса, однако фосфолипиды кедрового масла, как поверхностно-активный агент, понижающий поверхностное натяжение несмешивающихся фаз [9].

Достоинством творожного сыра “Gvikomach” является отсутствие стабилизаторов вкуса и консистенции (гуаровая камедь, камедь рожкового дерева, различные крахмалы). и т.д., а также имеет ограниченный набор ингредиентов в составе

Добавка «Арама» представляет собой осадочную часть ферментированных фруктов и овощей пониженного качества [10, 11]. В основном в осадок переходят не поддающиеся ферментации пищевые волокна растений. Для выявления наличия и вида основных пищевых волокон в составе добавки «Арама» был проведён ее спектральный анализ (рис. 6) [12]. Наблюдаемые спектральные особенности свидетельствуют о преобладании целлюлозы в структуре образцов.

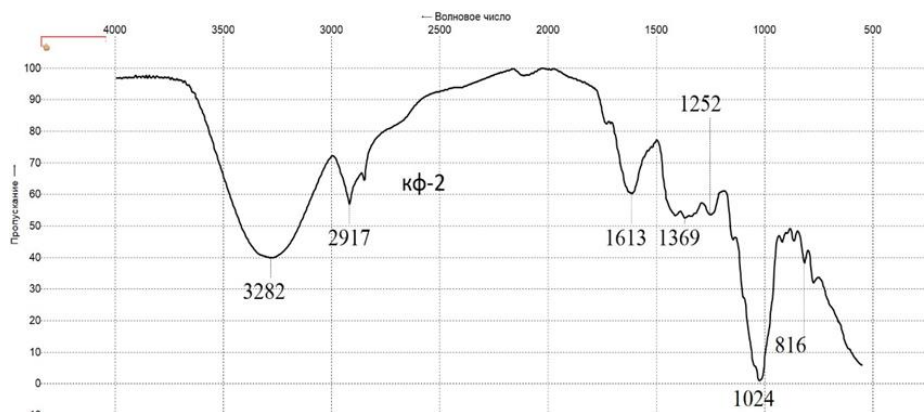


Рис. 4. ИК-спектр образца добавки “Арама”

Органолептические и физико-химические показатели качества добавки «Арама» приведены в табл. 4-5. Они свидетельствуют о приятных натуральных фруктовых и овощных запахах и вкусах добавки, а также ее функциональности по содержанию пищевых волокон, витаминов Р и С.

Органолептические показатели пищевой добавки “Арама”

Показатель	Фруктовый	Овощной	Фруктово-овощной
Цвет	От светло-коричневого до коричневого, допускается неоднородность		
Внешний вид	Мелкий порошок. Не допускаются крупные частицы от семян		
Запах	Приятный, фруктовый, свойственный данной смеси, с отчетливыми оттенками аромата банана и апельсина	Приятный, овощной, свойственный данной смеси, с некоторыми оттенками запаха помидор	Приятный, сложный, свойственный данной смеси, с цитрусовыми и овощными оттенками
Вкус	Приятный, фруктовый, характерный для используемой смеси, немного вяжущий, с допустимой легкой горечью	Приятный, овощной, характерный для используемой смеси, немного вяжущий, с небольшой кислоткой	Приятный, сложный, характерный для используемой смеси, с привкусом фруктов и овощей (цитрусовые, помидоры), немного вяжущий

Таблица 5

Физико-химические показатели пищевой добавки “Арама” пребиотической направленности

Показатель	Значение
Содержание воды в порошке, % не более	13
Содержание витамина С, мг/100г не менее	7,5
Содержание витамина Р, мг/100г не менее	1,5
Содержание пищевых волокон, г/100г не менее	13,0

Готовый творожный сыр “Gvikomach” является функциональным продуктом по содержанию пищевых волокон, привносимых с добавкой «Арама». Он также содержит полезные молочные белки, молочный жир, растительные минорные компоненты (макро- и микроэлементы, витамины). Поданным показателям готовый сыр можно отнести к пищевой продукции диетического профилактического питания. Для разработанных продуктов были подготовлены проекты нормативных документов: ТУ 10.51.40-XXX-00471544-2024 «Сыр творожный “Gvikomach” пребиотической направленности с пищевой добавкой “Арама”», ТУ 10.39.30-XXX-00471544-2024 «Пищевая добавка “Арама” пребиотической направленности».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чащина, В. В. Молочные продукты в питании человека / В. В. Чащина, П. И. Колосова // Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее : сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции, Курск, 15–16 октября 2020 года. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 285-288.
2. Мезенова О.Я. Гомеостаз и питание. Учебное пособие. - Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2010. - 230 с
3. Kaur H., Kaur G., Ali S. A. Dairy-based probiotic-fermented functional foods: An update on their health-promoting properties //Fermentation. – 2022. – Т. 8. – №. 9. – С. 425.
4. Уткина Ольга Сергеевна, Ачкасова Елена Валерьевна, Головкина Валерия Михайловна. Технология производства творожного сыра на основе термокислотного свертывания молока // Вестник КрасГАУ. 2021. №1(166).
5. J.A. Lucey, Cheese | Acid- and Acid/Heat Coagulated Cheese, Editor(s): John W. Fuquay, Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition), Academic Press, 2011, P. 698-705.
6. Патент № 2604195 С1 Российская Федерация, МПК А23С 9/00, А23С9/12, А23С 19/076. Творог и способ его получения, сыр творожный и способ его получения : № 2015132220/10 : заявл. 04.08.2015 : опубл. 10.12.2016 / А. И. Ширинкин, И. Б. Крючкова, А. Н. Порошкина [и др.] ; заявитель Акционерное общество “Тульский молочный комбинат”;

7. Кремешков, А. Ю. Анализ технологии производства творожного сыра “Шевре”; из козьего молока / А. Ю. Кремешков, О. П. Неверова // Молодежь и наука. – 2018. – № 4. – С. 65.
8. Патент № 2713299 С1 Российская Федерация, МПК А23С 19/076, А23С23/00. Сыр творожный с арахисом и способ его изготовления : №2018141303 : заявл. 23.11.2018: опубл. 04.02.2020 / Н. Д. Залогин.
9. Патент № 2706944 С1 Российская Федерация, МПК А23С 19/076. Сыр творожный с кедровым орехом и способ его изготовления : № 2018140529: заявл. 16.11.2018 : опубл. 21.11.2019 / Н. Д. Залогин.
10. Мезенова, О. Я., Карлов, В. А., Гольбрайх, А. А. Исследования по применению ферментализации при комплексной переработке некондиционных фруктов и овощей / О. Я. Мезенова, В. А. Карлов, А. А. Гольбрайх // Балтийский морской форум. – 2023. – С. 82-87.
11. Мезенова, О. Я., Карлов, В. А., Гольбрайх, А. А. О биопотенциале некондиционных фруктов и овощей и его использовании в продуктах биотехнологии / О. Я. Мезенова, В. А. Карлов, А. А. Гольбрайх // Сборник трудов по материалам Научно-практической конференции студентов и курсантов «Образование, наука и молодёжь - 2023». – 2023. – С. 249-252.
12. Cichosz S., Masek A. Cellulose Fibers Hydrophobization via a Hybrid Chemical Modification // Polymers. № 11. 2019. pp. 1174. DOI: 10.3390/polym11071174

TECHNOLOGY AND QUALITY OF PREBIOTICAL CREAMCHEESE ENRICHED WITH A FOOD ADDITIVE BASED ON FERMENTED FRUITS AND VEGETABLES

¹Golbraikh Anna Alekseevna, student

²Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, Professor,
Head Department of Food Biotechnology

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: mezenova@klgtu.ru; feijinlan@gmail.com

The article presents studies on the use of the functional food additive "Arama", obtained by fermenting low-quality fruits and vegetables, in the recipe of the prebiotic cream cheese "Gvikomach". Marketing studies on the consumption of soft cheeses in the Kaliningrad region are presented. The parameters of milk fermentation using starter microorganisms are substantiated by mathematical modeling. The composition of dietary fibers in the additive "Arama" is studied. Technical documents have been developed for the finished cheese and additive.

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

¹Давыденко Светлана Геннадьевна, канд. биол. наук; докторант, начальник отдела

²Шиленко Алексей Алексеевич; младший специалист, магистрант

³Кунцова Мария Николаевна, магистр наук, аспирант, инженер-технолог по биотехнологическим процессам

⁴Гудь Владислав Андреевич; магистр наук, аспирант, менеджер по автоматизации процессов обучения и развития

⁵Шилов Сергей Дмитриевич, инженер-химик, специалист

^{1,2,3,5} ООО «Пивоваренная компания «Балтика», Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: ¹davydenko@baltika.com

^{2,3,4} Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург, Россия

*Химическое потребление кислорода (ХПК) – один из основных показателей качества воды. Широкое использование этого показателя может быть дополнено получением информации с помощью биосенсоров или тестерных микроорганизмов. Преимуществом дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* является их доступность, легкость и быстрота культивирования. В работе использовали в качестве тест-объекта штамм пивоваренных дрожжей Y-3194.*

Цель нового экспресс-метода – оценка токсичного эффекта перекиси водорода и хлороформа, и стимулирующего действия сточных вод с различным ХПК.

Введение

Своевременная оценка токсичности питьевой и поверхностных природных вод важна в каждой сфере промышленности. Важно быстро идентифицировать потенциальную опасность воды из различных источников. Существующие методы оценки качества воды не всегда достаточно информативны, продолжительны и имеют высокую стоимость. Существуют различные подходы оценки биобезопасности микроорганизмов, основанные на биосенсорах [1], полимеразных цепных реакциях и других тест-системах. Разработан новый метод простота и скорость реализации которого не требует дорогостоящего оборудования и реактивов, что значительно упрощает подход к измерению токсического эффекта.

Универсальность метаболических путей всех живых организмов дает возможность использовать дрожжи – сахаромицеты в качестве удобной модели для оценки качества воды из любых источников. Используя описанный ранее экспресс-метод [2] оценки токсичности, основанный на скорости ферментации углеводов дрожжами *Saccharomyces cerevisiae*, была определена токсичность сточных вод.

На законодательном уровне в России создана система контроля качества питьевой воды, закрепленная в нормативных документах [3–6]. Гигиенические требования указывают на различный токсический эффект химических соединений, на основании которых определяются предельно допустимые концентрации (ПДК) веществ [3].

В качестве потенциально токсичных веществ выбраны перекись водорода (ПДК 0,1 мг/л, класс опасности II) и хлороформ (ПДК 0,2 мг/л, класс опасности II) [3]. Хлороформ, окисляемый на воздухе при воздействии света и кислорода с выделением хлора, хлористого водорода и фосгена, негативно влияет на качество воды и обладает высокой токсичностью. Также, в работе проанализированы образцы сравнения воды с трех стадий водоочистного сооружения пивоваренного завода с ХПК: 7050, 990, 240 мг/л. При повышенном значении ХПК вода содержит большое количество микроорганизмов с разной физиологической активностью (ФА).

Материалы и методы

В качестве тест-объекта выбран пивоваренный штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* – Y-3194 [7]. Для накопления биомассы использовалась среда YPD, масс./об.: 2% агара; 1% глюкозы; 1% пептона и 0,3% дрожжевого экстракта.

Были приготовлены растворы: C_2H_5OH , H_2O_2 , $CHCl_3$. Концентрация растворов представлена на рисунке 1. Пробы воды с разным ХПК отбирали со станции водоочистки. Опытные образцы с общим объемом 2 мл подготавливались: 50% (об./об.) дрожжевой суспензии ($C = 1,0 \cdot 10^7$ кл/мл); 27,5% (об./об.) дистиллированной воды; 12,5% (об./об.) 8-кратной YPD; 10% (об./об.) дозировка согласно серии (рис. 1). Брожение проводилось 20 ч при 16 °С в горизонтальном положении.

Оценка токсичности действия веществ заключалась в сравнении концентрации нежизнеспособных клеток, градусов $Brix$ и уровня поднятия поршня [2].

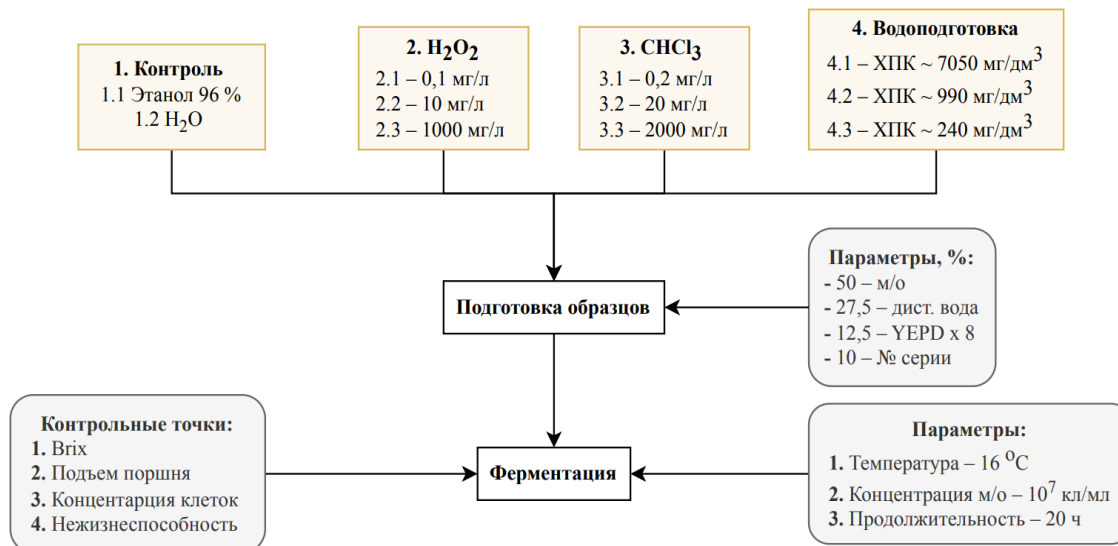


Рис. 1. Схема модели эксперимента

Результаты и обсуждение

3.1 Оценка токсичности факторов загрязнения сточных вод

Для выявления возможностей данного метода оценки токсичности в эксперименте было два независимых фактора второго класса опасности: H_2O_2 и $CHCl_3$. На рисунке 2 представлены результаты.

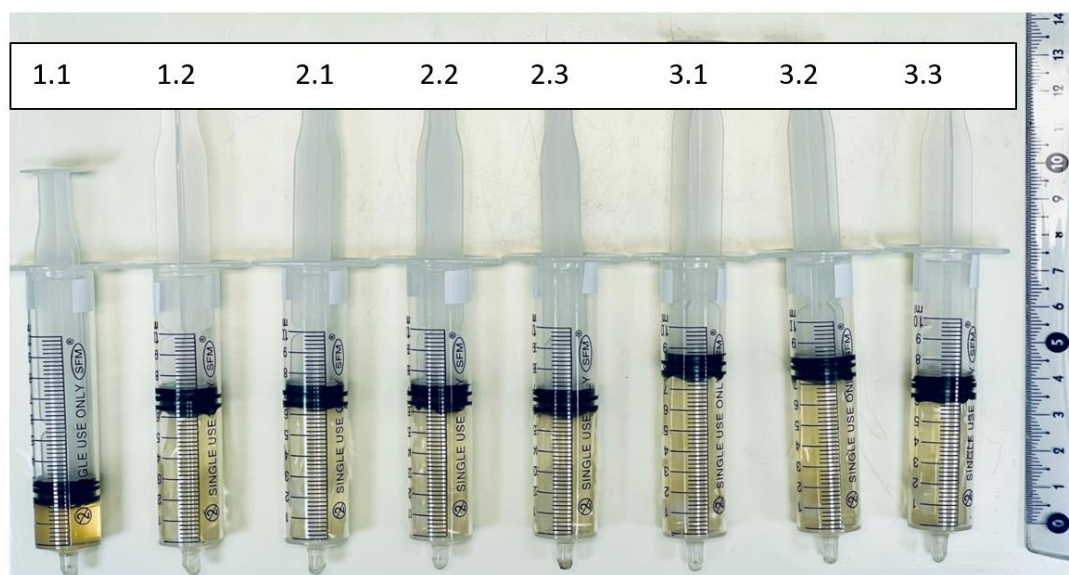


Рис. 2. Экспериментальные образцы: 1.1 C_2H_5OH 96%; 1.2 H_2O ; 2.1 H_2O_2 – 0,1 мг/л; 2.2 H_2O_2 – 10 мг/л; H_2O_2 ; 2.3 H_2O_2 – 1000 мг/л; 3.1 $CHCl_3$ – 0,2 мг/л; 3.2 $CHCl_3$ – 20 мг/л; 3.3 $CHCl_3$ – 2000 мг/л

Уровни поднятия поршня на рисунке 2 показывают различное влияние H_2O_2 и $CHCl_3$ на интенсивность выделения CO_2 , отражающего ФА дрожжевых клеток. Данные контрольных точек представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние токсичности факторов на физиологию дрожжей

№ о	Образец	$V_{гrix}$, °	Подъем поршня, мл	Концентрация клеток, млн. кл./мл	Нежизнеспособность, %
1.1	C_2H_5OH 96%	16,62	0,0	0,6	100,0
1.2	H_2O	2,96	4,0	26,1	1,0
2.1	H_2O_2 – 0,1 мг/л	2,40	4,2	27,5	1,3
2.2	H_2O_2 – 10 мг/л	2,57	4,0	22,2	2,1
2.3	H_2O_2 – 1000 мг/л	2,74	3,6	19,1	6,7
3.1	$CHCl_3$ – 0,2 мг/л	2,6	5,4	29,6	0,23
3.2	$CHCl_3$ – 20 мг/л	2,88	5,0	29,5	0,6
3.3	$CHCl_3$ – 2000 мг/л	2,75	4,0	30,3	1,0

Как следует из таблицы 1, наибольший летальный эффект обнаружен в H_2O_2 в концентрации 1000 мг/л. Хлороформ оказал стимулирующее действие на рост микроорганизмов. В образцах 2.1, 3.1, 3.2 наблюдалась интенсификация газообразования, однако выделение CO_2 в сериях 2 и 3 ингибировалось с увеличением дозировки веществ. Корреляция градусов $V_{гrix}$ и подъема поршня отсутствует.

Разложение $CHCl_3$ на воздухе происходит посредством взаимодействия с кислородом и светом. При наличии данных факторов существенное влияние продуктов распада будет наблюдаться спустя несколько месяцев. Для получения оптимальной оценки влияния веществ потребуется более 20 ч.

Таким образом, применение нового экспресс-метода позволяет быстро оценить влияние различных факторов на ФА дрожжей.

Влияние сточных вод различной степени очистки на физиологию тестовых организмов

3.2 Очистка сточных вод

В результате деятельности промышленных предприятий происходит загрязнение водных ресурсов. Неотъемлемой частью крупных производств являются водоочистные сооружения. Для эффективной очистки последовательно применяет механическую и биологическую обработку.

Для проведения эксперимента были отобраны пробы воды с разным значением ХПК на трех-стадийной водоочистительной станции (рис. 3).

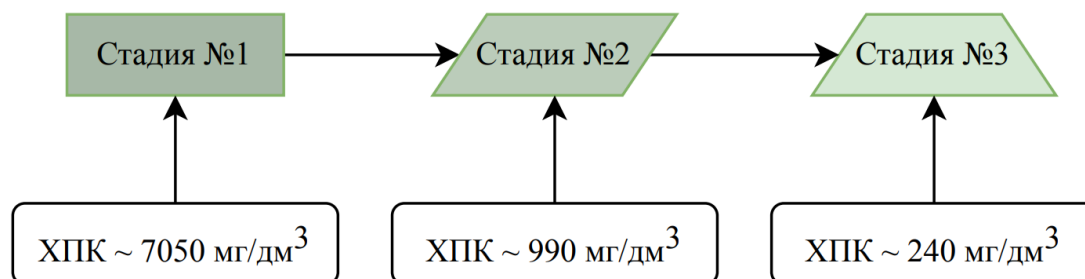


Рис. 3. Схема трех-стадийной водоочистки

По истечению инкубационного периода в образцах наблюдалась разная интенсивность выделения CO_2 . Данные контрольных точек представлены в таблице 2.

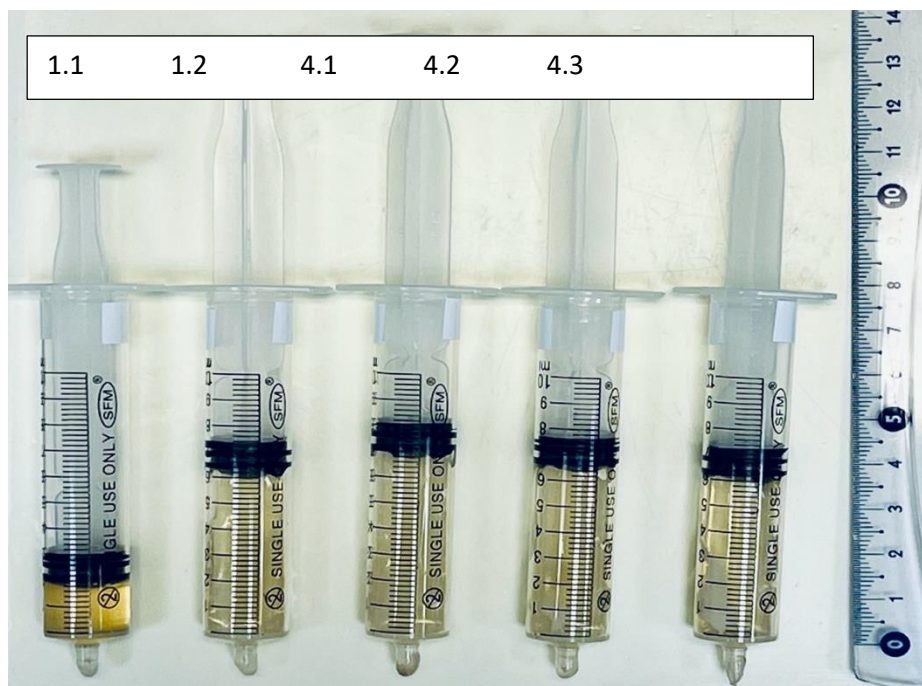


Рис. 4. Экспериментальные образцы воды с очистных сооружений с различными ХПК:
 1.1. C_2H_5OH 96%; 1.2 – H_2O ; 4.1 H_2O – ХПК 7050 мг/дм³; 4.2 H_2O – ХПК 990 мг/дм³;
 4.3 H_2O – ХПК 240 мг/дм³

Таблица 2

Влияние сточных вод различной степени очистки на ФА тестовых организмов

№ о	Образец	Вrix, °	Подъем поршня, мл	Концентрация клеток, млн. кл/мл	Нежизнеспособность, %
1.1	C_2H_5OH 96%	16,62	0,0	0,6	100,0
1.2	H_2O	2,96	4,0	26,1	1,0
4.1	H_2O – ХПК 7050 мг/дм ³	2,68	4,8	22,9	2,0
4.2	H_2O – ХПК 990 мг/дм ³	2,62	4,4	27,1	3,3
4.3	H_2O – ХПК 240 мг/дм ³	2,54	4,0	24,0	6,9

Образец №1.1, отрицательный контроль, был использован для ингибирования жизнедеятельности дрожжей. Образец №1.2, положительный контроль, использовался для определения ФА тест-организма с последующим сравнением с другими сериями. В результате эксперимента было установлено повышенное газообразование в образце №4.1 с наибольшим значением ХПК. Это свидетельствует о наличии других микроорганизмов в растворе помимо У-3194. Вероятно, более глубокая ферментация была вызвана иной специфичностью к субстрату.

Выводы

Предлагаемый экспресс-метод оказался эффективным для оценки токсичности перекиси водорода, хлороформа и сточных вод. Однако, для установления причин различной интенсивности ФА требуется дополнительный скрининг.

Данная методика удобна для выявления первичных рисков загрязнения воды. Предлагаемый метод прост в реализации, воспроизводим и не требует дорогостоящего оборудования.

Новые вызовы в отношении мониторинга питьевой и сточных вод возникают в связи с наступлением глобального потепления и таяния вечной мерзлоты и ледников. В связи с этим создание и использование экспресс-методов контроля воды выходит на первый план.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзантиев, Б.Б. Биохимические методы анализа. – М.: Наука, 2010. – 390 с.
2. Davydenko SG, Meledina TV, Ivanova VA (2020) New Foresight Methodology for Toxicity Assessment. Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry 21:333–342
3. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Минздрав России. Дата обращения: 28.08.2024 .
4. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод». Минздрав России. Дата обращения: 28.08.2024.
5. ГОСТ 31859-2012 «Вода. Метод определения химического потребления кислорода». Госстандарт России. Дата обращения: 28.08.2024.
6. ГОСТ 30813-2002 «Вода и водоподготовка. Термины и определения». Госстандарт России. Дата обращения: 28.08.2024.
7. Davydenko SG, Yarovoy BF, Stepanova VP, Afonin D V., Batashov BE, Dedegkaev AT (2010) A new yeast strain for brewery: Properties and advantages. Russ J Genet 46:1295–1305.

EXPRESS METHOD OF ASSESSMENT OF DRINKING WATER AND WATER RESOURCES

¹Davydenko Svetlana Gennadievna, Head of Dept, PhD

²Shilenko Alexey Alekseevich, Junior Specialist, Master of Science

³ Kuntsova Maria Nikolaevna, Biotech Process Engineer, PhD Student

⁴Gud Vladislav Andreevich, T&D Automation Manager, PhD Student

⁵Shilov Sergey Dmitrievich, Chemical Engineer, Specialist

^{1,2,3,4,5}Innovation and Research Department, Baltika Breweries, St. Petersburg, Russia

^{2,3,4}Faculty of Biotechnologies (BioTech), ITMO University, St. Petersburg, Russia

*Chemical oxygen consumption (COD) is one of the main indicators of water quality. The widespread use of this indicator can be supplemented by obtaining information using biosensors or test microorganisms. The advantage of *Saccharomyces cerevisiae* yeast is its accessibility and speed of cultivation. The Y-3194 strain of brewing yeast was used as a test object. The purpose of the development of a new express method was to assess the toxic effect of hydrogen peroxide and chloroform, and the stimulating effect of wastewater with various COD*

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА БЕЛКОВ И ЖИРНО-КИСЛОТНОГО СОСТАВА МАСЛА СЕМЯН САФЛОРА

¹Доморощенкова Мария Львовна, канд. техн. наук, доцент, ведущий науч. сотрудник отдела производства пищевых растительных белков и биотехнологии

²Демьяненко Татьяна Федоровна, канд. техн. наук, ведущий науч. сотрудник отдела производства пищевых растительных белков и биотехнологии

³Меркулова Маргарита Ивановна, ст. науч. сотрудник отдела исследования жиров

^{1,2,3}ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт жиров» (ВНИИЖиров), Санкт-Петербург, Россия, e-mail: ¹mdomor@mail.ru; ¹protein@vniig.org

Проведены исследования фракционного состава белков и жирно-кислотного состава масла семян 4 образцов семян сафлора. Фракционный состав белков по растворимости определяли по Т. Осборну, жирно-кислотный состав масел исследовали методом газовой хроматографии. Содержание сырого протеина в образцах сортовых семян варьировалось в интервале от 17,98 % до 19,00 %, а содержание сырого жира в интервале от 25,82 % до 27,88 %. Все проанализированные сорта сафлора характеризовались высокой растворимостью белков с преобладанием солерастворимой фракции, а по жирно-кислотному составу триацилглицеролов относились к маслам линолевого типа с концентрацией линолевой кислоты (C_{18:2}) от 66,6 % до 75,7 %.

Введение

Сафлор используется уже более 4000 лет и популярность его в мире продолжает расти. Сафлор (*Carthamus tinctorius L.*) - травянистое однолетнее растение, которое относят к семейству астровых (*Asteraceae*) или сложноцветных. У него есть еще несколько названий: дикий шафран, американский или красильный чертополох и сафлор красильный. Родиной сафлора считается Африка или Южная Азия, и сегодня он произрастает в более чем в 60 странах. Для сафлора необходимо много солнечного света, поэтому он выращивается в основном в регионах с теплыми или жаркими климатическими условиями [1-3].

Сафлор не входит в число ключевых масличных культур и объемы его производства в мире и в России значительно уступают валовым сборам семян сои, рапса, подсолнечника, льна. Но для нашей страны сафлор представляет особый интерес, учитывая его экспортный потенциал и интерес к этой культуре со стороны Китая и Турции, а также возможность выращивания в засушливых регионах и на засоленных почвах. Сафлор хорошо переносит сухой континентальный климат, в результате чего в степных районах в засушливые годы по урожайности семян он превосходит другие культуры.

Широкая адаптационная способность сафлора связана с его глубокой корневой системой, которая может поглощать влагу и питательные вещества, особенно азот, который вымывается из-под корневой зоны большинства других культур, особенно на песчаных почвах, в которых и так недостаточно питательных веществ [4].

Согласно мнению некоторых ученых РАСХН, вследствие наблюдающегося глобального изменения климата могут усилиться процессы аридизации региона Среднего Поволжья, которые будут проявляться более частыми засушливыми годами с более длительными периодами засух. В этой связи особое внимание должно уделяться изучению состава и свойств, а также особенностей выращивания засухоустойчивых нетрадиционных культур, таких как сафлор, которые смогут адаптироваться к засушливым условиям в период вегетации и выдерживать аномально высокие температуры [5-6].

По данным ФАО [7] в 2020 -2022 годах Российская Федерация производила 97 тыс. тонн - 223 тыс.тонн сафлора в год (таблица 1) и занимала второе место в мире после Казахстана по объемам выращивания сафлора.

Посевные площади, валовой сбор и урожайность сафлора в России в 2020-2022 гг. [7]

Годы	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тонны
2020	174 974,0	5,523	96 635,8
2021	242 312,0	6,248	151 384,8
2022	277 524,0	8,022	222 619,5

Также сафлор выращивается в США, Мексике, Индии, Китае, Турции и в меньших объемах в ряде других стран. По данным ФАО [7], в 2021 г. посевные площади сафлора в мире составили 850,4 тыс. га, сборы находились на уровне 631,1 тыс. т, а средняя урожайность с 1 га составила 7,4 центнеров.

В 2023 году валовой сбор семян сафлора в нашей стране существенно упал до 76,3 тыс. тонн не только из-за падения средней урожайности до 6,4 ц/га, но и в результате сокращения посевных площадей до 138,1 тысяч га, причиной которого явилось снижение цен на сафлор. В 2023 году в Российской Федерации основные объемы сафлора были собраны в четырех областях – Саратовской, Волгоградской, Оренбургской и Ростовской [8].

Исторически сафлор сначала возделывался как красильное растение, а также использовался в кухне ряда народов мира и в приготовлении косметических препаратов на основе ценных компонентов цветков сафлора и других частей растения. Коммерциализация сафлора в 1950-х годах была частично обусловлена потребностями лакокрасочной промышленности. Свойства сафлорового масла, такие как низкое содержание линоленовой кислоты, высокое содержание линолевой кислоты, невысокая цветность, отсутствие восков, низкое содержание свободных жирных кислот и неомыляемых веществ, внесли вклад в непревзойденное качество красок, алкидных смол и покрытий на его основе [9].

В настоящее время появилось много новых направлений использования сафлора. Благодаря содержанию богатого ассортимента различных фитохимических соединений сафлор широко используется не только в традиционной фитомедицине, но и в современной фармацевтической промышленности [10].

Семена сафлора, содержащие ценное масло с большим количеством ненасыщенных жирных кислот и растительный белок, перспективны для промышленной переработки с получением сафлорового масла, жмыхов и шротов. Получаемые продукты находят все большее применение в питании людей и в рецептурах кормов для животных и в кормах для аквакультуры [11-14].

Содержание линолевой кислоты в сафлоровом масле может превышать 70%, что является уникальной чертой среди масличных культур. Такое масло используется на пищевые цели и в производстве лаков и красок. С помощью селекции получают сорта сафлора с определенным соотношением олеиновой и линолевой жирных кислот в масле. Сегодня получены сорта сафлора с жирно-кислотным составом по линолевому и олеиновому типу. В мире активно набирает популярность сафлоровое масло с повышенным содержанием олеиновой кислоты (SHO) многоцелевого использования. Такое масло используется не только в питании, но и для технических целей, включая такие направления, как производство смазочных масел и биотоплива. Жирно-кислотный состав сафлорового масла определяется не только генотипом и сортом семян, но может варьировать в зависимости от регионов произрастания растений [15]. В свою очередь, конкретный состав жирных кислот влияет на использование сафлорового масла на пищевые, фармацевтические или технические цели.

Несмотря на расширение областей использования продуктов, полученных из сафлора, и перспективы этой культуры для выращивания в засушливых регионах нашей страны, состав питательных веществ (характеристики белков, липидов и др. показатели) отдельных сортов семян сафлора еще недостаточно полно изучен.

Целью настоящей работы было изучение химического состава и отдельных характеристик белков и липидов семян сафлора 4 сортов, внесенных в каталог Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР).

Объекты и методы исследования

Были исследованы характеристики 4х образцов семян сафлора, полученных из отдела генетических ресурсов масличных и прядильных культур ВИР.

Образец №1 - Кормовой 196, страна происхождения Россия, № каталога ВИР к-613. Включен в Госреестр по РФ как кормовая культура.

Образец №2 – Центр 70, страна происхождения Казахстан, № каталога ВИР к-622.

Образец №3 – Краса Ступинская, страна происхождения Россия, № каталога ВИР к-624. Включен в Госреестр по РФ для производства маслосемян и как фитосанитарная и фитомелиоративная культура.

Образец №4 –Александрит, страна происхождения Россия (Волгоградская область), № каталога ВИР к-607. Включен в Госреестр по РФ для производства маслосемян.

При исследовании образцов семян применяли надежные общепринятые методы анализа физико-химических показателей качества семян, масел и шротов в соответствии с ГОСТ Р 54705-2011 «Жмыхи шроты и горчичный порошок. Методы определения массовой доли влаги и летучих веществ»; ГОСТ 31675-2012 «Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации»; ГОСТ Р 53153-2008 «Жмыхи и шроты. Определение содержания сырого жира. Часть 1. Метод экстрагирования гексаном (или петролейным эфиром)»; ГОСТ 13496.4-93 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина».

В работе использовали методику исследования фракционного состава белков по Т. Осборну, изложенную в классическом издании [16]. Соответствующие группы белков последовательно экстрагировали из обезжиренных образцов семян водой, 10% раствором NaCl и 0,2% раствором NaOH.

Для изучения жирнокислотного состава масел использовали методику выделения масла из семян согласно Руководству [17] и ГОСТ 31663-2012 «Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот».

Результаты

В таблицах представлены полученные результаты анализов химического состава и фракционного состава белков семян сафлора (табл. 2) и жирно-кислотного состава масел (табл.3).

Таблица 2

Содержание основных химических веществ в образцах семян сафлора и характеристики фракционного состава белков

Наименование показателя		Обр. №1 Кормовой 196	Обр. №2 Центр 70	Обр. №3 Краса Ступинская	Обр. №4 Александрит
Масс. доля влаги и летучих веществ, %		5,62	5,85	5,69	5,63
Масс. доля сырого протеина на абсолютно сухое вещество (а.с.в.), %		18,52	17,98	18,45	19,00
Фракционный состав белков, % от содерж. сырого протеина:	Водорастворимые	24,98	27,58	23,72	24,29
	Солерастворимые	58,37	53,23	67,48	58,87
	Щелочерастворимые	0,60	0,95	0,80	2,63
	Суммарнорастворимые белки	83,95	81,76	92,00	85,79
	Нерастворимый остаток	16,05	18,24	8,00	14,10
Масс. доля сырой клетчатки, на а.с.в., %		31,66	32,95	36,64	36,74
Масс. доля сырого жира, на а.с.в., %		27,88	27,24	25,82	26,71

Полученные данные характеризуют химический состав образцов семян сафлора. Содержание сырого протеина в образцах изменяется от 17,98% (образец Центр 70) до 19,00% (образец Александрит), содержание сырой клетчатки – от 31,66% (образец «Кормовой 196») до 36,74% (образец Александрит), содержание сырого жира – от 25,82% (образец Краса Ступинская) до 27,88% (Кормовой 160). Таким образом, из представленных данных видно, что все образцы имеют близкие химические характеристики.

Исследование содержания отдельных фракций белков на основании их растворимости по Т. Осборну показало, что основные растворимые фракции белков являются глобулинами и альбуминами. Во всех исследованных образцах преобладала солерастворимая фракция белков, концентрация которой варьировало от 53,23% в образце №2 (Центр 70) до 67,48% в обр. №3 (Краса Ступинская). Суммарное содержание растворимых белков в образцах находится на высоком уровне в диапазоне 81,76- 92,00%.

Высокое содержание сырой клетчатки во всех образцах от 31,66% (Центр 70) до 36,74 % (Александрит), обусловленное наличием у сафлора толстой грубой оболочки семян, требует разработки и создания специального оборудования для обрушивания семян сафлора.

Таблица 3

Жирынокислотный состав триацилглицеролов сафлорового масла, выделенного из семян, в % от суммы жирных кислот

Наименования жирных кислот	Обр. №1 Кормовой 196	Обр. №2 Центр 70	Обр. №3 Краса Ступинская	Обр. №4 Александрит
Миристиновая C _{14:0}	0,1	0,1	0,1	0,1
Пальмитиновая C _{16:0}	6,3	6,4	6,6	6,6
Пальмитолеиновая C _{16:1}	0,1	0,1	0,1	0,1
Стеариновая C _{18:0}	2,9	2,5	2,7	2,6
Олеиновая C _{18:1}	14,4	14,1	22,5	15,2
Линолевая C _{18:2}	75,1	75,7	66,6	74,2
Линоленовая C _{18:3}	0,1	0,1	0,1	0,1
Арахидоновая C _{20:0}	0,4	0,4	0,5	0,4
Гондоиновая C _{20:1}	0,2	0,2	0,2	0,2
Бегеновая C _{22:0}	0,2	0,2	0,3	0,3
Лигноцериновая C _{24:0}	0,1	0,1	0,2	0,1
Ацетэруковая C _{24:1}	0,1	0,1	0,1	0,1
Сумма насыщенных жирных кислот	10,0	9,7	10,4	10,1
Сумма полиненасыщенных жирных кислот	75,2	75,8	66,7	74,3
Сумма мононенасыщенных жирных кислот	14,8	14,5	22,9	15,6

По результатам анализа жирнокислотного состава (таблица 3) все масла, выделенные из образцов, относятся к полиненасыщенному типу (линолевый вариант). Концентрация линолевой кислоты C_{18:2} варьирует в интервале от 66,6% в обр.3 (Краса Ступинская) до 74,2-75,7% в остальных 3-х образцах. Во всех исследованных образцах масла семян обнаружена очень низкая концентрация линоленовой кислоты C_{18:3} на уровне 0,1%.

Насыщенные жирные кислоты представлены во всех исследованных образцах масел пальмитиновой кислотой C_{16:0} в интервале концентраций 6,3%-6,6% и стеариновой кислотой C_{18:0}, также в очень узком диапазоне колебаний концентрации 2,5%-2,9%.

Из мононенасыщенных кислот преобладает олеиновая кислота C_{18:1} при концентрации в диапазоне 14,1%- 22,5% в зависимости от сорта семян.

Не обнаружено существенных различий в химическом составе образцов семян кормового направления использования и предназначенных для переработки в качестве маслосемян.

Из отличительных особенностей жирно-кислотного состава масла семян по сравнению с другими образцами можно отметить более высокую концентрацию олеиновой кислоты в масле обр.№3

(Краса Ступинская) - 22,5% при соответствующем наиболее низком содержании линолевой кислоты (66,6%). Фракционный состав белков семян этого сорта также выделялся наличием самой высокой концентрации солерастворимой фракции - 67,48% и суммарно растворимых белков – 92% от общего содержания сырого протеина. Из других отличительных особенностей этого сорта по сравнению с другими исследованными сортами можно отметить самый длинный вегетационный период -125 дней и более низкую урожайность – 8 ц/га.

Заключение

Исследования белкового комплекса и жирно-кислотного состава триацилглицеролов сафлорового масла семян сафлора 4-х сортов показали, что в составе белкового комплекса преобладают растворимые белки - глобулины и альбумины, а масло семян отличается высокой концентрацией полиненасыщенных жирных кислот.

Концентрация сырого протеина в исследованных образцах изменяется от 17,98% (сорт Центр) до 19,00% (сорт Александрит). Суммарное содержание растворимых белков изменяется в интервале от 81,76% (сорт Центр) до 92,0 % (сорт Краса Ступинская), причем растворимые белки представлены в основном глобулинами и альбуминами с существенным преобладанием солерастворимой фракции.

Содержание сырого жира в исследованных образцах изменяется в интервале от 25,82% (сорт Краса Ступинская) до 27,88% (сорт Кормовой 196). Все проанализированные сорта сафлора по жирнокислотному составу масла относятся к линолевому типу.

Эти характеристики позволяют рекомендовать исследованные сорта сафлора для выращивания в качестве сырья для промышленной переработки с получением сафлорового масла и белковых продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафлор красивый: что это такое и выращивание // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://klumba.guru/dikorastuschie-rasteniya/safflor-krasilnyy-chto-eto-takoe-i-vyraschivanie.html#hcq=GXSTaMq> (дата обращения 26.08.2024 г.)
2. Щербаков В.Г., Лобанов В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. 6-е изд., – М.: КолосС, 2012. – 392 с.
3. Нарушева Е.А., Боженик Е.В. Сафлор – ценная масличная культура засушливого Поволжья // Материалы Международной конф. «Вавиловские чтения - 2012». – 26-28 ноября 2012. - Саратов.
4. Hussain, M., and Al-Dakheel. Effect of salinity stress on phenotypic plasticity, yield stability, and signature of stable isotopes of carbon and nitrogen in safflower // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2018. - 25 (24) - 23685–23694. doi:10.1007/s11356-018-2442-z.
5. Толмачёв В.В. Сроки, способы и нормы посева сафлора красивого на каштановых почвах Волгоградского Заволжья / Автореферат диссертации кандидата сельскохозяйственных наук. – Волгоград. 2011. - 24 с.
6. Ecological plasticity of safflower varieties in contrasting natural and climatic conditions of Western Kazakhstan / Limaskaya, V.B., G.H. Shektybayeva, et. // E3S Web of Conferences. – 2023. – v. 395 - 02005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339502005>
7. ФАОСТАТ // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (дата обращения 20.08.2024 г.)
8. Российский рынок сафлора в 2023-2024 гг.: ключевые тенденции. «АБ-центр» // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-safflora-v-2023-2024-gg-kluychevye-tendencii> (дата обращения 27.08.2024 г.)
9. Smith, J.R. Safflower. // AOCS Press, Champaign, IL, USA. 1996, 624 p.
10. Genetic diversity, clinical uses, and phytochemical and pharmacological properties of safflower (*Carthamus tinctorius* L.): an important medicinal plant/ Cheng H., Yang C., Ge P., Liu Y. et. // Frontiers in Pharmacology, Sec. Ethnopharmacology. – 2024. - Volume 15. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1374680>

11. A comprehensive characterization of safflower oil for its potential applications as a bioactive food ingredient – A Review/ Khalid, N., Khan, R.S., Hussain, et. // Trends in Food Science and Technology. – 2017. - vol. 66 - pp. 176-186. doi: 10.1016/j.tifs.2017.06.009.
12. Перспективы выращивания сафлора в Казахстане / Жамбакин К.Ж., Шамекова М.Х. и др. // Биотехнология. Теория и практика. – 2014. - №1, с. 4-11. doi: 10.11134/btp.1.2014.1.
13. Rathaur, A., Rai, D., Agarwal, A., Tripathi, A. Effect of Dietary Supplementation of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Seed on the Growth Performance, Blood Lipid and Meat Quality of Broiler Chickens // Indian Journal of Animal Research. – 2022. - 57 - 742-748. doi:10.18805/IJAR.B-4807.
14. Tiril, Ustaoglu and M. Kerim. Evaluation of safflower meal as a protein source in diets of rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792)] // Journal of Applied Ichthyology. - June 2015. -. doi: 10.1111/jai.12807.
15. Турина Е.Л., Прахова Т.Я., Ефименко С.Г. Жирнокислотный состав сортов сафлора в зависимости от региона возделывания // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2023 - том 66, № 3 (393), с. 287-291. doi: 10.55186/25876740_2023_66_3_287
16. Руководство по методам исследования, теххимическому контролю и учёту производства в масложировой промышленности. / Под ред. В. П. Ржехина, А. Г. Сергеева. – Л.: ВНИИЖ, 1965. - т. I, кн. 2. - с. 1011.
17. Руководство по методам исследования, теххимическому контролю и учёту производства в масложировой промышленности. / Под ред. В. П. Ржехина, А. Г. Сергеева. – Л.: ВНИИЖ, 1965. - т. II. – с. 297-301.

STUDY OF FRACTIONAL COMPOSITION OF PROTEINS AND FATTY ACID PROFILES OF OILS OF SAFFLOWER SEEDS

¹Domoroshchenkova Maria Lvovna, Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Leading Researcher, Department of Vegetable Proteins and Biotechnology

²Demyanenko Tatyana Fedorovna, Ph.D. (Eng.), Leading Researcher, Department of Vegetable Proteins and Biotechnology

³Merkulova Margarita Ivanovna, Senior Researcher, Department of Fat Research

^{1,2,3}All-Russian Research Institute of Fats. ARRIF, St. Petersburg, Russia,
e-mail: ¹mdomor@mail.ru; ¹protein@vniig.org

The fractional composition of proteins and fatty acid composition of oil of 4 safflower seed samples were studied. The fractional composition of proteins was determined according to T. Osborne solubility scheme, the fatty acid composition of oils was studied by gas chromatography. The content of crude protein in the samples varied in the range from 17.98 % to 19.00 %, and the content of crude fat in the range from 25.82 % to 27.88 %. All analyzed safflower varieties were characterized by high protein solubility with a predominance of the salt-soluble fraction, and according to the fatty acid composition of triacylglycerols, they belong to linoleic type oils with a concentration of linoleic acid (C18:2) ranged from 66.6 % to 75.7 %.

ОЦЕНКА ПРЕБИОТИЧЕСКИХ И АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ КСИЛООЛИГОСАХАРИДОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ

¹Дышлюк Любовь Сергеевна, д-р техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

²Казимирченко Оксана Владимировна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры Института рыболовства и аквакультуры

³Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры пищевой биотехнологии

⁴Суняйкина Анжелика Валерьевна, аспирант кафедры пищевой биотехнологии

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹lyubov.dyshlyuk@klgtu.ru

*Для ксилоолигосахаридов, полученных из лигноцеллюлозного сырья методом ферментативного гидролиза, изучены пребиотические (по отношению к *Lactobacillus acidophilus*) и антиоксидантные (методами DPPH и ABTS) свойства. Показано, что пребиотической активностью характеризуются только образцы ксилоолигосахаридов, выделенных из шрота конопли технической (*Cannabis sativa*) и соломы. Незначительная пребиотическая активность отмечена для ксилоолигосахаридов, источником которых являлась оболочка сои. Антиоксидантная активность ксилоолигосахаридов составила 1,08-1,99 мкмоль экв тролокса/г (метод ABTS) и 1,09-1,46 мкмоль экв тролокса/г (метод DPPH). Наличие у изучаемых ксилоолигосахаридов биологической активности, позволяет рассматривать их в качестве перспективных кандидатов для создания БАД к пище.*

Введение

Стенки растительных клеток содержат значительное количество органического углерода и представляют собой обширный возобновляемый ресурс для устойчивого обеспечения потребностей человека в продовольствии и энергии. Обычно структурные полисахариды целлюлоза, гемицеллюлоза и пектин составляют основные компоненты клеточной стенки растений. Однако ксилан, как наиболее распространенный гемицеллюлозный полисахарид, привлек значительное внимание из-за его широкого распространения и значения в устойчивости клеточной стенки растений [1, 2]. Ксилан – распространенный нецеллюлозный полисахарид, присутствующий как в листовых породах, так и в однолетних растениях, и на его долю приходится 20–35 % общего сухого веса биомассы растений [3].

Ксилан и его производные, полученные из сельскохозяйственных отходов, имеют потенциальное применение во многих областях, таких как производство пребиотиков [4], биотоплива, покрытие органических материалов и модификация биопленки [5]. Новым пониманием извлечения ксилана является производство ксилоолигосахаридов (XOS) из лигноцеллюлозной биомассы с использованием микробных ксиланаз [6, 7].

Различные лигноцеллюлозные биомассы, такие как пшеничные отруби, кокосовая шелуха, рисовая шелуха, солома злаков, другая древесина твердых и мягких пород являются эффективными источниками для производства ксилоолигосахаридов. XOS доступны в виде белого порошка, который содержит от двух до десяти молекул ксилозы, связанных связями β 1–4 [8].

Производство XOS может быть достигнуто различными технологиями, такими как автогидролиз, химическая обработка, ферментативный или хемоферментативный гидролиз лигноцеллюлозных остатков. Ферментативный гидролиз более выгоден для производства высококачественных и фармацевтически важных XOS с низкой степенью полимеризации [8].

Олигосахариды, полученные под действием ксиланаз, часто используются в качестве функциональных пищевых добавок или альтернативных подсластителей с полезными свойствами [9, 10].

Эти олигосахариды проявляют пребиотические эффекты, избирательно стимулируя рост и функционирование полезных микроорганизмов в толстой кишке [11]. Пребиотики на основе олигосахаридов со временем привлекли большое внимание из-за их полезной роли в здоровом образе жизни. Также для ХОС описаны антиоксидантные эффекты.

Настоящее исследование направлено на изучение пребиотических и антиоксидантных свойств ксилоолигосахаридов, полученных ферментативным гидролизом из лигноцеллюлозного сырья Калининградской области.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования явились ксилоолигосахариды, полученные ферментативным гидролизом из лигноцеллюлозного сырья Калининградской области (таблица 1). В работе использовались ферменты, продуцируемые бактериальными штаммами, изолированными из лигноцеллюлозных отходов.

Таблица 1

Объекты исследования

Обозначение образца	Характеристика
XOS-1	Образец №1. Ксилоолигосахарид, выделенный из семян <i>Cannabis sativa subsp. sativa</i>
XOS-2	Образец №2. Ксилоолигосахарид, выделенный из оболочки сои тостированной (не ГМО)
XOS-3	Образец №3. Ксилоолигосахарид, выделенный из оболочки <i>Lupinus albus</i>
XOS-4	Образец №4. Ксилоолигосахарид, выделенный из шрота <i>Cannabis sativa subsp. sativa</i>
XOS-5	Образец №5. Ксилоолигосахарид, выделенный из оболочки сои не тостированной (не ГМО)
XOS-6	Образец №6. Ксилоолигосахарид, выделенный из соломы
XOS-7	Образец №7. Ксилоолигосахарид, выделенный из соломы

Для изучения пребиотических свойств ХОС использовали метод культивирования в присутствии аптечного тест-штамма лактобактерии. В качестве аптечного тест-штамма использовали культуру *Lactobacillus acidophilus* (аптечный препарат Аципол). Предварительно тест-культуру инкубировали трое суток на жидкой бифидум-среде (ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия). Далее в стерильную бифидум-среду объемом 5 мл вносили исследуемые образцы ксилоолигосахаридов объемом 100 мкл, в качестве контроля служила пробирка без внесения ХОС. В каждую пробирку вносили 100 мкл суспензии *L. acidophilus*. Суспензию культивировали при температуре 37 °С в инкубаторе СНОЛ (Россия) в течение 48 ч. Через каждые 24 ч на спектрофотометре ЮНИКО 1201 (Россия) с помощью оптической плотности при 600 нм оценивали мутность суспензий.

Для изучения антиоксидантной активности ксилоолигосахаридов применяли методы, основанные на взаимодействии антиоксидантов с радикалами – с радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH), 2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновой кислоты) (ABTS) [12].

Для изучения антиоксидантной активности образцов ХОС методом DPPH изучаемые образцы в количестве 20 мкл смешивали с 300 мкл свежеприготовленного 0,1 ммоль/л раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила. Аналогично смешивали стандарт (в качестве контроля). Смесь инкубировали в темноте при комнатной температуре в течение 30 мин. Уменьшение оптической плотности по сравнению с контролем, состоящим из 0,1 ммоль/л раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила, регистрировали при 515 нм.

Для изучения антиоксидантной активности методом ABTS предварительно готовили раствор ABTS-радикала. ABTS-радикал генерировали смешиванием аликвот 7,0 ммоль/л раствора ABTS и 2,45 ммоль/л раствора персульфата калия. Раствор выдерживали в течение 16 ч в темном месте при комнатной температуре. Для проведения реакции к 300 мкл подготовленного раствора катион-радикала ABTS^{•+} добавляли 20 мкл образцов ХОС или стандарта. Оптическую плотность измеряли при 734 нм после инкубации смеси в течение 15 мин при 37 °С в темноте. В качестве контрольной использовалась проба с ABTS-реактивом и соответствующим буфером. В качестве стандартного

раствора использовали растворы тролокса (6-гидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоновой кислоты) известной концентрации. Результаты анализов выражали в мкмоль эквивалентов тролокса на грамм фракции (ммоль экв. тролокса/г).

Результаты исследования

Согласно исследованиям многих авторов, ксилоолигосахариды являются привлекательными пребиотиками, в основном, благодаря бифидогенному эффекту [13]. Кроме того, некоторые исследования *in vitro* задокументировали, что ксилоолигосахариды продуцируют молочную кислоту и уксусную кислоту, которые способствуют росту штаммов бифидобактерий и лактобацилл и подавляют рост патогенных штаммов [14].

Пребиотик – это нежизнеспособный компонент пищи, который оказывает положительное влияние на здоровье хозяина, связанное с модуляцией микробиоты. В этом определении не делается акцент на конкретной группе бактерий, но предполагается, что пребиотик должен увеличивать количество и/или активность бифидобактерий и/или молочнокислых бактерий, поскольку эти группы микроорганизмов, как утверждается, оказывают ряд полезных эффектов. С точки зрения питания, ксилоолигосахариды обычно считаются неперевариваемыми олигосахаридами. За последние несколько лет их популярность как пищевых ингредиентов заметно возросла. В результате проведено несколько исследований с целью обнаружения новых ксилоолигосахаридов и разработки новых продуктов, содержащих эти соединения [15].

В настоящем исследовании оценивали мутность суспензий *L. acidophilus* (рисунок 1).



Рис. 1. Суспензия *L. acidophilus* для оценки пребиотических свойств: 1 – образец XOS-1; 2 – образец XOS-2; 3 – образец XOS-3; 4 – образец XOS-4; 5 – образец XOS-5; 6 – образец XOS-6; 7 – образец XOS-7; Контроль 1 – отрицательный контроль; Контроль 2 – положительный контроль (коммерческий пребиотик)

Таблица 2

Оптическая плотность суспензии *L. acidophilus* при длине волны 600 нм

Наименование пробы	Оптическая плотность при длине волны 600 нм	
	через 24 часа	через 48 часов
XOS-1	0,010±0,001	0,048±0,001
XOS-2	0,044±0,001	0,216±0,001
XOS-3	0,005±0,001	0,026±0,001
XOS-4	0,104±0,001	0,515±0,002
XOS-5	0,082±0,001	0,106±0,001
XOS-6	0,009±0,001	0,015±0,001
XOS-7	0,160±0,002	0,735±0,002
Контроль 1	0,006±0,001	0,061±0,001
Контроль 2	0,168±0,001	0,836±0,001

Примечание: Контроль 1 – отрицательный контроль; Контроль 2 – положительный контроль (коммерческий пребиотик)

Согласно данным, представленным в таблице 2, только два образца (XOS-4 и XOS-7) характеризуются наличием пребиотической активности, так как они стимулируют рост тест-штама *L. acidophilus*. Присутствие данных ксилоолигосахаридов увеличивает численность исследуемого тест-штамма. Так, в присутствии образца ксилоолигосахаридов XOS-4 оптическая плотность суспензии *L. acidophilus* после 24 ч культивирования составила 0,104 ед., а после 48 ч культивирования оптическая плотность достигла значения 0,515 ед. В присутствии образца XOS-7 также наблюдалось увеличение скорости роста тест-штама *L. acidophilus*. Так, по истечении 24 ч оптическая плотность суспензии тест-штама, к которой добавлен образец XOS-7, составила 0,160 ед., в то время как оптическая плотность отрицательного контроля (контроль 1) достигла за этот же период времени всего 0,006 ед. Доказано, что при культивировании в течение 48 ч тест-штама *L. acidophilus* в присутствии образца XOS-7 оптическая плотность увеличилась до значения 0,735 ед., что сопоставимо с положительным контролем (оптическая плотность составила 0,836 ед.).

Полученные результаты согласуются с эмпирическими данными других ученых. Анализы *in vitro*, проведенные Vazquez M.J., доказали способность ксилоолигосахаридов стимулировать рост кишечных бифидобактерий. Научной группой под руководством Vazquez M.J. выявлено, что *Bifidobacterium* spp. и *B. adolescentis* способны использовать как ксилобиозу, так и ксилотриозу, тогда как смесь, содержащая ксилобиозу в качестве основного компонента, использовалась *B. adolescentis*, *B. infantis* и *B. longum*. По сравнению с другими неперевариваемыми олигосахаридами *Bifidobacterium* spp. предпочитали ксилоолигомеры, раффинозу и фруктоолигомеры гексозам. Ксилоолигомеры были почти столь же эффективны, как раффиноза для усиления роста этих бактерий *in vitro* [16]. При исследовании бифидогенной активности ксилоолигосахаридов Sun Z. пришел к выводу, что все протестированные штаммы бифидобактерий (*B. breve* ATCC 15700, *B. bifidum* ATCC 29521 и *B. animalis subsp. lactis* HN019), выращенные в присутствии ксилоолигосахаридов, достигли более высокой биомассы, что указывает на эффективную ферментацию ксилоолигосахаридов [13].

Установлено, что такие образцы ксилоолигосахаридов, как XOS-1, XOS-3 и XOS-6, не обладали искомой биологической активностью. Значение оптической плотности суспензии тест-штама с их присутствием изменялось незначительно и соизмеримо со значениями отрицательного контроля (оптическая плотность суспензии без добавления образцов и пребиотика через 24 ч составила 0,006 ед., а через 48 ч – 0,061 ед.). Оптическая плотность суспензии тест-штама *L. acidophilus* в присутствии образцов XOS-1 и XOS-6 через 24 ч культивирования составила 0,010 ед. и 0,009 ед. соответственно, а через 48 ч увеличилась до 0,048 ед. и 0,015 ед., соответственно. Оптическая плотность суспензии тест-штама *L. acidophilus* в присутствии образца XOS-3 через 24 ч культивирования составила 0,005 ед., а через 48 ч увеличилась до 0,026 ед.

Подробный анализ эмпирических данных свидетельствует о том, что незначительной пребиотической активностью обладают образцы ксилоолигосахаридов XOS-2 и XOS-5. В процессе культивирования тест-штама *L. acidophilus* при температуре 37 °С в течение 48 ч в присутствии образца XOS-2 оптическая плотность суспензии составила 0,216 ед., тогда как оптическая плотность суспензии после 24 ч культивирования достигала всего 0,044 ед. Выявлено, что оптическая плотность суспензии тест-штама *L. acidophilus* в присутствии образца XOS-5 через 24 ч культивирования составила 0,82 ед., а через 48 ч увеличилась до 0,106 ед.

На основании эмпирических данных и результатов сопоставления их с ранее полученными показателями можно сделать вывод о том, что образцы XOS-1, XOS-3, XOS-4 и XOS-7 относятся к перспективным ксилоолигосахаридам, обладающим пребиотической активностью и имеющим практическое значение для пищевой и фармацевтической промышленности.

Также оценивали антиоксидантные свойства XOS. Результаты оценки антиоксидантной активности образцов ксилоолигосахаридов сведены в таблицу 3.

Результаты определения антиоксидантной активности XOS

Образец	Значение АОА, мкмоль экв тролокса/г	
	ABTS	DPPH
XOS-1	1,54±0,07	1,09±0,04
XOS-2	1,63±0,06	1,36±0,04
XOS-3	1,66±0,06	1,21±0,03
XOS-4	1,80±0,05	1,19±0,03
XOS-5	1,08±0,04	1,33±0,04
XOS-6	1,99±0,05	1,26±0,03
XOS-7	1,38±0,04	1,46±0,02

Экспериментальные данные позволили сделать вывод, что изучаемые образцы ксилоолигосахаридов обладают незначительной антиоксидантной активностью. Так, методом ABTS выявлено, что такие образцы ксилоолигосахаридов, как XOS-2 и XOS-3 характеризовались значением антиоксидантной активности 1,63 мкмоль экв тролокса/г и 1,66 мкмоль экв тролокса/г, соответственно. Доказано, что значение антиоксидантной активности по отношению к радикалу ABTS у образцов XOS-4, XOS-6 составило 1,80 мкмоль экв тролокса/г и 1,99 мкмоль экв тролокса/г, соответственно. Антиоксидантная активность ксилоолигосахаридов (образец XOS-1 и XOS-7) составила 1,54 мкмоль экв тролокса/г и 1,38 мкмоль экв тролокса/г, соответственно. Для образца XOS-5 антиоксидантная активность составила 1,08 мкмоль экв тролокса/г.

Методом DPPH выявлено, что значениями антиоксидантной активности 1,09 мкмоль экв тролокса/г, 1,21 мкмоль экв тролокса/г и 1,19 мкмоль экв тролокса/г характеризовались образцы XOS-1, XOS-3 и XOS-4, соответственно. Образец XOS-2 характеризовался значением антиоксидантной активности 1,36 мкмоль экв тролокса/г, образец XOS-5 – 1,33 мкмоль экв тролокса/г, а образец XOS-6 – 1,26 мкмоль экв тролокса/г. Отмечено, что для образца ксилоолигосахарида XOS-7 антиоксидантная активность составила 1,46 мкмоль экв тролокса/г.

Незначительное проявление антиоксидантной активности изучаемых образцов можно объяснить сложной структурой молекулы ксилоолигосахаридов. В частности, на антиоксидантные свойства может влиять наличие заместителей, степень полимеризации и длина самой молекулы [17]. Анализ первого осадка, полученного путем добавления одного объема этанола, показал, что он, в основном, содержал негидролизированный ксилан и проявлял очень низкую антиоксидантную активность. Второй осадок был получен путем последующего добавления еще двух объемов этанола. Он, в основном, содержал очень длинные ксилоолигомеры, которые показали высокую антиоксидантную активность. Примечательно, что эта фракция ксилоолигосахаридов показала значительно более высокую антиоксидантную активность, чем супернатант, который соответствует очищенной фракции ксилоолигосахаридов [17].

Заключение

Проведена оценка пребиотических и антиоксидантных свойств ксилоолигосахаридов, выделенных из лигноцеллюлозного сырья: семян и шрота конопли, оболочек сои, оболочек люпина, соломы. Установлено, что только два образца ксилоолигосахаридов (XOS-4 – из шрота конопли и XOS-7 – из соломы) характеризуются наличием пребиотической активности, так как они стимулируют рост тест-штама *L. acidophilus*. Доказано, что образцы XOS-2 (из оболочки сои тостированной) и XOS-5 (из оболочки сои не тостированной) обладают незначительной пребиотической активностью. Образцы ксилоолигосахаридов XOS-1 (из семян конопли), XOS-3 (из оболочки люпина) и XOS-6 (из соломы) не проявляют искомую биологическую активность.

Показано, что изучаемые образцы ксилоолигосахаридов обладают незначительной антиоксидантной активностью. Антиоксидантная активность ксилоолигосахаридов составила 1,08-1,99 мкмоль экв тролокса/г (метод ABTS) и 1,09-1,46 мкмоль экв тролокса/г (метод DPPH).

Ксилоолигосахариды, проявившие биологическую активность, являются перспективными кандидатами для создания БАД к пище.

Статья выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ, соглашение № 23-26-00091.

Список литературы

1. Caffall K.H., Mohnen, D. The structure, function, and biosynthesis of plant cell wall pectic polysaccharides. *Carbohydrate research*. 2009. 344(14): 1879-1900.
2. Ju X., Engelhard M., Zhang X. An advanced understanding of the specific effects of xylan and surface lignin contents on enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*. 2013. 132: 137-145.
3. Kamble R.D., Jadhav A.R. Isolation, purification, and characterization of xylanase produced by a new species of *Bacillus* in solid-state fermentation. *International Journal of Microbiology*. 2012: 683193.
4. Palaniappan A., Antony U., Emmambux M.N. Current status of xylooligosaccharides: production, characterization, health benefits and food application. *Trends Food Sci Technol*. 2021. 111: 506–519.
5. Suhartini S., Rohma N.A., Mardawati E., Hidayat N., Melville L. Biorefining of oil palm empty fruit bunches for bioethanol and xylitol production in Indonesia: a review. *Renew Sustain Energy Rev*. 2022. 154: 111817.
6. Nagar S., Mittal A., Kumar D., Gupta V.K. Production of alkali tolerant cellulase free xylanase in high levels by *Bacillus pumilus* SV-205. *Int J Biol Macromol*. 2012. 50: 414–420.
7. Singh R.D., Banerjee J., Sasmal S., Muir J., Arora A. High xylan recovery using two stage alkali pre-treatment process from high lignin biomass and its valorisation to xylooligosaccharides of low degree of polymerisation. *Biores Technol*. 2018. 256: 110–117.
8. Kumari K., Nagar S., Goyal S. et al. Production, characterization and prebiotic potential of xylooligosaccharides produced from wheat bran using *Enterobacter hormaechei* KS1 xylanase. *Indian J Microbiol*. 2023. 63: 352–360.
9. Jaichakan P., Nakphaichit M., Rungchang S., Weerawatankorn M., Phongthai S., Klangpetch W. Two-stage processing for xylooligosaccharide recovery from rice by-products and evaluation of products: promotion of lactic acid-producing bacterial growth and food application in a high-pressure process. *Food Res Int*. 2021. 147: 110529.
10. Nsofor C.B., Anarado C.J.O., Okafor N.P., Ejimofor N.U., Obumselu O.F., Chukwubueze F.M., Anarado C.E. Production, properties and applications of xylooligosaccharides (XOS): a review. *Asian J Appl Chem Res*. 2022. 12: 1–10.
11. Carvalho E.A., dos Santos Góes L.M., Uetanabaro A.P.T, da Silva E.G.P., Rodrigues L.B., Pirovani C.P., da Costa A.M. Thermoresistant xylanases from *Trichoderma stromaticum*: Application in bread making and manufacturing xylo-oligosaccharides. *Food Chem*. 2017. 221: 1499–1506.
12. Kallel F., Driss D., Chaabouni S.E., Ghorbel R. Biological activities of xylooligosaccharides generated from garlic straw xylan by purified xylanase from *Bacillus mojavensis* UEB-FK. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2015. 175: 950-964.
13. Sun Z., Yue Z., Liu E., Li X., Li C. Assessment of the bifidogenic and antibacterial activities of xylooligosaccharide. *Frontiers in Nutrition*. 2022. 9: 858949.
14. Dotsenko G., Meyer A.S., Canibe N., Thygesen A., Nielsen M.K., Lange L. Enzymatic production of wheat and ryegrass derived xylooligosaccharides and evaluation of their *in vitro* effect on pig gut microbiota. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2018. 8: 497-507.
15. Falck P., Precha-Atsawan S., Grey C., Immerzeel P., Stålbrand H., Adlercreutz P., Nordberg Karlsson E. Xylooligosaccharides from hardwood and cereal xylans produced by a thermostable xylanase as carbon sources for *Lactobacillus brevis* and *Bifidobacterium adolescentis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. 61(30): 7333-7340.
16. Vazquez M.J., Alonso J.L., Dominguez H., Parajo, J.C. Xylooligosaccharides: manufacture and applications. *Trends in Food Science & Technology*. 2000. 11(11): 387-393.
17. Valls C., Pastor F.J., Vidal T., Roncero M.B., Diaz, P., Martinez, J., Valenzuela S.V. Antioxidant activity of xylooligosaccharides produced from glucuronoxylan by Xyn10A and Xyn30D xylanases and eucalyptus autohydrolysates. *Carbohydrate polymers*. 2018. 194: 43-50.

EVALUATION OF PREBIOTIC AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF XYLOOLIGOSACCHARIDES ISOLATED FROM LIGNOCELLULOSIC RAW MATERIALS

¹Dyshlyuk Lyubov Sergeevna, Doctor of Technical Sciences, Associate professor,
Leading Researcher, Research and Development Department

²Kazimirchenko Oksana Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

³Agafonova Svetlana Viktorovna, Candidate of Technical Sciences, Associate professor,
Associate Professor of the Department of Food Biotechnology

⁴Sunyaykina Anzhelika Valer'evna, postgraduate student
of the Department of Food Biotechnology

^{1,2,3,4}Kaliningrad State Technical University,
Kaliningrad, Russia, e-mail: ¹lyubov.dyshlyuk@klgtu.ru

*The prebiotic (in relation to *Lactobacillus acidophilus*) and antioxidant (DPPH and ABTS methods) properties of xylooligosaccharides obtained from lignocellulosic raw materials by enzymatic hydrolysis were studied. It was shown that prebiotic activity was characteristic only of xylooligosaccharide samples isolated from industrial hemp (*Cannabis sativa*) meal and straw. Insignificant prebiotic activity was noted for xylooligosaccharides obtained from soybean husk. The antioxidant activity of xylooligosaccharides was 1.08-1.99 $\mu\text{mol trolox equiv/g}$ (ABTS method) and 1.09-1.46 $\mu\text{mol trolox equiv/g}$ (DPPH method). The presence of biological activity in the studied xylooligosaccharides allows us to consider them as promising candidates for the creation of dietary supplements.*

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ

¹Ершова Татьяна Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой

²Ли Наталья Гаврошевна, канд. техн. наук, зав. лабораторией

³Лях Владимир Алексеевич, канд. техн. наук, декан факультета

¹ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Базовая кафедра пищевой и клеточной инженерии факультета агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Владивосток, Россия, e-mail: ershova.ta@dvfu.ru

²ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Молодежная научно-исследовательская лаборатория лечебного, функционального и спортивного питания факультета агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» Владивосток, Россия, e-mail: li.ng@dvfu.ru

³ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», факультет агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Владивосток, Россия, e-mail: lyah.va@dvfu.ru

Биотехнологические подходы в части разработки новых продуктов питания и использования биотехнологических методов позволяют оптимизировать процессы формирования персонализированных рационов питания с целью нутритивной поддержки спортсменов для восстановления физического и психоэмоционального статусов после тренировочного и соревновательного периодов. Целью работы явился микробиомный анализ у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта. Сделан задел для проведения эксперимента в части создания персонализированных продуктов спортивного питания.

Спортивная деятельность, нацеленная на продуктивный результат, требует от организма человека максимального использования его ресурсов, что несомненно сказывается на состоянии здоровья и качестве жизни. Одним из ключевых пунктов поддержки и восстановления физического и психоэмоционального статуса спортсмена является нутритивная поддержка. Правильно подобранные рационы и режимы питания позволяют создать условия для максимальной физической работоспособности, введение в состав рационов биологически активных веществ и минорных компонентов пищи (как самостоятельно, так и в составе продуктов питания) позволяют повысить устойчивость организма к стрессовым и другим неблагоприятным факторам [1, 2].

Большинство работ, посвященных проблемам питания спортсменов, рассматривает узкие аспекты, касающиеся калорийности рационов, белковому составу продуктов, соотношению отдельных компонентов, а вопросы, касающиеся индивидуальных потребностей спортсмена, нормализации состояния пищеварительной системы, периодов нутритивной поддержки (предсоревновательный период, соревновательный период, период восстановления), видов спорта и других важных факторов практически не рассматривается [3].

Специализированные продукты питания в спорте являются успешным направлением развития, так как традиционные пищевые продукты не всегда могут восполнить потребности организма спортсмена в тех или иных микро- и макронутриентах. Специализированные продукты питания позволяют целенаправленно воздействовать на организм в различные периоды. Современное состояние пищевой промышленности и научные достижения в области разработки пищевых и функциональных добавок, а также принципы пищевой комбинаторики и достижения в области спортивной

нутрициологии позволяют подобрать необходимые рационы питания и специализированные продукты, но также без учета вопросов персонализации питания спортсмена [4].

Динамично развивающимся направлением в области питания спортсменов является использование биотехнологий. Биотехнологии в спортивном питании применяются для разработки белковых продуктов (агробиотехнологии для получения генетически модифицированных культур с высоким содержанием белка и улучшенным аминокислотным профилем, биотехнологии в получении альтернативных источников белка, использование ферментации для улучшения содержания белка и др.), разработки углеводных продуктов (получение модифицированных крахмалов для увеличения периода высвобождения энергии, получение пребиотиков для улучшения питания микрофлоры желудочно-кишечного тракта, получения функциональных углеводов), разработки жировых продуктов (создание жиров с пониженной калорийностью или с более высоким содержанием полезных жирных кислот), разработки витаминно-минеральных комплексов (повышенное содержание витаминов и минералов в продуктах путем генетической модификации растений, создание витаминно-минеральных комплексов с улучшенной биодоступностью и усвоением за счет методов микрокапсулирования) [5, 6]. Одним из наиболее перспективных направлений биотехнологий, находящимся во фронтире науки о питании, является развитие персонализированного спортивного питания: использование генетических тестов для анализа ДНК спортсмена, с целью разработки индивидуальных программ питания; микробиомный анализ по изучению микрофлоры кишечника спортсмена для дальнейшего подбора продуктов, которые будут способствовать ее балансу и оптимизировать пищеварение [7, 8].

Одним из современных подходов к изучению кишечного микробиома человека является высокопроизводительное секвенирование метагеномной ДНК, выделенной из образцов кала. Данный метод позволяет получить полное представление о совокупности и разнообразии микроорганизмов толстой кишки, предсказать их функциональный профиль и связь с патологическим процессом [9-16]. Изучение состава микробиома кишечника представляет комплексное исследование, ключевыми этапами которого являются подготовка исследуемого образца (от момента сбора биологического материала до приготовления стандартизированной ампликонной библиотеки), секвенирование библиотеки ДНК и обработка полученных данных. Стоит учитывать существование различных стратегий пробоподготовки в зависимости от платформы и технологии секвенирования [17]. Кроме того, возможно использование разных алгоритмов обработки результатов ампликонного секвенирования [18]. Основными критериями, определяющими их выбор, являются сложность (предполагаемое видовое разнообразие) образца и квалификация специалиста, проводящего исследование.

Для возможности получения воспроизводимых результатов микробиомных исследований и проведения сравнительного анализа состояния микробиоты кишечника у различных людей требуется разработка нормативно-технической документации, регламентирующей выполнение каждого этапа эксперимента.

Учитывая вышеизложенное, на базе Дальневосточного федерального университета (г. Владивосток) по инициативе Дальневосточной государственной академии физической культуры (г. Хабаровск) был инициирован научный проект по разработке рационов персонализированного питания для спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта.

Целью научного исследования является разработка рационов персонализированного питания, оптимизированных для удовлетворения индивидуальных потребностей спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, с целью повышения их спортивной результативности, ускорения восстановления после тренировок и улучшения общего состояния здоровья.

В качестве контрольной и опытной группы были определены смешанные группы атлетических бегунов и лыжных гонщиков для определения дефицитов питательных веществ у спортсменов с учетом их физических и психофизиологических затрат.

В рамках проведения эксперимента был определен ряд критериев и методик для оценки статуса спортсменов по решению задач специализированного спортивного питания и контроля его адекватности:

1. Соматометрические критерии (определение массы тела, оценка состояния питательного статуса по показателю индекса массы тела);
2. Оценка состава массы тела инструментальными методами (оценка антропометрических показателей, определение резервного жира по методу Durnin-Womersley);

3. Оценка композиционного состава тела методом биоимпендансметрии;
4. Оценка энерготрат при физической нагрузке методом непрямой калориметрии с помощью метабологафа;
5. Лабораторные исследования биохимических критериев оценки состояния питания (общий белок крови, альбумин крови, глюкоза крови, гликированный гемоглобин, абсолютное число лимфоцитов, общий холестерин, калий крови, натрий крови, креатинин суточной мочи, мочевины суточной мочи, трансферрин крови, лактат крови, триглицериды крови, магний, кальций, фосфор, железо крови, креатинино-ростовой индекс);
6. Исследование психофизической подготовленности методом variability сердечного ритма;
7. Исследование скоростной выносливости: бег на 100 метров;
8. Микробиомный анализ по изучению микрофлоры кишечника спортсменов контрольной и опытной групп.

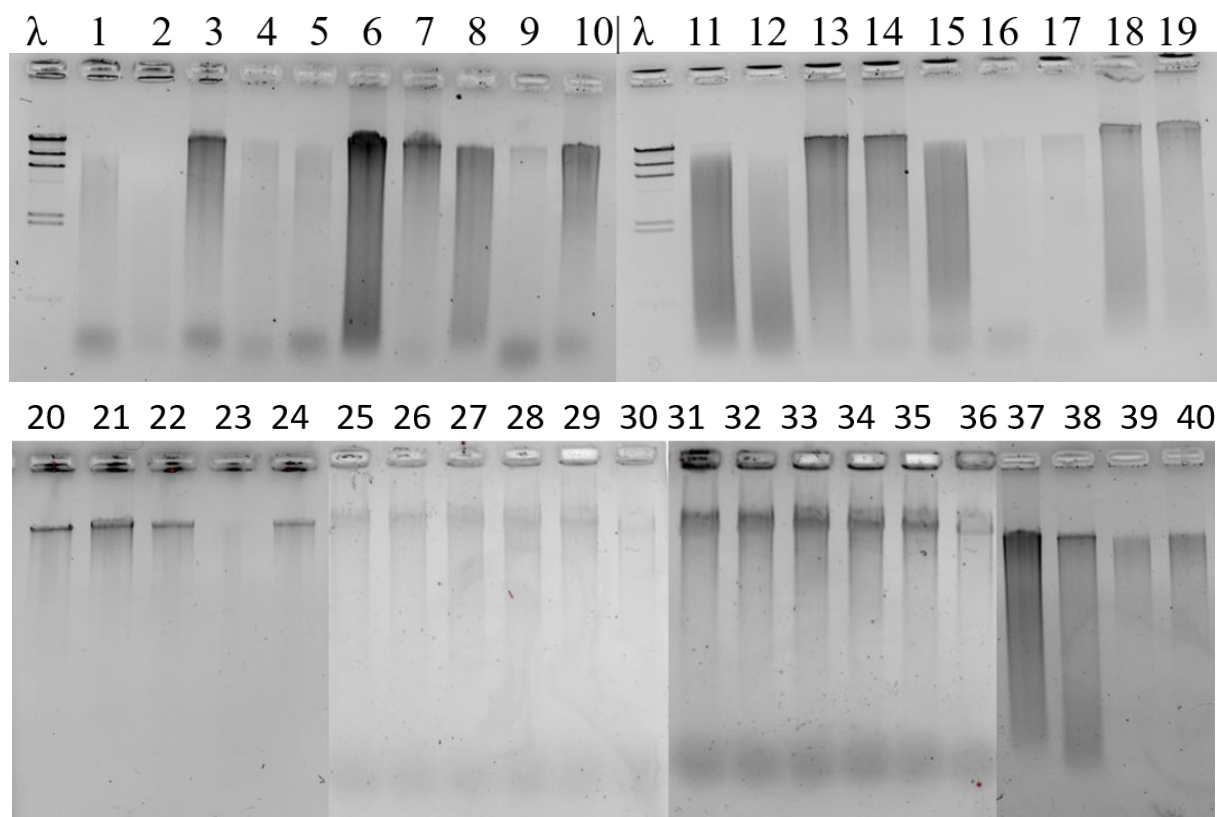
Принимая во внимание востребованность персонализации питания спортсменов, одним из ключевых методов проведения исследований был выбран микробиомный анализ. В рамках совместной работы с ФГБУН Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН были запланированы исследования по микробиому анализу у 40 человек контрольной и опытной групп спортсменов с целью дальнейшей корректировки питания опытной группы спортсменов.

Предварительно было разработано пять стандартных операционных процедур (СОПов), регламентирующих проведение экспериментальных исследований для изучения микробиома толстого кишечника человека: СОП-М01 «Сбор и хранение образцов кала человека для исследования кишечного микробиома»; СОП-М02 «Выделение геномной ДНК для исследования микробиома кишечника человека»; СОП-М03 «Приготовление ампликонных библиотек для секвенирования кишечного микробиома на платформе Illumina»; СОП-М04 «Секвенирование ампликонных библиотек на MiSeq Illumina»; СОП-М05 «Биоинформатический анализ микробиома». Проведена верификация разработанных протоколов на образцах кала. Выполнена пробоподготовка, включающая выделение суммарной ДНК и приготовление ампликонных библиотек гена 16S рРНК, высокопроизводительное секвенирование на платформе MiSeq Illumina и биоинформатический анализ данных в соответствии с СОПами М01-М05.

С целью анализа состава кишечной микробиоты от каждого испытуемого контрольной и опытной группы был получен образец кала. Подготовка к исследованию микробиоты их толстого кишечника, а также сбор и транспортировка биологического материала осуществлялись строго в соответствии с инструкцией, представленной в СОП-М01 «Сбор и хранение образцов кала человека для исследования кишечного микробиома». Пробы кала были получены в результате естественного акта дефекации, без использования клизм и ректальных свечей. В течение 14 дней до исследования был исключен прием слабительных и антибактериальных препаратов. Забор образцов кала осуществлялся в универсальные пластиковые стерильные контейнеры с завинчивающейся крышкой и шпателем. Хранение и транспортировка биологического материала осуществлялись при температуре +4-+8°C. Каждый контейнер был промаркирован и сопровождается информацией о пациенте виде лабораторного номера и даты сбора. Для более длительного хранения образцы кала были заморожены при температуре -20 °С. В срок не позднее 2 недель после забора биологического материала было выполнено проведение следующего этапа микробиомного исследования «выделение суммарной ДНК».

На этапе микробиомного исследования толстого кишечника из 40 образцов кала была выделена геномная ДНК с использованием коммерческого набора FastDNA Spin Kit for soil (MP Biomedicals, США) согласно обновленной СОП-М02 «Выделение геномной ДНК для исследования микробиома кишечника человека».

Визуализацию и полуколичественный анализ геномной ДНК проводили при помощи метода гель-электрофореза в 1% агарозном геле, используя ДНК фага λ известной концентрации в качестве контроля (рис. 1).



ДНК фага λ (50 нг); 1-40 – номера исследуемых образцов

Рис. 1. Электрофорез геномной ДНК, выделенной из образцов кала

Концентрация генетического материала была определена спектрофотометрически на наноспектрофотометре (Implen, США) и составила от 2,5 до 63,3 нг/мкл. Отношение поглощения при длинах волн 260 нм и 280 нм (ОП260/280) для всех образцов ДНК составило более 1,70, что свидетельствовало о высокой чистоте геномных ДНК.

Исследование состава микробиоты толстого кишечника проводили методом высокопроизводительного секвенирования ампликонных библиотек 16S рДНК.

Наработку ампликонов V3-V4-регионов 16S рДНК проводили методом ПЦР с использованием универсальных праймеров, содержащих последовательности, комплементарные адаптерам Nextera XT, Illumina (таблица 34 в соответствии с СОП-М03 «Приготовление ампликонных библиотек для секвенирования кишечного микробиома на платформе Illumina»). Для получения ампликонов были использованы образцы суммарной ДНК, выделенные из образцов кала исследуемой группы пациентов.

Далее была проведена оптимизация условий амплификации, включающая подбор температуры отжига и количества матрицы. В результате оптимизации были получены ампликоны, удовлетворяющие требованиям для приготовления библиотек.

Таким образом, на основании протоколов, представленных в СОП-М03, были подготовлены 40 ампликонных библиотек из образцов кала, которые далее были использованы для секвенирования на платформе MiSeq (Illumina).

Для анализа состава микробиоты толстого кишечника у пациентов обеих групп было выполнено секвенирование библиотек V3-V4 гена 16S рДНК на платформе MiSeq Illumina в соответствии с СОП-М04 «Секвенирование ампликонных библиотек на MiSeq Illumina». Для загрузки в прибор библиотеки были денатурированы, разведены до концентрации 12 пМ и смешаны в один пул в эквимолярном соотношении. Секвенирование пула ампликонов проводили с использованием картриджа 2x300 V3, позволяющего производить прямые и обратные прочтения длиной 300 нуклеотидов.

Анализ альфа-разнообразия, характеризующего микробные сообщества, показал, что после проведения тримминга каждый из образцов вышел на плато или приблизился к нему, что свидетельствует о достаточном количестве прочтений на образец.

По полученным данным был проведен таксонометрический анализ состава образцов контрольной и опытной групп спортсменов для проведения дальнейших исследований в части корректировки рационов питания спортсменов, определения индивидуальных потребностей в нутритивной поддержке каждого спортсмена опытной группы.

Таким образом, биотехнологии играют все более важную роль в разработке продуктов для спортивного питания в части персонализированных рационов питания. Биотехнологические методы оценки открывают новые возможности для создания продуктов и рационов, оптимизированных под индивидуальные особенности спортсмена для повышения спортивной производительности и восстановления после тренировочного и соревновательного периодов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект №FZNS-2022-0012).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A practical guide to amplicon and metagenomic analysis of microbiome data / Liu YX., Qin Y., Chen T. et al. // *Protein Cell*. – 2021. Т 12. – Р. 315–330.
2. Использование метода комплексной антропометрии в спортивной и клинической практике для оценки физического развития и пищевого статуса человека / В.А. Тутельян, Д.Б. Никитюк, С.В. Ключкова, Н.Т. Алексеева, И.В. Погонченкова, М.А. Рассулова и др.. – М.: Спорт, 2018. – 63 с.
3. Маргазин, В.А. Стрессовая реакция при физических нагрузках, ось кишка-мозг, кишечная микробиота у спортсменов: обзор литературы / Маргазин В.А., Гансбургский М.А., Коромыслов А.В. // *Пациентоориентированная медицина и фармация*. – 2023. – № 1(2). – С. 36–44.
4. Нормативная база в области спортивной нутрициологии у взрослых в Российской Федерации (обзор литературы) / И.В. Кобелькова, Д.Б. Никитюк, Р.М. Раджабкадиев, К.В. Выборная, С.В. Лавриненко, М.М. Семёнов // *Клиническое питание и метаболизм*. – 2020. – № 1(3). – С. 144–152.
5. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство. Под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. – 2-е изд. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 1008 с.
6. Особенности подготовки библиотек для метагеномного секвенирования образцов на платформе Illumina / А.Ю. Красненко, А.Ю. Елисеев, Д.И. Борисевич и др. // *Вестник Российского государственного медицинского университета*. – 2017. – № 2. – С. 30-36.
7. Оценка фактического питания и пищевого статуса спортсменов циклических видов спорта / Э.Э. Кешабянц, Н.Н. Денисова, А.В. Погожева, А.Н. Мартинчик // *Спортивная медицина: наука и практика*. – 2019. – № 9(2). – С. 39-45.
8. Прикладные аспекты питания спортсменов. / А.В. Тутельян, Д.Б. Никитюк, А.В. Погожева, Г.А. Макарова. – М.: Спорт, 2024. – 336 с.
9. Antoine A., Fatima D., Natacha H. The Influence of the Gut Microbiome on Obesity in Adults and the Role of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics for Weight Loss // *Preventive Nutrition and Food Science*. Sep. 25(2). - 2020. - С. 113-123.
10. Asnicar F., Berry S.E., Valdes A.M. et al. Microbiome connections with host metabolism and habitual diet from 1,098 deeply phenotyped individuals // *Nat Med* Sep. 27. - 2021. - С. 321–332. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-01183-8>.
11. Behnke, A.R. The specific gravity of healthy men. Body weight divided by volume as an index of obesity / A.R. Behnke, B.G. Feen, W.C. Welham // *Obes. Res.* – 1995. – Vol. 3. – N3. – P. 295–300.
12. Berglund E.C., Kiialainen A., Syvänen A.C. Next-generation sequencing technologies and applications for human genetic history and forensics // *Investig Genet*. Sep. 2:23. – 2011. doi:10.1186/2041-2223-2-23.
13. Blaxter M., Mann J., Chapman T. et al. Defining operational taxonomic units using DNA barcode data // *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. Sep.360(1462). – 2005. – С. 1935-1943. doi:10.1098/rstb.2005.1725.
14. Bosity-Westphal A. Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index / Bosity-Westphal A., Danielzik S., Dorhofer R.-P. et al. // *J. Parenter. Enteral. Nutr.* – 2006. – Vol. 30. – P. 309–316.
15. Bounous, G. Whey Proteins as a Food Supplement in HIV Seropositive Individuals / G. Bounous, S. Barauchel, et al. // *Clinical and Investigative Medicine*. – 1992. – Vol. 16(3). – P. 204-209.

16. Brozek, J. Body composition / J. Brozek, A.R. Behnke, W.E. Abbott et al. // Ann. N.Y. Acad. Sci. – 1963. – Vol. 110. – Pt. 1, 2.

17. Brozek, J. Techniques of measuring body composition. / J. Brozek, A. Henschel // Wash. (D.C.): National Academy of Sciences, National Research Council – 1961.

18. Bucher, H.C. Guyatt GH, Griffith LE, Walter SD Результаты прямых и косвенных сравнений лечения в метаанализе рандомизированных контролируемых исследований / H.C. Bucher, G.H. Guyatt, L.E. Griffith, S.D. Walter // Журнал клинической эпидемиологии. – 1997. – Т. 50 (6). – С. 683–691.

ON THE ISSUE OF APPLICATION OF BIOTECHNOLOGY IN THE FIELD OF DEVELOPMENT OF PRODUCTS FOR PERSONALIZED SPORTS NUTRITION

¹Ershova Tatyana Anatolyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department

²Li Natalya Gavroshevna, Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory

³Lyakh Vladimir Alekseevich, Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty

¹Far Eastern Federal University, Basic Department of Food and Cell Engineering, Faculty of Agro-Food Biotechnology and Food Engineering, Advanced Engineering School, Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems, Vladivostok, Russia, e-mail: ershova.ta@dvfu.ru

²Far Eastern Federal University, Youth Research Laboratory of Therapeutic, Functional and Sports Nutrition, Faculty of Agro-Food Biotechnology and Food Engineering, Advanced Engineering School, Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems, Vladivostok, Russia, e-mail: li.ng@dvfu.ru

³Far Eastern Federal University, Faculty of Agro-Food Biotechnology and Food Engineering, Advanced Engineering School, Institute of biotechnology, bioengineering and food systems", Vladivostok, Russia, e-mail: lyah.va@dvfu.ru

Biotechnological approaches to the development of new food products and the use of biotechnological methods allow optimizing the processes of forming personalized diets for the purpose of nutritional support of athletes to restore physical and psycho-emotional status after training and competitive periods. The purpose of the work was microbiome analysis of athletes involved in cyclic sports. The groundwork has been laid for conducting an experiment in terms of creating personalized sports nutrition products.

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ УГЛЕВОДНО-БЕЛКОВОГО БАТОНЧИКА ДЛЯ ПИТАНИЯ СПОРТСМЕНОВ

¹Казакова Виктория Сергеевна, аспирант кафедры пищевой биотехнологии

²Землякова Евгения Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: ¹viktoriya.kazakova@klgtu.ru; ²evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

*Посвящено исследованию углеводно-белкового батончика для питания спортсменов на соответствие требованиям безопасности. Определено содержание токсичных элементов, пестицидов, радионуклидов, микотоксинов. Установлены показатели микробиологической безопасности. Проведена оценка биологической безопасности с использованием тест-объектов инфузорий *Tetrahymena pyriformis*.*

Рыбная промышленность составляет фундамент экономической структуры Калининградского региона. Более 10 крупных предприятий занимаются выловом различных водных биоресурсов, и более 25 перерабатывают рыбное сырье. В ходе переработки, ежедневно скапливается 10–12 тонн вторичного рыбного сырья, которое является ценным источником белка, незаменимых аминокислот, жиров, ферментов и тд [1]. Предложен способ переработки вторичного рыбного сырья, а именно кожи рыб, с получением протеиновой добавки (ПД) и белково-минеральной добавки (БМД) [2]. Данные добавки целесообразно использовать для повышения пищевой ценности пищевых продуктов.

В настоящее время повседневные продукты питания не позволяют полностью обеспечить организм человека всеми необходимыми нутриентами для поддержания его жизнедеятельности. Добавление специализированных продуктов питания в рацион является одним из наиболее действенных способов коррекции дефицитов. Сбалансированное питание является особенно важным для таких групп населения, как спортсмены. Грамотное питание - это не просто удовлетворение голода и дефицитов, это стратегия, которая позволяет спортсмену достичь пика своих возможностей. Построение рациона, учитывающего индивидуальные потребности и особенности тренировочного процесса, задача, требующая системного подхода. В зависимости от этапа подготовки (подготовка к соревнованиям, соревновательный период, восстановительный период), меняются потребности в отдельных компонентах пищи [3].

Батончики становятся всё более популярными перекусами среди людей разного возраста, различной трудовой деятельности и физической активности. Однако традиционный состав батончиков часто состоит преимущественно из углеводов (простых сахаров), с высоким содержанием жира, низким содержанием сложных углеводов и белков. Для создания сбалансированного продукта, с высокими органолептическими показателями, предлагается в рецептуру вводить полученные из местного сырья ПД и БМД. В качестве источника углеводов основа батончика будет состоять из хлопьев овсяной крупы. В качестве источника клетчатки предлагается вносить продукт переработки яблок – яблочный жмых. Предложена технология получения углеводно-белкового батончика [4]. Разработанный продукт сбалансирован по аминокислотному составу и может быть рекомендован для применения в питании спортсменов.

Стратегическая задача Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации состоит в обеспечении населения качественными продуктами питания [5]. В контексте данной стратегической задачи государство гарантирует высокие стандарты качества и безопасности продуктов. При разработке нового пищевого продукта крайне важно удостовериться в его безопасности.

Проверка качества продуктов питания в настоящее время на территории РФ осуществляется в соответствии с ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Данный документ является основой при осуществлении мероприятий государственного надзора за безопасностью пищевых продуктов.

Контроль содержания патогенных и непатогенных микроорганизмов, а так же вырабатываемых ими токсинов, определяет безопасность продукции. Химические примеси должны не превышать допустимых значений по содержанию: солей тяжелых металлов, дезинфицирующих веществ, пестицидов, антибиотиков, радионуклидов.

Исследования углеводно-белкового батончика проводили, изучая содержание пестицидов, токсичных элементов, радионуклеотидов, микотоксина.

Проводили определение содержания: мышьяка инверсионно-вольтамперометрическим методом (ГОСТ 31628-2012), определение ртути (ГОСТ 26927-86), токсичных элементов инверсионно-вольтамперометрическим методом (ГОСТ Р 51301-99), микотоксинов (ГОСТ 30711-2001). Полученные значения должны попадать в диапазон допустимых значений в соответствии с техническим регламентом Таможенного союза.

Таблица 1

Показатели безопасности

Показатель		Результат	Допустимый уровень содержания, не более
Токсичные элементы, мг/кг	свинец	соответствует	0,2
	мышьяк	соответствует	0,1
	кадмий	соответствует	0,2
	ртуть	соответствует	0,03
Радионуклиды, бк/кг	стронций-90	соответствует	100
	цезий-137	соответствует	200
Пестициды, мг/кг	ГХЦГ (α -, β -, γ -изомеры)	соответствует	0,2
	ДДТ и его метаболиты	соответствует	0,02
	ртутьорганические пестициды	не обнаружено	не допускается
Микотоксины	афлатоксин В ₁	соответствует	0,005

Результаты испытаний, представленные в таблице 1, демонстрируют соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Проведен контроль безопасности по микробиологическим показателям. При исследовании углеводно-белкового изделия нормируются: плесени, дрожжи, бактерии группы кишечной палочки, золотистый стафилококк. Отбор проб для проведения микробиологических исследований выполнялся по ГОСТ 32751-2014. Бактерии рода *Salmonella* выявляли по ГОСТ 31659-2012.

Таблица 2

Показатели микробиологической безопасности

Показатель	Результат	Допустимое количество микроорганизмов или масса продукта, в которой не допускаются микроорганизмы
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	соответствует	1×10^4
БГКП, г	соответствует	0,1
Патогенные, в т.ч. <i>Salmonella</i> , г	соответствует	25
Плесени и дрожжи, не более	соответствует	100

Результаты испытаний, представленные в таблице 2, демонстрируют соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Оценку биологической безопасности проводили с использованием тест-объектов инфузорий *Tetrahymena pyriformis*. Применение тест-организмов позволяет провести анализ быстро и относительно просто. Высокая чувствительность к токсическим веществам и наглядность в проявлении токсического

эффекта способствует точности воспроизведения результата исследования. Экономическая доступность инфузорий один из главных факторов их частого применения при определении безопасности.

Tetrahymena pyriformis относится к классу простейших. Является реснитчатой инфузорией и занимает промежуточный уровень между микробами и животными по своим генетическим особенностям. Ее отличительная черта заключается в питании путем частичного всасывания пищи через свои мембраны. Пища, введенная в жидкую среду, после заглатывания и переваривания воздействует на инфузорию не только изнутри, но и снаружи [6].

Угнетение процессов жизнедеятельности *Tetrahymena pyriformis* демонстрирует проявление токсического эффекта. Наличие измененных форм, гибель инфузорий, характер движений, мертвые клетки свидетельствуют об отрицательном воздействии продукта на организм [7].

Для оценки токсического влияния контроль роста и размножения клеток осуществляется ежедневно. В «раздавленной капле» под микроскопом оценивали движение, размеры, морфологические характеристики. Сравнивали контрольные и опытные образцы. В качестве опытного образца выступала подготовленная средняя проба углеводно-белкового батончика. В качестве контроля был выбран батончик популярной марки *Wombbar* (подобранный по наибольшей схожести ингредиентов в составе рецептуры).

Определяли токсичность подготовленных проб. Пробирки в 3ех параллелях: 2 мл углеводно-солевой дрожжевой среды + опытный образец + 0,2 мл 3 сут культуры инфузорий *Tetrahymena pyriformis*. Контроль в 3ех параллелях: 2 мл углеводно-солевой дрожжевой среды + контрольный образец + 0,2 мл 3 сут культуры инфузорий *Tetrahymena pyriformis*. После подготовки пробирки выдерживают сутки в защищенном от прямых солнечных лучей месте при температуре от 20 до 25⁰ С. Жизнеспособность микроорганизмов оценивают на предметном стекле под микроскопом. Рост клеток представлен на рисунке 1 и рисунке 2.



Рис. 1. *Tetrahymena pyriformis* на опытном образце

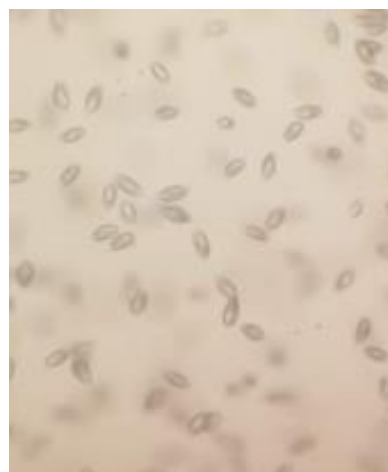


Рис. 2. *Tetrahymena pyriformis* на контрольном образце

При просмотре всего объема капли угнетение роста и подвижности клеток не выявлено. Клетки, наблюдаемые во всех слоях жидкости, имеют округлую форму без деформаций. Ровные клеточные стенки, активная подвижность, отсутствие погибших клеток свидетельствует об отрицательной пробе на токсичность, как опытных, так и контрольных образцов.

Проведенная оценка безопасности углеводно-белкового батончика для питания спортсменов подтвердила его полную безопасность. По результатам предлагаемый продукт не содержит микотоксинов, токсичных элементов, пестицидов, содержание радионуклидов (цезий-137 и стронций-90) не превышает установленных норм. Микробиологические показатели соответствуют требованиям технического регламента. При оценке биологической безопасности токсичность продукта не выявлена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пищевые протеиновые и протеино-минеральные добавки, получаемые биотехнологическим путем из вторичного рыбного сырья Калининградской области / О. Я. Мезенова, Л. С. Байдалинова, Л. В. Городниченко [и др.] // Балтийский морской форум: Материалы VI Международного Балтийского морского форума, в 6 томах, Калининград, 03–06 сентября 2018 года. Том 4. – Калининград: КГТУ, 2018. – С. 71-79.
2. Казакова В.С. Исследования по комплексной переработке коллагенсодержащего рыбного сырья / В.С. Казакова, Е.С. Землякова // Известия КГТУ. 2024. №72. С. 81-91.
3. Коростелева, М.М. Нутритивная поддержка в спорте: Часть I. Роль макронутриентов в повышении выносливости спортсменов / М.М. Коростелева, И.В. Кобелькова, Р.А. Ханферьян // Спортивная медицина: наука и практика. – 2020. – Т. 10. № 3. – С. 18-26.
4. Казакова В.С. Белково-углеводный батончик для питания спортсменов / В.С. Казакова, Е.С. Землякова // Международная научная конференция «Актуальные аспекты и перспективы развития современной биотехнологии» (26-28 марта, 2024 г): материалы. Белгород: Изд-во БГТУ, 2024. – С. 48-52.
5. Указ Президента Российской Федерации от 30.01.2010 № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/30563/> (дата обращения: 03.09.2024).
6. Приходько, Е.А. Особенности энергетики митохондрий в живом одноклеточном эукариоте *Tetrahymena pyriformis*, модели для изучения внутриклеточной адаптации у млекопитающих / Е.А. Приходько, И.В. Брийловская, С.М. Коротков, И.В. Мохова // Биохимия. – 2009. – Т.74. – Вып.4. – С. 459-465.
7. Игнатъев, А.Д. Модификация метода биологической оценки пищевых продуктов с помощью ресничной инфузории *Тетрахимена пириформис* / А.Д. Игнатъев, М.К. Исаев, В.А. Долгов и др. // Вопросы питания. – 1980. – № 1. – С. 70-71.

ASSESSMENT OF THE SAFETY OF A CARBOHYDRATE-PROTEIN BAR FOR ATHLETES' NUTRITION

¹Kazakova Victoria Sergeevna, post-graduate student

²Zemlyakova Evgenia Sergeevna, PHD in engineering, associate Professor of biotechnology

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,

e-mail: ¹viktoriya.kazakova@klgtu.ru; ²evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

*The article is devoted to the study of a carbohydrate-protein bar for athletes' nutrition for compliance with safety requirements. The content of toxic elements, pesticides, radionuclides, mycotoxins has been determined. Microbiological safety indicators have been determined. A biological safety assessment was carried out using test objects of *Tetrahymena pyriformis* infusoria.*

ТЕХНОЛОГИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАПИТКА ДЛЯ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК ИЗ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ ПОНИЖЕННОГО КАЧЕСТВА

¹Карлов Вадим Александрович, студент

²Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой пищевой биотехнологии

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹vaden1410@gmail.com; ²mezenova@klgtu.ru

Представлены исследования по применению фруктовой функциональной пищевой добавки, полученной из фруктов и овощей пониженного качества, в составе специализированного белково-углеводного напитка для спортсменов силовых видов спорта. Приведен обзор отечественного рынка спортивного питания, его особенностей и путей развития. На основе математического моделирования обоснована рецептура сухой смеси напитка и описана технология его получения в сухой и разведенной форме. Исследован химический состав напитка, описаны органолептические, физико-химические показатели и пищевая ценность. Разработаны рекомендации по применению, техническая документация на напиток "BioCarb".

Переработка и утилизация вторичного плодоовощного сырья является серьезной проблемой для пищевой промышленности как России, так и Калининградского региона. Она осложняется отсутствием эффективных методов сортировки, при этом в отходы часто идет сырье без признаков микробиальной порчи, только с внешними дефектами (битости, градобоины, царапины, нестандартный цвет и форма плодов и т. д), так называемые фрукты и овощи пониженного качества (ФРОВПК) [1]. Подобное сырье обладает высоким биопотенциалом, так как в своем составе содержит много биологически активных веществ (БАВ) - углеводов, витаминов, минеральных и минорных веществ. Однако современные методы переработки (варенье, джемы, компоты) приводят к частичной или полной утрате основных витаминов и микронутриентов [2, 3].

Одним из перспективных способов переработки ФРОВПК является их ферментативная обработка с применением специфических карбоксигидраз [4]. К преимуществам ферментализации относятся сохраняемость БАВ, экологичность, экономичность, комплексность, а также возможность получения функциональных пищевых добавок, которые могут найти свое применение в различных отраслях пищевой промышленности, включая специализированное питание для спортсменов [5].

Индустрия спортивного питания является одной из наиболее быстро развивающихся отраслей мировой пищевой промышленности. Отечественный рынок спортивного питания начал свое формирование в период 1990 – 2000-х годов, когда на территорию страны поступила первая импортная продукция, ориентированная главным образом на профессиональных спортсменов. До 2010 года наблюдался активный рост импорта, преимущественно из США, Германии и Канады, и к 2015 году объем импортной продукции достиг рекордных 14 млрд. рублей [6].

В период с 2014 по 2017 год в России наблюдается активное наращивание собственного производства на фоне введения экономических санкций и сокращения объемов импорта. В нескольких регионах страны, Московской, Ленинградской, Новосибирской областях начали активно развивать местные производства и переходить к созданию отечественных мощностей. Также, в период с 2012 по 2016 годы, под влиянием трендов на здоровое питание и активный образ жизни – спортивное питание выходит за рамки профессионального применения.

За последние 5 лет производство спортивного питания в России увеличилось в 6,1 раза (с 967,6 до 5882,2 тонн), при этом основной рост пришелся на 2022–2023 годы, когда резко сократился

импорт продукции и сырья, что способствовало развитию местного производства и сделало рынок более доступнее. Среднегодовой объем продаж составил 8,9 тыс. тонн [6, 7].

В 2020 году пандемия COVID-19 стала серьезным испытанием для рынка: производство спортивной продукции сократилось на 8,3% (с 967,6 до 887,3 тонн), а продажи снизились на 24,7% (с 9,7 до 7,3 тыс. тонн). Общий объем рынка составил 23 млрд рублей, что на 5–7% меньше по сравнению с 2019 годом [7, 8].

Современный российский рынок спортивного питания представлен широким ассортиментом продукции, включая протеины, гейнеры, витаминные и минеральные комплексы, а также специализированными добавками. Однако при этом производители и потребители сталкиваются с рядом проблем [8], основными из которых являются: производственная специализация, импортное сырье, контрабанда и параллельный импорт.

Основными инновационными направлениями в развитии рынка спортивного питания являются [9]: белковые продукты, композиции функциональных ингредиентов (соединения азота, например, креатин; антисептики, например, бета-гидроксиметилбутират (НМВ) и т. д.); углеводные продукты, как основные энергоносители (моно-, олиго-, полисахариды); БАВ-ы жировой природы; возбудители нервной системы, например, кофеин, таурин, и др. Среди форм продуктов спортивного питания наиболее популярными являются специализированные белково-углеводные напитки в виде порошков (гейнеры) [5, 9]. Гейнеры предназначены для увеличения мышечной массы и эффективного восстановления после интенсивных физических нагрузок, они снабжают организм спортсмена необходимыми строительными материалами и энергией. Основными компонентами гейнеров являются: различные источники белка (сывороточный белок, казеин, растительный белок); различные углеводы (глюкоза, фруктоза, мальтодекстрин, овсяная мука).

Целью исследования являлась разработка технологии порошкообразного специализированного напитка для спортсменов скоростно-силовых видов спорта с применением функциональной пищевой добавки на основе ФРОВПК.

Основными компонентами при проектировании целевого продукта являлись:

- фруктовая функциональная пищевая добавка серии «ВИТУМИН», отвечающая требованиям ТУ 10.89.19.210-XXX-00471544–2024 как источника моно- и дисахаров, витаминов (С, Е, группы В), минеральных веществ (К, Na, Ca, Mg, Fe и т.д.), а также ценных фитосоединений;
- концентрат сывороточных белков (КСБ–80), отвечающий требованиям ГОСТ Р 53456 – 2022, как источник полноценного белка, минеральных веществ, аминокислот и пептидов.

Для улучшения свойств готового продукта и повышения его хранимоспособности использовали пищевые добавки (ПД), представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика пищевых добавок в составе специализированного напитка «BioCarb»

Название ПД	Индекс ПД	Документ	Функция ПД
Диоксид кремния	E551	ГОСТ 34145-2017 ГОСТ 9428-73	Предотвращения агрегации порошка при хранении и поддержании его дисперсного состояния
Ксантановая камедь	E415	ГОСТ 33333-2015	Стабилизация консистенции при формировании раствора
Подсолнечный лецитин	E322	ГОСТ 32052-2013	Эмульгатор, оказывает влияние на равномерность получаемого раствора, обеспечивая его однородность и стабильность

На следующем этапе производилась оптимизация рецептуры специализированного напитка с применением математического моделирования - ортогонального центрального композиционного план (ОЦКП) 2-го порядка для двух факторов. В качестве основных варьируемых факторов были выбраны: количество вносимого порошка сывороточного протеина (X_1), а также количество вносимого порошка фруктовой функциональной добавки серии «ВИТУМИН» (X_2). Значения факторов и интервалы их варьирования представлены в таблице 2.

Значения измеряемых факторов, пределы и интервалы их варьирования

Фактор	Уровень			Интервал варьирования
Количество сывороточного протеина, % от массы смеси				
Количество фруктовой добавки «ВИТУМИН», % от массы смеси				

В качестве частных откликов (таблица 3), были выбраны: средняя суточная потребность (ССП) спортсмена в белке (Y_1), содержание витамина С (Y_2), органолептическая оценка смеси (Y_3). Данные отклики и их «идеалы» были использованы для расчета обобщенного параметра оптимизации (Y).

Таблица 3

Частные отклики и их «идеальные» значения

Наименование частного отклика	Размерность измерения	«Идеальное» значение частного отклика
ССП по белку		
Содержание витамина С	мг/100 г	
Органолептическая оценка смеси	баллы	

По результатам эксперимента после математической обработки та были получены следующие математические модели: в кодированном (1) и натуральном (2) видах.

$$X1 - 0,0608X2 + 0,03X1X2 + 0,0927X1^2 + 0,0542X2^2 \quad (1)$$

$$B2 + 0,002168Y2 \quad (2)$$

По итогам анализа была построена геометрическая модель, представленная на рис. 1, а также найдены оптимальные значения исследуемых факторов:

$$Y = 61,7 \%$$

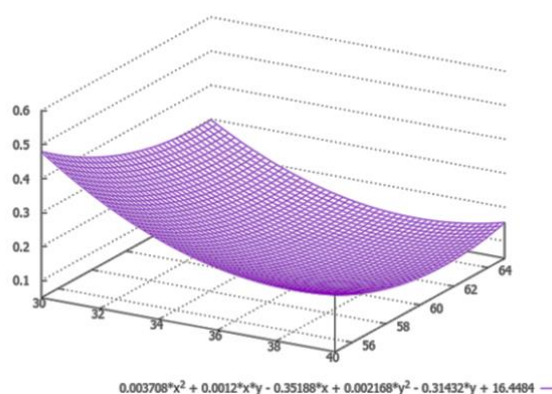


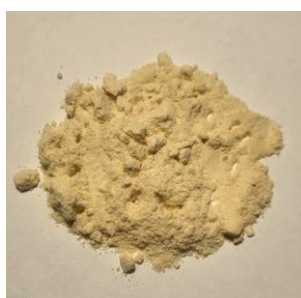
Рис. 1. Геометрическая модель рецептуры белково-углеводного продукта «BioCarb»

В соответствии с полученными оптимальными значениями была предложена базовая рецептура специализированного белково-углеводного продукта «BioCarb», представленная в таблице 4.

**Содержание основных компонентов в рецептуре специализированного
белково-углеводного напитка «BioCarb»**

Компонент смеси	Содержание, г/100 г
Концентрат сывороточных белков (КСБ–80)	
Фруктовая функциональная добавка серии «ВИТУМИН»	
Диоксид кремния (E551)	
Ксантановая камедь (E415)	
Лецитин подсолнечный (E322i)	
ИТОГО:	

Получение спроектированного продукта происходило путем смешивания компонентов в кофемолке (рис. 3).



(а)



(б)

Рис. 2 Внешний вид полученного белково-углеводного напитка «BioCarb»
в сухом (а) и разведенном в воде виде (б)

Результаты органолептической оценки полученного напитка представлены в таблице 5.

**Результаты органолептической оценки специализированного белково-углеводного напитка
«BioCarb» в сухом и разведенном (в воде) виде**

Показатель	Характеристика
В сухом виде	
Внешний вид	Продукт в форме порошка, состоящий из единичных и/или агломерированных частиц, с присутствием незначительного количества мелких частиц, характерных для входящей в состав добавки
Цвет	Окраска порошка однородная, от светло-кремового до кремового, с мелкими включениями характерного цвета (цвет вносимой добавки: от светло-коричневого до коричневого).
Запах	Приятный, фруктовый, сладкий, умеренно сладкий с легким ароматом цитрусовых и сывороточных белков, посторонние запахи отсутствуют
Вкус	Приятный, сладковатый, свойственный основным ингредиентам смеси, без сильно выраженного горького/ кислого вкуса и посторонних привкусов
В разведенном (в воде) виде	
Внешний вид	Однородный, от белого до светло-бежевого, с возможными мелкими включениями, характерными для вносимой добавки, равномерно распределенные по всему объему
Консистенция	Однородная, в меру густая, ощущаются частицы вносимой добавки, равномерно распределенной по всему объему. Присутствует небольшой слой пены после взбалтывания
Запах	Чистый, сладкий, молочный запах с легким присутствием запаха фруктов, используемых для получения добавки
Вкус	Приятный, сладкий, молочный, насыщенный, с присутствием выраженного фруктового привкуса, характерного для состава используемой добавки. Посторонние привкусы отсутствуют

Физико-химические показатели разработанного специализированного напитка и методы их определения представлены в таблице 6. Видно, что напиток выделяется высоким содержанием белка и общих углеводов при низком уровне жирности (не более 2,5%). Такой состав актуален для продуктов, предназначенных для восстановления и мышечной активизации спортсменов. В связи с высоким содержанием витамина С и веществ с Р-витаминной активностью продукт способен оказывать стимулирующее влияние на все процессы восстановления в организме спортсмена [11, 12].

Таблица 6

Физико-химические показатели качества специализированного белково-углеводного напитка «BioCarb» в сухом виде и методы их определения

Наименование показателя	Значение показателя	Метод определения
Массовая доля белка в сухом веществе, %, не менее		ГОСТ 34454-2018
Массовая доля жира, %, не более		Расчетно-аналитический
Массовая доля общих углеводов, %, не менее		Расчетно-аналитический
Массовая доля влаги, %, не более		ГОСТ 15113.4-2021
Содержание витамина С, мг%, не менее		ГОСТ 30627.2 – 98
Содержание дубильных веществ, мг, не менее		Перманганатометрический метод [10]
Индекс растворимости, см3 сырого остатка, не более		ГОСТ 30305.4-95

Оценку пищевой и энергетической ценности разработанного напитка осуществляли расчетно-аналитическим методом согласно ГОСТ Р 51074-2003 и ГОСТ Р 54059-2010 (таблица 7).

Таблица 7

Результаты оценки биологической и энергетической ценности специализированного белково-углеводного напитка «BioCarb» в сухом виде

Показатель	Единицы измерения	Среднее количество в 100 г продукта ¹	Степень удовлетворения суточной потребности, %	Среднее количество в рекомендуемой суточной дозе (190 г)	Степень удовлетворения суточной потребности,
Энергетическая ценность	ккал/кДж		-		
Белки	г		24,6		
Жиры	г				
Углеводы	г				
Вода	г				
Витамины					
Тиамин (В ₁)	мг				
Рибофлавин (В ₂)	мг				
Аскорбиновая кислота	мг				
Ниацин (РР)	мг				
Витамин Р	мг				
Минеральные вещества					
Натрий	мг				
Калий	мг				
Кальций	мг				
Магний	мг				
Фосфор	мг				
Железо	мг				

– согласно МР 2.3.1.2432-08, для 5 группы мужчин по физической активности (очень высокая физическая активность)
 – согласно МР 2.3.1.2432-08 верхний допустимый уровень не установлен

Из таблицы 7 видно, что при потреблении рекомендуемой суточной дозы специализированного напитка (190 г) организм спортсмена обеспечивается адекватным количеством БАВ, оказывающих положительное влияние на метаболизм, энергетический и пластический баланс, работу всех функциональных систем и восстановление организма спортсмена [13]. Полученные данные свидетельствуют о функциональности спроектированного напитка по содержанию основных БАВ - белков, углеводов, витаминов группы В, С, РР, веществ с Р-витаминной активностью, минеральных веществ (Na, K, Ca, Mg, P, Fe).

Разработанный специализированный напиток рекомендуется использовать в качестве спортивной добавки (гейнера) для спортсменов таких силовых видов спорта, как тяжелая атлетика, пауэрлифтинг, гиревой спорт и кроссфит. Продукт потенциально способствует поддержанию высокой физической активности и восстанавливаемости, активизирует набор мышечной массы.

Однократное употребление порции продукта (190 г) обеспечивает организм 690,8 ккал, что составляет 10-18% суточной потребности в энергии спортсмена, что особенно важно при соревнованиях в условиях повышенной нервной напряженности.

На напиток «BioCarb» разработаны следующие рекомендации по применению:

– В подготовительный и переходный периоды тренировочного процесса рекомендуется употреблять 1 порцию (190 г) напитка, разведенного в любой пищевой жидкости (воде, соке, молоке, спортивном коктейле) сразу после тренировки;

– В предсоревновательный и соревновательный периоды рекомендуется принимать по 2 порции напитка (до и после тренировки), что обеспечивает необходимый энергетический и пластический баланс, необходимый для быстрого восстановления.

На спроектированный специализированный напиток разработан проект технической документации ТУ 10.89.19.210-XXX-00471544–2024 «Напиток сухой белково-углеводный для питания спортсменов «BioCarb»» и соответствующая технологическая инструкция.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют об актуальности и целесообразности применения продуктов комплексной переработки ФРОВПК в спортивного питания. С применением фруктовой функциональной пищевой добавки серии «ВИТУМИН» разработана технология порошкообразного специализированного напитка (гейнера) для спортсменов силовых видов спорта». Оптимизированная рецептура обуславливает сбалансированность химического состава и адекватность компенсации энергетических и пластических затрат спортсмена, обеспечивает органолептическую привлекательность и функциональность продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hernandez-Sanchez N., Moreda G., Herrero-Langreo A., [et al.] Assessment of Internal and External Quality of Fruits and Vegetables // *Imaging Technologies and Data Processing for Food Engineers*. – 2016. – pp. 269 – 303. DOI: 10.1007/978-3-319-24735-9_9
2. Boateng I.D. Recent processing of fruits and vegetables using emerging thermal and non-thermal technologies. A critical review of their potentialities and limitations on bioactives, structure, and drying performance // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2024. – №64(13). – pp. 4240 – 4274. DOI: 10.1080/10408398.2022.2140121
3. Ильина Л.В., Шатковская Н.А., Швецова М.Ж. Влияние способов термической обработки на содержание нитратов и витамина с в пищевом растительном сырье // *Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова*. – 2013. – №6. – С. 223 – 226.
4. Мезенова, О.Я., Карлов, В.А., Гольбрайх, А.А. Исследования по применению ферментализации при комплексной переработке некондиционных фруктов и овощей // *Балтийский морской форум*. – 2023. – С. 82-87.
5. Мезенова, О.Я., Карлов, В.А., Гольбрайх, А.А. Получение функциональных пищевых добавок при комплексной переработке фруктов и овощей пониженного качества с применением методов биотехнологии // *Вестник МГТУ*. – 2024. – Т. 27. – № 3.
6. *Russia Sports Nutrition Market Size, Share, Analysis, Trends*. Vadodara: Bonafide Research. – 2023. – 64 pp.

7. Анализ рынка спортивного питания в России в 2019-2023 гг., прогноз на 2024-2028 гг. М: BusinesStat – 2024. – 55 с.
8. Спортивное питание. Рынок России // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://zdrav.expert/index.php> (дата обращения 28.07.24)
9. Sports nutrition products raw materials and innovation direction// Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.foodchem.com/sports-nutrition-products-raw-materials-and-innovation-direction/> (дата обращения 29.07.24)
10. Химия биологически активных веществ: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / Г.Е. Степанцова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 76 с.
11. Morton R.W., Murphy K.T., McKellar S.R. [et al.] A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults // British Journal of Sports Medicine. – 2018. – № 52(6) – pp. 376 – 384. DOI: 10.1136/bjsports-2017-097608
12. Ives S.J., Bloom S., Matias A. [et al.] Effects of a combined protein and antioxidant supplement on recovery of muscle function and soreness following eccentric exercise // Journal of the International Society of Sports Nutrition. – 2017. – pp. 1 – 10. DOI: 10.1186/s12970-017-0179-6
13. Ghazzawi H.A.; Hussain M.A., Raziq K.M., [et al.] Exploring the Relationship between Micronutrients and Athletic Performance: A Comprehensive Scientific Systematic Review of the Literature in Sports Medicine // Sports. – 2023. – №6. – pp. 109 – 151. DOI: 10.3390/sports11060109

TECHNOLOGY OF A SPECIALISED DRINK FOR SPORTS NUTRITION BASED ON FUNCTIONAL FOOD ADDITIVES FROM LOW-QUALITY FRUITS AND VEGETABLES

¹Karlov Vadim Alexandrovich, student

²Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, Professor,
Head Department of Food Biotechnology

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹vaden1410@gmail.com; ²mezenova@klgtu.ru

The article presents studies on the use of a fruit functional food supplement obtained from low-quality fruits and vegetables as part of a specialized protein-carbohydrate drink for athletes in strength sports. It provides an overview of the domestic sports nutrition market, its features and development paths. Based on mathematical modeling, the recipe for a dry drink mix is substantiated and the technology for obtaining it in dry and diluted form is described. The chemical composition of the drink is studied, organoleptic, physicochemical indicators and nutritional value are described. Recommendations for use, technical documentation for the BioCarb drink are developed.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МОРКОВИ И ТЫКВЫ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ СДОБНОГО ПЕЧЕНЬЯ

¹Корниенко Арина Алексеевна, студентка группы 23-ПБ/м

²Лютова Екатерина Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹arina__k@mail.ru

Рассмотрена перспектива использования сырья, образующегося во время переработки моркови и тыквы на плодоовощных предприятиях: жмыха моркови, жмыха тыквы, кожуры тыквы, плаценты тыквы с неочищенными семенами. Проанализированы современные научные работы по переработке данного сырья в тонкодисперсные порошки и обогащению ими рецептур мучных кондитерских изделий. В лабораторных условиях получены растительные порошки из указанного сырья. Проведена пробная выпечка сдобного печенья с заменой 2, 10 и 18 % массы пшеничной муки на каждый из четырёх видов порошков. Анализ профилограмм органолептического качества экспериментального печенья выявил приемлемость дозировки порошков в 10 %.

Оздоровление рациона – актуальная задача современной цивилизации. С достижением научно-технического прогресса человек оказался в новых условиях жизни, что привело к массовым вредным привычкам, нерегулярности приёма пищи, ослаблению иммунитета под воздействием негативных факторов окружающей среды, а также распространению алиментарно зависимых заболеваний.

Мучные кондитерские изделия в восприятии большинства потребителей не ассоциируются со здоровым питанием, однако интерес технологов-исследователей к этой области пищевой промышленности не угасает. К тенденциям по обогащению сдобного печенья можно отнести внесение в рецептуру плодоовощных выжимок (далее - жмых) - вторичного сырья соковых производств – в свежем и высушенном виде. Известны работы российских и зарубежных исследователей по использованию компонентов плодоовощного жмыха в рецептуре печенья. К преимуществам обогащения печенья такими добавками можно отнести следующие:

1. положительное влияние жмыха на реологические свойства песочного теста [1];
2. повышение антиоксидантных свойств печенья за счёт биологически активных веществ жмыха [1-3];
3. повышение устойчивости к окислению липидов печенья при хранении [2];
4. увеличение срока годности печенья [4];
5. повышение биологической ценности готового продукта [2, 3, 5, 6], в том числе увеличение содержания пищевых волокон [7, 8];
6. снижение гликемического индекса продукта [7];
7. переработка вторичного сырья соковых производств экономически выгодна.

При этом в исследованиях отмечается и негативный эффект внесения плодоовощного жмыха в рецептуру мучных кондитерских изделий – это повышенная чёрствость и излишняя твёрдость изделий [1]. В качестве сырья, жмых которого выбран для исследования авторами данной статьи, выступили морковь и тыква.

Внимания учёных заслуживают также части тыквы, которые отбрасываются как побочные продукты при разделке на плодоовощных предприятиях: кожура (экзокарпий) и плацента (эндокарпий), к которой крепятся семена. Биохимический потенциал тыквы в целом довольно высок: она является источником токоферолов, каротиноидов, флавоноидов, полифенолов, терпеноидов, фитостеролов, оказывающих антиоксидантное и антимикробное действие [9]. Кроме того, в ней находятся ионы калия,

кальция, железа, цинка, хрома, йода, фосфора и кремния [10-12]. Повышенным содержанием полифенолов и, как следствие, наивысшим антиоксидантным статусом, по данным исследований, обладают порошки плаценты и семян тыквы [10, 11]. В мякоти обнаружено большее количество бета-каротина, при этом кожура характеризуется более богатым составом каротиноидов (лютеин, зеаксантин, бета-каротин), а также пищевых волокон (клетчатка, пектин) [11-13]. Тыквенные семена обладают наиболее высоким содержанием белка, ценных ненасыщенных жирных кислот и отличаются более низкой влажностью [14]. Во всех частях тыквы и порошкообразных продуктах их переработки отмечается повышенное содержание золы. Помимо вышеупомянутых частей тыквы, для переработки в продовольственных целях предложены также плодоножка и кожура семян: с помощью щелочного и кислотного гидролиза из них можно получать микрокристаллическую целлюлозу; содержание целлюлозы в таком растительном сырье составляет 41-46 %, гемицеллюлоз - 24-26 %, лигнина - 9-26 % [14].

Рядом исследователей предложены варианты использования порошков из мякоти, кожуры, плаценты и семян тыквы в инновационных рецептурах хлеба, мучных кондитерских изделий, где часть пшеничной муки заменяется полученным порошком в диапазоне от 2,5 до 20,0 % [9, 15, 16, 17]. При этом исследователи не наблюдают значительного ухудшения сенсорных и физических характеристик готового продукта [13].

Принимая во внимание выводы вышеупомянутых работ, авторами данной статьи было решено получить порошки жмыха моркови, жмыха мякоти тыквы, а также кожуры тыквы и плаценты с семенами в лабораторных условиях. Всё сырьё мылось, очищалось, разделялось на части, измельчалось и высушивалось конвективным способом на электрической сушилке Scarlett SC-420 при температуре 55-60 °С в течение 8-10 ч. Жмых моркови и тыквы перед высушиванием отжимали через марлю для имитации промышленного извлечения морковного и тыквенного сока прессованием. Высушенное сырьё измельчалось на мельнице до состояния микропорошка. Внешний вид полученных порошков представлен на рисунках 1-4.



Рис. 1. Внешний вид порошка жмыха моркови



Рис. 2. Внешний вид порошка жмыха мякоти тыквы



Рис. 3. Внешний вид порошка кожуры тыквы



Рис. 4. Внешний вид порошка плаценты тыквы с семенами

В результате получены преимущественно однородные тонкодисперсные порошки с запахом и цветом, свойственными исходному сырью. Установлен следующий выход порошков:

- порошок жмыха моркови – 8,9 % от свежего жмыха,
- порошок жмыха мякоти тыквы – от 7,4 до 9,8 % от свежего жмыха (вид Тыква мускатная - *Cucurbita moschata* - даёт больший выход),
- порошок кожуры тыквы – 13,2 % от невысушенной кожуры,
- порошок плаценты с семенами – 28,0 % от невысушенных плаценты с семенами.

Для раскрытия биохимического потенциала полученных порошкообразных добавок был установлен их приблизительный химический состав. Данные определялись как по средним значениям, найденным в научной литературе [1-17], так и с учётом некоторых экспериментально полученных величин (влажность, массовая доля клетчатки, массовая доля пектина, содержание каротиноидов, массовая доля общей золы). Приблизительный химический состав растительных порошков отображён в таблице 1.

Таблица 1

Предполагаемый химический состав растительных порошков

Нутриент	Содержание нутриента в 100 г продукта			
	Порошок жмыха моркови	Порошок жмыха мякоти тыквы	Порошок кожуры тыквы	Порошок плаценты тыквы с семенами
Сухие вещества, г	92,7	93,7	92,3	95,3
Вода, г	7,3	6,3	7,7	4,7
Белок, г	6,4	9,4	12,3	13,0
Жир, г	1,2	1,1	2,0	28,5
Углеводы, г	45,5	49,6	39,3	31,4
моно- и дисахара, г	43,9	47,9	-	-
крахмал, г	1,6	1,7	-	-
Пищевые волокна, г	31,5	24,2	29,6	15,5
гемицеллюлозы, г	3,0	3,4	3,8	1,9
клетчатка, г	16,8	12,2	15,5	8,4
пектин, г	11,7	8,7	10,4	5,2
Зола, г	8,2	9,4	9,1	6,9
Каротиноиды, мг	20,7	9,4	15,1	8,7
бета-каротин, мг	12,5	9,1	8,4	8,5
Витамин Е, мг	6,0	4,9	-	2,2
Витамин В ₁ , мг	0,26	0,22	-	0,3
Витамин В ₂ , мг	0,22	0,22	-	0,2
Витамин РР, мг	3,6	5,4	-	5,0
Витамин С, мг	32,7	52,3	18,9	8,3
Общее содержание фенолов, мг эквивалента галловой кислоты (GAE)	278,6	124,6	433,8	388,2
Общее содержание флавоноидов, мг эквивалента катехина (CE)	-	-	116,0	80,2
Натрий, мг	132,0	17,9	-	-
Калий, мг	479,3	1592,0	-	273,0
Кальций, мг	546,0	89,1	5571,0	-
Цинк, мг	-	2,5	42,9	9,1
Медь, мг	-	0,5	12,9	4,7
Фосфор, мг	770,0	-	319,3	292,2
Железо, мг	-	41,5	145,2	17,4
Энергетическая ценность, ккал	218,4	245,9	224,4	434,1

Примечание: знак «-» означает недостаток или отсутствие литературных данных по содержанию данного нутриента.

Растительные порошки были опробованы в качестве обогатителей классической рецептуры сдобного песочно-выемного печенья №157м «Цветочек» [18]. На рисунке 5 представлена рецептура на 100 г готового продукта.

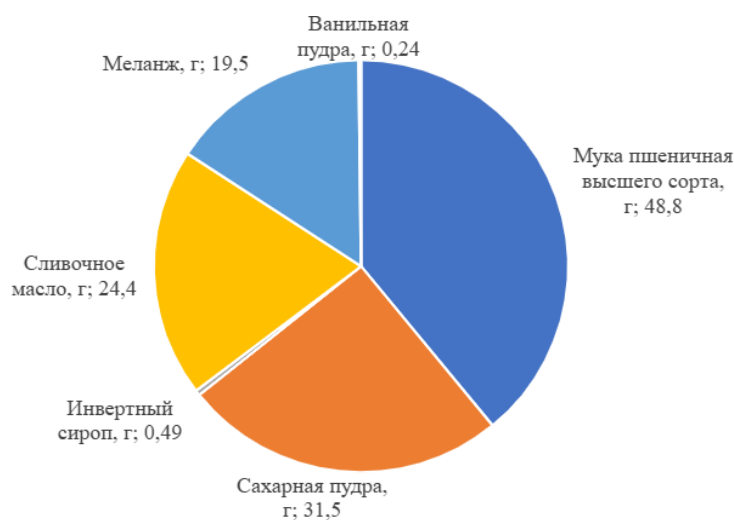


Рис. 5. Рецептура печенья сдобного №157м «Цветочек»

Для каждого из порошков составлялись отдельные рецептуры, где добавка заменяла 2, 10 и 18 % пшеничной муки. Печенье готовилось согласно инструкциям [19], при этом растительная добавка просеивалась и вносилась в тесто вместе с мукой. Было изготовлено печенье контрольной рецептуры и 12 экспериментальных видов. Далее производилась органолептическая оценка выпеченных образцов по всем требуемым показателям качества, а также внимание уделялось вкусовому профилю. Результаты отображены в графической модели на рисунках 6-8.

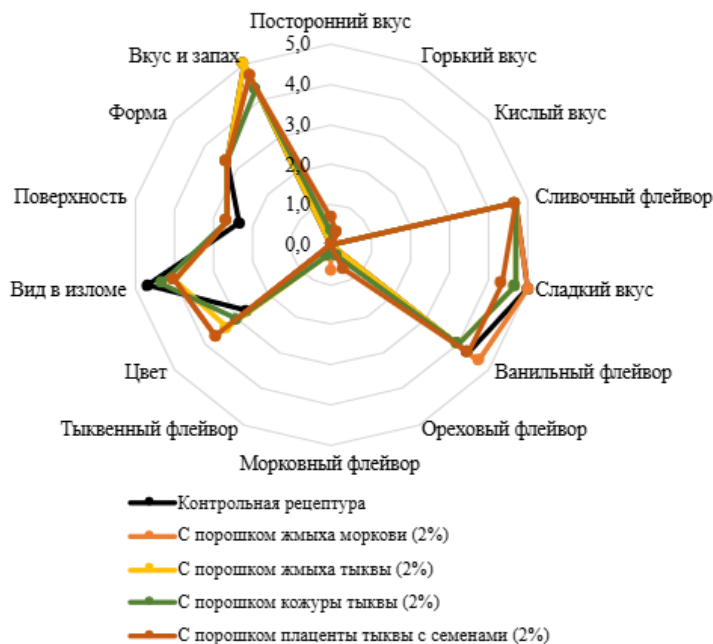


Рис. 6. Профилограмма органолептических характеристик экспериментального печенья с 2%-ной заменой пшеничной муки

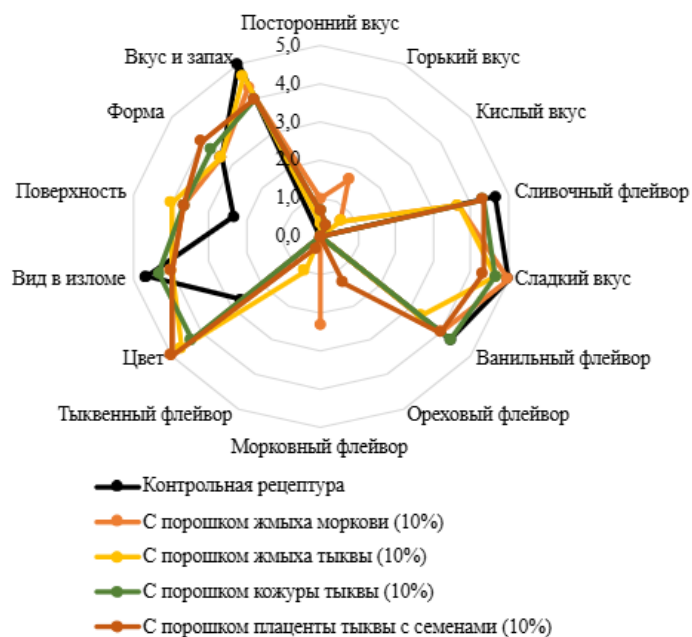


Рис. 7. Профилограмма органолептических характеристик экспериментального печенья с 10%-ной заменой пшеничной муки

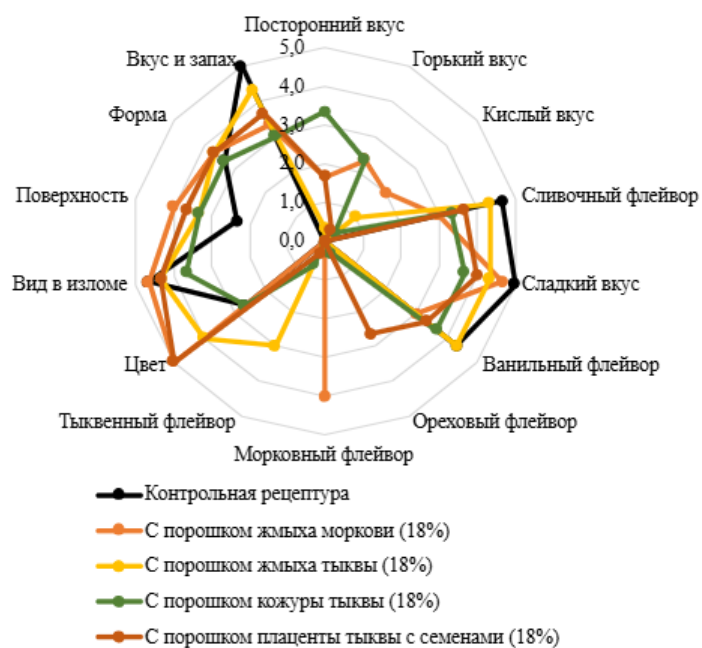


Рис. 8. Профилограмма органолептических характеристик экспериментального печенья с 18%-ной заменой пшеничной муки

Результат органолептического анализа показал приемлемость дозировок растительных порошков в 2 и 10 % от массовой доли пшеничной муки. При этих дозировках печенье не теряет своих видообразующих характеристик: сливочного, сладкого и ванильного вкусов, – а при замене муки на 10 % получает более высокие оценки за состояние поверхности, форму и цвет изделия. Дозировка в 18 % от доли муки для некоторых порошков слишком велика, так как приводит к значительному изменению вкуса: так, порошок кожуры тыквы может давать горький привкус, порошки моркови и тыквы имеют специфические овощные флейворы, а в зависимости от условий хранения могут приобретать и кислый оттенок. Анализируя совокупность влияний различных дозировок на сенсорные характеристики печенья, можно сделать вывод о том, что 10%-ная замена пшеничной муки на порошки жмыха моркови, жмыха тыквы, кожуры и плаценты тыквы с семенами положительно влияет на готовый продукт, что

делает побочные продукты переработки моркови и тыквы перспективным сырьём для обогащения мучных кондитерских изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lou W. et al. Rheological, pasting and sensory properties of biscuits supplemented with grape pomace powder //Food science and technology. – 2021. – Т. 42. – С. e78421.
2. Imeneo V. et al. Functionalized biscuits with bioactive ingredients obtained by citrus lemon pomace //Foods. – 2021. – Т. 10. – №. 10. – С. 2460.
3. Fernández-Fernández A. M. et al. In vitro bioaccessibility of bioactive compounds from citrus pomaces and orange pomace biscuits //Molecules. – 2021. – Т. 26. – №. 12. – С. 3480.
4. Ade Kuldip D., Lal A., Mishra A. A. Development and Quality evaluation of Pineapple pomace and Wheat bran fortified biscuits //The Allahabad Farmer Journal. – 2015. – Т. 70. – №. 2. – С. 57-60.
5. Перфилова О. В., Митрохин М. А. Использование порошков из плодоовощных выжимок с целью расширения ассортимента мучных кондитерских изделий // Достижения науки и техники АПК. 2008. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-poroshkov-iz-plodoovoschnyh-vyzhimok-s-tselyu-rasshireniya-assortimenta-muchnyh-konditerskih-izdeliy> (дата обращения: 14.04.2024).
6. Parveen H. et al. Analysis of biscuits enriched with fibre by incorporating carrot and beetroot pomace powder //The Indian Journal of Nutrition and Dietetics. – 2017. – Т. 54. – №. 4. – С. 403-413.
7. Alongi M., Melchior S., Anese M. Reducing the glycemic index of short dough biscuits by using apple pomace as a functional ingredient //Lwt. – 2019. – Т. 100. – С. 300-305.
8. Nasir G. et al. Optimization of Finger Millet and Carrot Pomace based fiber enriched biscuits using response surface methodology //Journal of Food Science and Technology. – 2020. – Т. 57. – С. 4613-4626.
9. Hussain A. et al. A Comprehensive review of functional ingredients, especially bioactive compounds present in pumpkin peel, flesh and seeds, and their health benefits //Food Chemistry Advances. – 2022. – Т. 1. – С. 100067.
10. Goncharov A.V., Golubkina N.A., Pivovarov V.F., Gasparian I.N., Caruso G. Comparative evaluation of biochemical parameters and mineral composition of Cucurbita ficifolia, C. maxima and C. moschata fruit, grown in the northern hemisphere. Vegetable crops of Russia. 2022;(4):46-54. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-46-54>
11. Hussain A. et al. Determination of total phenolic, flavonoid, carotenoid, and mineral contents in peel, flesh, and seeds of pumpkin (Cucurbita maxima) //Journal of Food Processing and Preservation. – 2021. – Т. 45. – №. 6. – С. e15542.
12. Mala K. S., Kurian A. E. NUTRITIONAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PUMPKIN WASTES //International Journal of Pharmaceutical, Chemical & Biological Sciences. – 2016. – Т. 6. – №. 3.
13. Gavril R. N. et al. The development of value-added yogurt based on pumpkin peel powder as a bioactive powder //Journal of Agriculture and Food Research. – 2024. – Т. 16. – С. 101098.
14. Noh N. A. N. M., Karim L., Omar S. R. Value-added products from pumpkin wastes: a review //Malaysian Journal of Science Health & Technology. – 2022. – Т. 8. – №. 1. – С. 77-84.
15. George S. Preparation of pumpkin pulp and peel flour and study their impact in the biscuit industry //Journal of Biology, Agriculture and Healthcare. – 2020. – Т. 10. – №. 6. – С. 25-33.
16. Staichok A. C. B. et al. Pumpkin peel flour (Cucurbita máxima L.)—Characterization and technological applicability //Journal of Food and Nutrition Research. – 2016. – Т. 4. – №. 5. – С. 327-333.
17. Mishra S., Sharma K. Development of pumpkin peel cookies and its nutritional composition //Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. – 2019. – Т. 8. – №. 4. – С. 370-372.
18. Рецептуры на печенье, галеты и вафли / под ред. М. К. Смирновой. – М.: Пищевая промышленность, 1969. – 552 с.
19. Технологические инструкции по производству мучных кондитерских изделий: утв. 5.08.1968 г. / М-во пищевой пром-сти СССР. Центр. ин-т науч.-техн. информации пищевой пром-ти, Главное управление кондитерской и крахмало-паточной промышленности. – М.: 1970. – 124 с.

ON THE POSSIBILITY OF USING BY-PRODUCTS OF PROCESSING CARROT AND PUMPKIN TO ENRICH SHORTBREAD BISCUITS

¹Kornienko Arina Alekseevna, master's student, group 23-PB/m

²Lyutova Ekaterina Vladimirovna, PhD, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: arina__k@mail.ru

The article considers the prospects for using raw materials generated during the processing of carrots and pumpkins at fruit and vegetable enterprises: carrot pomace, pumpkin pomace, pumpkin peel, pumpkin placenta with unpeeled seeds. Modern scientific works on the processing of this raw material into fine powders and enrichment of flour confectionery recipes with them are analyzed. Plant powders from the mentioned raw materials were obtained in laboratory conditions. Test baking of shortbread biscuits was carried out with the replacement of 2, 10 and 18 % of the wheat flour mass with each of the four types of powders. The analysis of the organoleptic quality profilograms of the experimental biscuits revealed the acceptability of the powder dosage of 10 %.

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОБЛЕПИХИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ: ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

¹Котова Татьяна Ивановна, канд. техн. наук, доцент,

зав. кафедрой «Технологические машины и оборудование. Агроинженерия»

²Хантургаев Андрей Германович, д-р техн. наук, доцент факультета биотехнологии

³Цыцыков Владимир Анатольевич, магистрант 2 курса направления

«Технологические машины и оборудование»

^{1,3}ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», Улан-Удэ, Россия, e-mail: ¹tatianakotova74@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург, Россия, e-mail: aavn@mail.ru

В Республике Бурятия, в частности, в Селенгинском районе, облепиха является промышленной ягодной культурой, хозяйственно-возможный сбор которой в настоящее время достигает 400 тонн в год. Цель – научное обоснование инновационной технологии глубокой переработки облепихи с использованием микроволнового (ЭМП СВЧ) и вакуумно-микроволнового (ВЭМП СВЧ) воздействия. В производственных условиях с использованием парка оборудования индустриального партнера (ООО «МИП «БайкалЭкоПродукт») были проведены опыты по определению режимных параметров размораживания, сушки, гидропрессования и доказана возможность практической реализации разработанной технологии глубокой переработки облепихи.

Введение

В Республике Бурятия, в частности в Селенгинском районе, облепиха является промышленной ягодной культурой, хозяйственно-возможный сбор которой достигает 400 тонн в год [1]. Технологии переработки облепихи, применяемые на предприятиях региона и за его пределами в большинстве являются энергозатратными, используют громоздкое и металлоемкое оборудование, применяемые режимные параметры не всегда позволяют сохранить термолабильные биологически активные компоненты облепихи и отрицательно влияют на органолептические и физико-химические показатели получаемой продукции [2, 3, 4, 5].

В современном мире пищевая промышленность стремится повысить эффективность технологических процессов, связанных с переработкой растительного сырья. Для достижения этой цели используются различные методы интенсификации, такие как инфракрасный нагрев, ультразвуковая обработка и микроволновое воздействие [6, 7, 8, 9, 10]. Особый интерес для пищевой промышленности представляет облепиха, известная своим богатым содержанием ценных биологически активных веществ. Он обладает уникальным составом, включающим витамины, минералы, антиоксиданты, жирные кислоты, которые благотворно влияют на здоровье человека. Для того чтобы усовершенствовать технологию глубокой переработки облепихи и извлечь максимальную пользу из ее ценных компонентов, авторы обратили внимание на микроволновые (ЭМП СВЧ) и вакуумно-микроволновые (ВЭМП СВЧ) методы воздействия. Эти технологии открывают новые возможности для повышения эффективности и качества переработки, позволяя сохранять максимальную биологическую ценность и питательных веществ в конечном продукте. Микроволновое воздействие (ЭМП СВЧ) основано на принципе диэлектрического нагрева. Молекулы воды в облепихе поглощают энергию микроволн, что приводит к их быстрому нагреву и, как следствие, к интенсификации процессов дефростации, экстракции, сушки и прессования. Вакуумно-микроволновое воздействие (ВЭМП СВЧ) сочетает в себе преимущества микроволнового воздействия и вакуумной обработки. В вакууме температура кипения воды значительно снижается, что позволяет нагревать ее при более низких температурах, снижая риск разрушения термолабильных компонентов. Применение этих методов в технологическом процессе глубокой переработки облепихи открывает новые возможности для получения продуктов с улучшенными органолептическими свойствами, более высоким содержанием биологически активных веществ и более длительным сроком хранения.

Таким образом, создание нового способа глубокой переработки облепихи с использованием микроволнового и вакуумно-микроволнового методов является актуальной задачей, позволяющей:

- повысить эффективность технологических процессов;
- сохранить большее количество ценных биологически активных веществ в конечном продукте;
- разработать новые продукты с улучшенными свойствами;
- расширить возможности использования облепихи в пищевой промышленности.

В настоящей работе предлагается новаторский подход к глубокой переработке облепихового сырья, сочетающий в себе преимущества микроволнового и вакуумного воздействий.

Цель работы: разработка инновационного способа глубокой переработки облепихового сырья, основанного на синергии микроволновых и вакуумных технологий.

Задачи, решаемые в рамках работы:

- определение оптимального уровня вакуума, СВЧ-мощности, температуры, продолжительности процессов дефростации, сушки и прессования для достижения заданных показателей качества продукта;
- создание комплексной схемы, включающей в себя все этапы переработки, от подготовки сырья до получения ассортимента готовой продукции с учетом оптимальных режимов микроволнового и вакуумного воздействий, определенных на предыдущем этапе;
- проведение пилотных испытаний на производстве для подтверждения работоспособности технологии в реальных условиях.

Материалы и методы

Объектами исследования в эксперименте были:

- замороженные плоды облепихи, заготовленные зимой 2023 г. в Селенгинском районе Республики Бурятия, где сосредоточены около 95% зарослей данной культуры, произрастающих в республике;
- обезвоженные плоды облепихи, полученные методом ВЭПМ СВЧ-сушки.

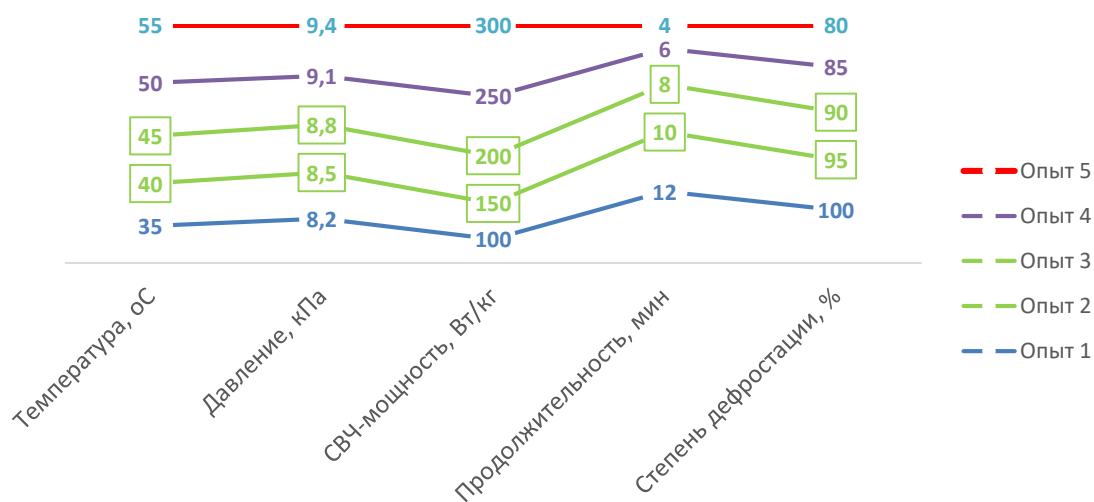
Для определения потенциала промышленного применения разработанной технологии применялось следующее базовое, частично специальное и инновационное техническое оборудование: микроволновая вакуумная установка «Муссон-2», инфракрасная сушилка ИКО 55, конвективная сушилка К 300, вакуумный испаритель ВД-6, экстрактор ДК-СО₂, мельница MF 50, воздушный сепаратор, гидропрессовое устройство УМС-50, разработанное авторами [11].

Обработку результатов исследований проводили с использованием программ Statistica и Excel. Все опыты проводили в пяти повторностях.

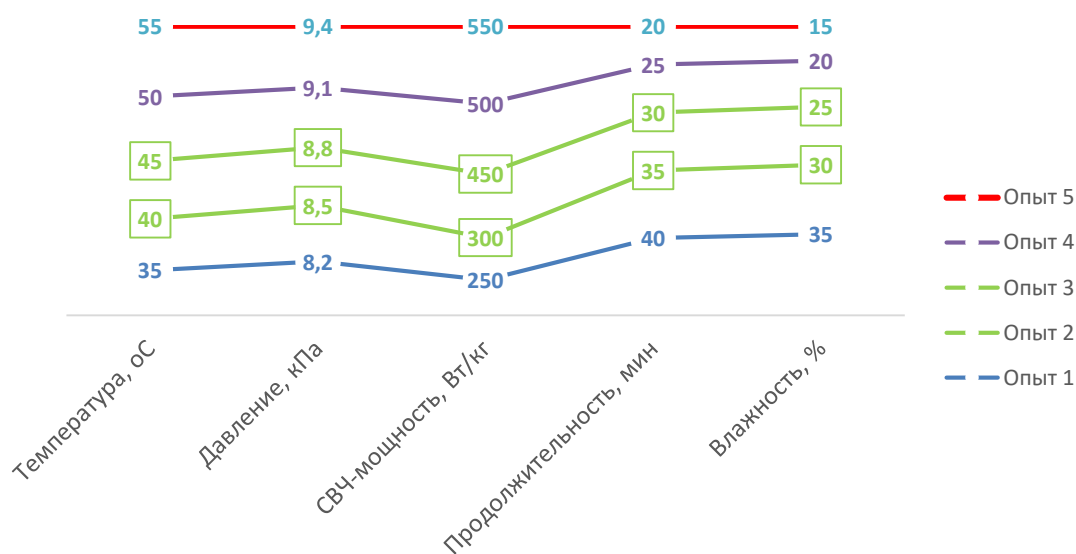
Результаты

Для установления оптимальных режимных параметров основных технологических операций на начальном этапе проведения экспериментальных исследований опытным путем были определены режимные параметры дефростации (размораживания), обезвоживания (сушки), которые осуществляли в условиях вакуумно-микроволнового воздействия (ВЭПМ СВЧ) и прессования, проводимо в условиях микроволнового воздействия (ЭМП СВЧ). Результаты исследований представлены на рис. 1.

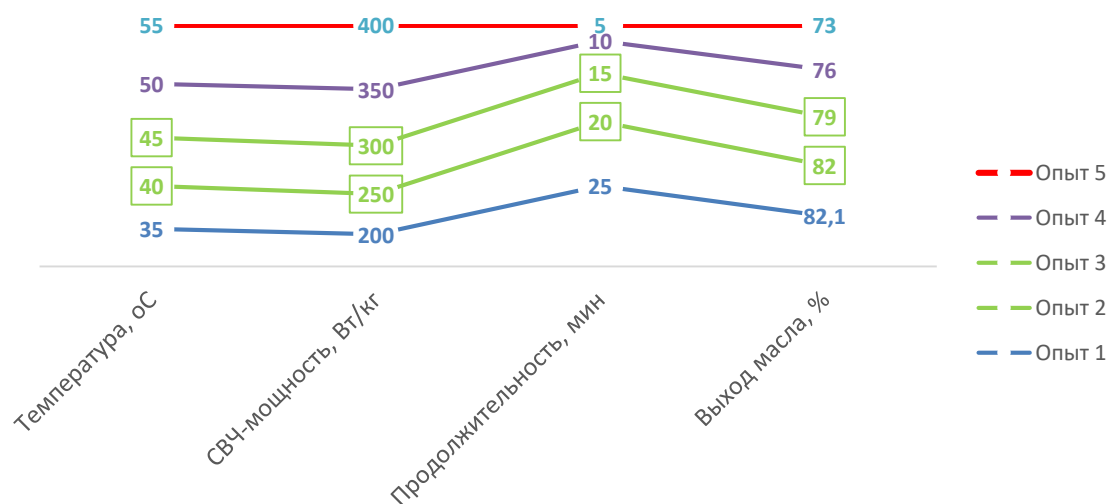
Результаты эксперимента, показанные на рисунке 1 (а), свидетельствуют о том, что лучшие показатели для дефростации замороженной облепихи наблюдаются в экспериментах № 2 и № 3. При поддержании температуры в диапазоне 40-45 °С и удельной мощностью СВЧ в пределах 150-200 Вт/кг в условиях вакуума 8,5-8,8 кПа, процесс дефростации занимает всего 8-10 минут. Именно при этих условиях достигается необходимый уровень дефростации для выделения сока, который составляет 90-95 %. Если температура опускается ниже 40 °С, тогда удельная мощность СВЧ становится менее 150 Вт/кг, а уровень вакуума падает ниже 8,5 кПа, то время, необходимое для дефростации, увеличивается до 12 минут. В этих условиях полная дефростация облепихового сырья достигается на уровне 100 %. Тем не менее, необходимость в полной дефростации отсутствует, так как оставшиеся 5 % кристаллов размораживаются благодаря выравниванию температур с уже размороженной частью сырья и переходу установки к режиму обезвоживания. Применение температуры свыше 45 °С и плотности СВЧ-энергии больше 200 Вт/кг при вакууме 8,8 кПа не оправдано, поскольку уровень дефростации не достигает 90 %. Это создает сложности в процессе получения сока.



а)



б)



в)

Рис. 1. Оптимальные параметры технологического процесса:

а) дефростации (размораживания); б) обезвоживания (сушки); в) прессования

Данные, представленные на рисунке 1 (б), показывают, что наилучшие результаты в процессе обезвоживания размороженного сырья облепихи были достигнуты в опытах № 2 и № 3. При температуре 40-45 °C и удельной мощности СВЧ в диапазоне 300-450 Вт/кг в вакууме 8,5-8,8 кПа,

процесс занимает 30-35 минут. При таких условиях удастся достичь нужного уровня влажности сырья, составляющего 25-30%, необходимого для дальнейшей переработки. Увеличение температуры свыше 45 °С требует повышения мощности СВЧ до значений более 450 Вт/кг, а также давления выше 9,1-9,4 кПа. Это, в свою очередь, может привести к нежелательному повышению температуры до уровней 50-55 °С, что оказывает отрицательное воздействие на структурно-механические характеристики исходного материала и качество конечного продукта. Однако если процесс осуществляется при температуре 35 °С и мощности 250 Вт/кг в условиях вакуума 8,2 кПа, время, необходимое для удаления влаги, увеличивается до 40 минут. Однако в этом случае влажность полуфабриката достигает 35%, что является нежелательным, так как значительно увеличивает продолжительность последующей сушки в инфракрасной сушилке.

Результаты, представленные на рисунке 1 (в), демонстрируют, что наивысшие результаты прессования сухого сырья облепихи были получены в опытах под номерами 2 и 3. В ходе проведённых испытаний был получен максимальный выход масла, который составил 79-82 % при температуре 40-45 °С и мощности микроволнового излучения в диапазоне 250-300 Вт/кг в течение 15-20 минут. Однако при кратковременном нагреве (5-10 минут) до 50-55 °С и увеличении мощности СВЧ до 350-400 Вт/кг наблюдается снижение выхода масла до 75-76 %, что является экономически невыгодным. При достижении температуры 35 °С процесс прессования продлевается до 25 минут, и в таких условиях мощность СВЧ снижается до 200 Вт/кг. При этом выход масла достигает 82,1 %, однако такое применение данных параметров не оправдано по сравнению с опытом № 2 и № 3, так как прирост выхода масла составляет лишь 0,1%.

Данные экспериментальных исследований по определению оптимальных режимных параметров дефростации (размораживания), обезвоживания (сушки) и прессования, являющихся основными технологическими операциями при переработке облепихи, позволили подобрать основное оборудования - установку «Муссон-2», предназначенную для дефростации и удаления влаги с использованием вакуумно-микроволнового воздействия (ВЭМП СВЧ), устройство для получения масла УМС -50, в котором проводили гидропрессование усилием 50 т. в условиях микроволнового воздействия (ЭМП СВЧ), а также подобрать вспомогательное оборудование - инфракрасную сушилку ИКО 55, мельницу MF 50, воздушный сепаратор ВС-0,06.

При решении задачи по разработке технологии глубокой переработки облепихи вышеуказанное оборудование было успешно интегрировано в технологическую схему, представленную на рис.2.

При использовании парка оборудования (рис. 2), размещенного на производственных площадях индустриального партнера ООО «МИП «БайкалЭкоПродукт» и задействованного в первых промышленных испытаниях предлагаемой технологии комплексной переработки плодов облепихи было произведено 12 видов продукции. Разработанная технология запатентована [12].

Обсуждение

Согласно проведённым экспериментам, микроволновые (ЭМП СВЧ) и вакуумно-микроволновые (ВЭМП СВЧ) воздействия могут эффективно применяться для оптимизации обработки облепихи в сложных условиях, таких как размораживание, сушка и прессование.

Исследования показали, что для дефростации замороженной облепихи наилучшим является температурный режим 40-45 °С при мощностях микроволн 150-200 Вт/кг в вакууме 8,5-8,8 кПа в течение 8-10 минут, что обеспечивает 90-95 % уровня разморозки. Для процесса сушки размороженного сырья рекомендуется поддерживать ту же температуру (40-45 °С), но с повышенной мощностью СВЧ 300-450 Вт/кг и аналогичным вакуумом на протяжении 30-35 минут, достигая влажности продукта 25-30 %. Чтобы извлечь максимальное количество масла (79-82 %) из сухого сырья облепихи, прессование должно выполняться при 40-45 °С и мощности СВЧ 250-300 Вт/кг на протяжении 15-20 минут.

Установленные в ходе экспериментов оптимальные условия для ключевых технологических процессов с использованием микроволнового и вакуумно-микроволнового воздействия способствуют значительному сокращению времени для размораживания и сушки. а также улучшают структурно-механические свойства получаемого сушеного продукта и увеличивают выход ценного масла.

Таким образом, научно обоснована и практически доказана возможность глубокой комплексной переработки плодов облепихи с использованием ЭМП СВЧ, обеспечивающей рациональное использование и сохранение видового разнообразия дикорастущих растений региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Том 4. Посевные площади сельскохозяйственных культур и площади многолетних насаждений и ягодных культур. Книга 1. Площади сельскохозяйственных культур многолетних насаждений. г.Улан-Удэ, 2016. https://burstat.gks.ru/storage/mediabank/vskhp2016_4-1.pdf
2. Малахова, Т. В. Комплексная переработка плодов облепихи / Т. В. Малахова // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы VIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник» / М-во образования и науки РФ, Урал. гос. лесотехн. ун-т, Урал. отд-ние секции наук о лесе Рос. Акад. естеств. наук, Урал. лесной технопарк ; ред. С. В. Залесов [и др.]. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2012. – Ч. 2. – С. 249-251.
3. Мустафаева К.К., Касьянов Г. И., Джаруллаев Д.С. Технология переработки плодов облепихи с использованием ЭМП СВЧ и СО₂-экстракции: монография / ДГТУ. – Махачкала: Изд. ФГБОУ ВПО «ДГТУ», 2011. – 100с.
4. Первышина, Г. Г. Комплексная переработка дикорастущей облепихи крушиновидной как средство сохранения биоразнообразия дикоросов в Красноярском крае / Г. Г. Первышина, Е. Г. Никифоров, О. В. Гоголева // Региональная молодежная научно-практическая школа-конференция, посвященная Всемирному дню охраны окружающей среды, сборник материалов [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2008.
5. Технологическая линия безотходной переработки облепихи (RU № 2520992 С1 МПК С11В 1/00, опубл. 27.04.2014)
6. Исследование процесса получения облепихового сока из замороженного сырья в электромагнитном поле сверхвысоких частот / Т. И. Котова, А. Г. Хантургаев, А. И. Котов, Э. В. Ягелло // Вестник ВСГУТУ. – 2021. – № 2(81). – С. 25-32.
7. Изучение процесса получения десертной пасты в электромагнитном поле сверхвысоких частот / А. Г. Хантургаев, Т. И. Котова, Г. И. Хараев, В. А. Хантургаева // Вестник ВСГУТУ. – 2018. – № 1(68). – С. 41-46.
8. Способ переработки плодов облепихи (RU № 2490916 С1, МПК А23В 7/08, А23L 2/02, А23L 2/7054, опубл. 27.08.2013)
9. Способ сушки плодово-ягодного сырья, преимущественно замороженного Котова Т.И., Хантургаева Г.И., Хантургаев А.Г., Ширеторова В.Г. Патент на изобретение RU 2322067 С1, 20.04.2008. Заявка № 2006127527/13 от 28.07.2006.
10. Джаруллаев Джарулла Саидович. Научно-технические принципы создания интенсивных технологий переработки плодово-ягодного сырья с использованием электромагнитного поля сверхвысокой частоты : Дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.01 Махачкала, 2005 243 с. РГБ ОД, 71:05-5/659
11. Устройство для получения облепихового масла или сока Протасов Г.И., Хантургаев А.Г., Котова Т.И., Хантургаева В.А. Патент на полезную модель RU 187479 U1, 06.03.2019. Заявка № 2018144207 от 13.12.2018.
12. Способ комплексной переработки плодов облепихи Котова Т.И., Хантургаев А.Г., Котов А.И., Ягелло Э.В. Патент на изобретение RU 2785625 С2, 09.12.2022. Заявка № 2021105399 от 03.03.2021.

THE TECHNOLOGY OF COMPLEX PROCESSING OF SEA BUCKTHORN USING MICROWAVE EMF: PRACTICAL IMPLEMENTATION

¹Kotova Tatyana Ivanovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Technological machines and equipment. Agroengineering"

²Khanturgaev Andrey Germanovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Faculty of Biotechnology;

³Tsytsykov Vladimir Anatolyevich, 2nd year undergraduate student of the direction "Technological machines and equipment"

^{1,3}East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia, e-mail: ¹tatianakotova74@mail.ru

²Federal State Educational Institution of Higher Education "ITMO National Research University", Saint Petersburg, Russia, e-mail: aavn@mail.ru

In the Republic of Buryatia, in particular in the Selenginsky district, sea buckthorn is an industrial berry crop, the economically feasible harvest of which currently reaches 400 tons per year. The aim is to scientifically substantiate the innovative technology of deep processing of sea buckthorn using microwave (EMF microwave) and vacuum microwave (VEMP microwave) exposure. In production conditions, using the equipment park of the industrial partner (LLC MIP BaikalEkoProdukt), experiments were conducted to determine the operating parameters of defrosting, drying, and hydro-pressing and the possibility of practical implementation of the developed technology of deep processing of sea buckthorn was proved.

ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТАВА ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТЕЙ ЗЕРНА ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ФЕРМЕНТАТИВНОМ ГИДРОЛИЗЕ

¹Кузнецова Елена Анатольевна, д-р техн. наук, доцент,
зав. кафедрой промышленной химии и биотехнологии

²Лазарева Татьяна Николаевна, канд. техн. наук,
научный сотрудник НОЦ «Биотехнологии и химические технологии»

³Кузнецова Елена Александровна, ассистент, аспирант кафедры
промышленной химии и биотехнологии

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева»,
Орел, Россия, e-mail: elkuznetcova@yandex.ru

Цель – исследование микроэлементного состава периферических частей зерна после ферментативного гидролиза. Новизна заключается в том, что изучена модификация полисахаридов оболочек зерна злаковых культур под действием ферментного препарата на основе целлюлаз и фитазы. Установлено, что после замачивания в растворе ферментного препарата, происходит изменение рельефа поверхности зерна, соотношения кристаллической и амморфной целлюлозы, увеличение диаметра пор в семенных и плодовых оболочках и миграция микроэлементов в пределах зерновки. Обнаружено снижение количества изучаемых элементов в результате гидролиза в алейроновом слое и значительное повышение в эндосперме.

По мнению нутрициологов, традиционное питание не может удовлетворить потребность населения индустриально развитых стран в микроэлементах, витаминах, пищевых волокнах. С ростом доказательств роли диеты в снижении риска хронических заболеваний потребители делают выбор в пользу зерновых продуктов с большим количеством пищевых волокон и антиоксидантов. В ряде исследований сообщалось, что потребление цельнозерновых продуктов снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний, различных типов рака, диабета 2 типа и ожирения [1, 2, 3]. Разнообразные защитные эффекты цельного зерна обусловлены тем, что оно богато многими биологически активными веществами, необходимыми для профилактики заболеваний цивилизации [4].

В последние годы в хлебопекарной промышленности возросло применение ферментных препаратов ксиланаз, это обусловлено тем, что ксиланазы превращают водонерастворимую форму арабиноксилана в водорастворимую. Водорастворимый арабиноксилан вступает в реакцию с водой в тесте и улучшает свойства хлеба [5].

Известно, что формой хранения фосфора в семенах злаков является фитиновая кислота, которая оказывает влияние на питательные и функциональные свойства пищевых ингредиентов. Фитаты недоступны моногастральным животным, включая человека, из-за отсутствия фитазы в их желудочно-кишечном тракте. Фитаты известны как сильные хелаторы для двухвалентных металлов, таких как Ca^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} и Mg^{2+} [6]. Фитазы разлагают фитиновую кислоту, присутствующую в злаковой муке, на неорганический фосфат и делают его доступным для усвоения животными и человеком [7].

Муку из зерна злаковых культур обрабатывали смесью ферментов (фитаза, ксиланаза и целлюлаза), и было установлено, что содержание фитиновой кислоты снижается до >90% с сопутствующим увеличением выделения сахаров из муки [8]. Фитаза выделенная *Oiz S. thermophile* повышала содержание редуцирующих сахаров, белка и неорганических фосфатов в пшеничной муке [9]. Комбинаторное действие ксиланазы, фитазы и β -глюканызы на зерно пшеницы усиливало деградацию некрахмальных полисахаридов, а также усиливало перераспределение ионов поливалентных металлов [10]. Биологически активные соединения могут быть высвобождены путем целенаправленной дезинтеграции матричных компонентов клеточной стенки семенной оболочки зерна. Дезинтеграция этих матриц с помощью ферментативного гидролиза влияет на их структуру и доступность минеральных элементов [11].

Целью работы является исследование микроэлементного состава периферических частей зерна после ферментативного гидролиза.

Новизна заключается в том, что изучена модификация полисахаридов оболочек зерна злаковых культур под действием ферменного препарата на основе целлюлаз и фитазы.

Определение соотношения форм целлюлозы проводили по методу Гайковской. Определение фитазной активности проводили по количеству высвободившейся фосфорной кислоты. Перераспределение микроэлементов в периферических частях зерна злаковых культур изучали с помощью энергодисперсионного спектрометра в системе электронного сканирующего микроскопа JEOL JSM 6390. ЭДС – детектор в системе растрового электронного сканирующего микроскопа позволяет проводить количественный рентгеновский микроанализ в определенной точке объекта исследования с одновременным получением микроструктурного изображения и получать схемы распределения химических элементов, а также их спектры.

Было исследовано шесть средних проб зерна злаковых культур (пшеница, рожь, тритикале, овсе, ячмень и полба), отобранных в Орловской области. Зерно было обработано с помощью комплексного ферментного препарата, (продуцент *Penicillium canescens*). В состав препарата входили целлюлаза (активность - 469 ед/г), β -глюканаза (активность – 5000 ед/г), ксиланаза (активность – 1000 ед/г), фитаза (активность - 20000 ед/г). Сухой комплексный ферментный препарат перемешивали на магнитной мешалке с буфером на основе янтарной кислоты (рН 4,6) в течение 0,5 часов при концентрации 0,6 г/л⁻¹. Затем в раствор отдельно помещали зерно злаковых культур при соотношении зерно:раствор 1:2 и выдерживали термостате в течение 8 часов при оптимальной температуре для действия ферментов, входящих в состав препарата, которая составила 50°C. После инкубации ферменты дополнительно не инактивировали. По истечении времени обработки ферментным препаратом зерно промывали проточной водопроводной водой комнатной температуры в течение 5 минут. Затем из средней пробы зерна злаковых культур массой 10 г были выбраны отдельные зёрна и приготовлены их поперечные срезы. Срезы обрабатывали напылением платиной в настольной вакуумной установке JEC-3000FC и помещали на предметный столик, покрытый углекислым скотчем. ЭДС-анализ химического состава компонентов золы (Na, P, S, K, Mn, Fe, Mg, Ca, Al, Si, Cl, Zn, Se, Mo) определяли методом энергодисперсионной спектроскопии на аналитическом растровом электронном микроскопе. Разрешение микроскопа составляло 4 Нм при ускоряющем напряжении 20 кВ (изображение вторичных электронов). При проведении элементного анализа рабочее расстояние (WD) составляет 10 мм.

Получены микрофотографии поверхности поперечных срезов клеточных стенок и алейронового слоя нативного зерна злаковых культур. Установлено, что фосфор, калий, магний, медь находятся в большем количестве в жизнедеятельном алейроновом слое. Кобальт, никель, алюминий, кальций, хром, медь, селен и кадмий преобладают на поверхности зерновки и бородки.

В алейроновом слое зерновки пшеницы, полбы и ржи по массе преобладают фосфор, магний и калий, тритикале – сера, медь и свинец. В семенных оболочках в зерне пшеницы, ржи, овса и ячменя калия больше, чем других элементов, в зерне тритикале - свинца. В плодовых оболочках пшеницы преобладают кальций и медь, для ржи, овса и ячменя спектр этих элементов шире и представлен медью, калием, фосфором, кальцием, серой, для тритикале и полбы – кальцием, калием, серой, медью, свинцом.

После проведения процесса ферментации с помощью электронного сканирующего микроскопа было обнаружено изменение микроструктуры поверхности зерна и поперечных срезов. Установлено, что структура поверхности зерна пшеницы, ржи, тритикале, полбы, овса и ячменя претерпевает модификацию, которая выражается в появлении депрессий рельефа поверхности (впадин, понижений), оголении параллельно расположенных микрофибрилл целлюлозы и разрушения отдельных гемицеллюлозных связок между микрофибриллами. Было изучено действие отдельно взятых ферментов, входящих в состав комплексного препарата, на микрофруктуру клеточной стенки. Было определено, что в первые часы ферментативного воздействия гидролизу подвергаются глюкан и ксилан – компоненты гемицеллюлоз. В оболочках злаковых культур в результате гидролиза гемицеллюлоз появляются поры. Установлен диаметр пор, который составил 0,58-0,70 мкм, в то время как в зерне, замоченном в воде диаметр пор был равен 0,32-0,48 мкм. Известно, что фибриллы целлюлозы образуют однородные высокоупорядоченные кристаллические зоны, которые череду-

ются с неоднородными менее упорядоченными аморфными участками. Для гидролитических процессов наиболее доступны аморфные участки биополимера. По мере протекания реакций ферментативного гидролиза кристаллические зоны претерпевают модификацию. В таблице 1 представлены результаты определения соотношения кристаллической и аморфной целлюлозы в зерне злаковых культур после проведения ферментативного гидролиза.

Таблица 1

Влияние процесса ферментации на соотношение кристаллической и аморфной целлюлозы в зерне злаковых культур

Зерновая культура	Нативное зерно	Зерно после ферментации
пшеница	2,62	2,21
полба	2,74	2,35
рожь	2,75	2,60
тритикале	2,33	2,00
овес	2,11	1,68
ячмень	3,37	2,85

Полученные данные показывают, что в нативном зерне хлебных злаков преобладают кристаллические участки целлюлозы. Для зерна ячменя выявлено максимальное соотношение кристаллической и аморфной целлюлозы. После ферментации с помощью комплексного ферментного препарата на основе целлюлаз соотношение разных форм целлюлозы изменилось в сторону уменьшения. Вероятно это изменение произошло вследствие процессов модификации некрахмальных полисахаридов клеточных стенок. Наименьшее соотношение обнаружено для зерна овса, а наибольшее – для зерна ячменя.

Проведены исследования по изучению скорости выхода фосфорной кислоты из зерновых субстратов в процессе ферментации. Этот показатель косвенно характеризует фитазную активность. По истечению 8 часов ферментации фитазная активность зерновых субстратов медленно нарастала по мере набухания зерна и увеличивалась в 1,6-1,8 раз. Скорость выхода фосфорной кислоты была почти одинакова для разных злаковых культур, но наиболее высокой она была для зерна овса. Это свидетельствует о том, что после модификации некрахмальных полисахаридов зерновки злаковых культур начинается процесс распада фитина.

В алейроновом слое зерна всех изучаемых злаковых культур количество фосфора, кальция, марганца, железа, меди, цинка снижается по сравнению с нативным зерном. Экспериментально установлено, что при снижении количества минеральных элементов в алейроновом слое, значительно возрастает их содержание в эндосперме после ферментации. Полученные экспериментальные данные показывают, что в процессе гидролиза фитина фитазой распадаются комплексы, образованные фитином с кальцием, магнием, марганцем, железом, медью и цинком. Эти химические элементы мигрируют в эндосперм, где находятся основные питательные вещества и включаются в процессы распада запасных биологических полимеров.

Установлено, что распад фитина в зерне, замоченном в воде, начинается через 12-14 часов, в то время как под действием комплексного ферментного препарата этот процесс ускоряется и выделение фосфорной кислоты в экстракт начинается через 7-8 часов замачивания. Ускорение процесса гидролиза фитина связано с тем, что комплексный ферментный препарат содержит фитазу, фитаза проникает вместе с влагой через поры в семенной и плодовой оболочках после модификации некрахмальных полисахаридов клеточных стенок. Глобулы фитина на микрофотографиях, полученных с помощью электронного сканирующего микроскопа, в течение времени замачивания с ферментным препаратом на основе целлюлаз постепенно теряют четкие очертания. Это свидетельствует о процессе гидролиза при котором высвобождается фосфорная кислота, фитиновая кислота и ионы минеральных элементов.

Подготовленное таким образом зерно злаковых культур можно использовать для создания зерновых продуктов, например зернового хлеба, предназначенных для функционального питания.

Полученные данные говорят о высвобождении минеральных элементов из комплексов с фитином и некрахмальными полисахаридами в результате проведения процесса ферментации и повы-

шении доступности биогенных микроэлементов в зерне изучаемых культур и соответственно зерновых продуктах на их основе. Таким образом ферментация с использованием комплексного ферментного препарата, в состав которого входят ферменты целлюлаза, ксиланаза, β -глюканаза и фитаза, является перспективным приемом биотехнологической обработки зерна злаковых культур с целью повышения пищевой ценности и доступности биологически активных соединений при создании зерновых продуктов предназначенных для функционального питания.

Автор приносит благодарность Российскому Научному Фонду за финансирование исследований, проведенных в рамках выполнения Гранта РФФ 24-26-00259.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Duchoňová, L. Cereals as basis of preventing nutrition against obesity. / L. Duchoňová, E. Šturdík // *Potravinárstvo*. 2010. - Vol. 4. - P.6-15
2. Giacco, R. Effects of the regular consumption of wholemeal wheat foods on cardiovascular risk factors in healthy people./ R. Giacco, G. Clemente, D. Cipriano, D. Luong, D. Viscovo, L. Patti // *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2020. – V.20. – P. 186-194
3. Ye, E.Q. Greater whole-grain intake is associated with lower risk of type 2 diabetes, cardiovascular disease, and weight gain./ E.O. Ye, S.A. Chacko, A.L. Chou, M. Kugizaki, S. Liu // *Journal of Nutrition*, 2012. – V.142. – P.1304-1313
4. De Vries, R. P. Synergy between enzymes from *Aspergillus* involved in the degradation of plant cell wall polysaccharides. / R.P. De Vries, H.C.M. Kester, CH. H. Poulsen, J.A.E. Benen, J. Visser // *In Carbohydrate Research*. 2000, – V.327. – I. 4. – P. 401–410
5. Sharma, K. Xylanases for food applications. / K. Sharma, A. Thakur, A. Goyal // in: B. Parameswaran (Ed.), *Energy, Environment, and Sustainability*, Springer Nature, Singapore, 2019. – P. 99–118, , https://doi.org/10.1007/978-981-13-3263-0_7 *Green Bio-Processes*.
6. Singh B. Fungal phytases: characteristics and amelioration of nutritional quality and growth of non-ruminants / B. Singh, T. Satyanarayana // *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2015. – V. 99 – P. 646–660
7. Singh, S.B. Biocatalytic potential of protease-resistant phytase of *Aspergillus oryzae* SBS50 in ameliorating food nutrition, / S. B. Singh // *Biocatal. Biotransform.* 2015. –V. 33 (3) – P. 167–174
8. Baye, K. Enzymatic degradation of phytate, polyphenols and dietary fibers in Ethiopian injera flours: effect on iron bioaccessibility. / K. Baye, J.-P. Guyot, I.-V. Christele, I. Rochette, M.-R. Clarire // *Food Chem.* 2015. – V. 174 – P. 60–67.
9. Ranjan, B. Characteristics of recombinant phytase (rSt-Phy) of the thermophilic *Sporotrichum thermophile* and its applicability in dephytinizing foods. / B. Ranjan, S. Bijender, T. Satyanarayana // *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2015. –V. 177. – P. 1753–1766.
10. Kuznetsova, E. Redistribution of mineral elements in wheat grain when applying the complex enzyme preparations based on phytase, / E. Kuznetsova, L. Cherepnina, S. Motyleva, J. Brindza // *Potravinárstvo* ® *Scientific Journal for Food Industry* 2016. № 10 (1), <https://doi.org/10.5219/413>
11. Kuznetsova, E. Composition and microstructure alteration of triticale grain surface after processing by enzymes of cellulase complex. / E. Kuznetsova, S. Motyleva, M. Mertvisheva, V. Zomitev, J. Brindza // *Potravinárstvo* ® *Scientific Journal for Food Industry* – 2016 – no.1 – P.23-29

CHANGES IN SOME PARAMETERS OF THE COMPOSITION OF THE PERIPHERAL PARTS OF CEREAL GRAINS DURING ENZYMATIC HYDROLYSIS

¹Kuznetsova Elena Anatolyevna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Industrial Chemistry and Biotechnology

²Lazareva Tatyana Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences,
Researcher at the Scientific Research Center "Biotechnology and Chemical Technologies"

³Kuznetsova Elena Aleksandrovna, Assistant, Post-graduate student of the
Department of Industrial Chemistry and Biotechnology

^{1,2,3}Oryol State University named after I. S. Turgenev, Orel, Russia,
e-mail: elkuznetcova@yandex.ru

The aim of the work is to study the microelement composition of the peripheral parts of the grain after enzymatic hydrolysis. The novelty lies in the fact that the modification of polysaccharides of cereal grain shells under the action of an enzyme preparation based on cellulases and phytase has been studied. It was found that after soaking in a solution of an enzyme preparation, there is a change in the grain surface relief, the ratio of crystalline and amorphous cellulose, an increase in the pore diameter in seed and fruit shells and migration of trace elements within the grain. A decrease in the number of studied elements was found as a result of hydrolysis in the aleurone layer and a significant increase in the endosperm.

ПУТИ СОЗДАНИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

¹Ламажапова Галина Петровна, д-р биол. наук, доцент, зав. кафедрой «Биотехнология»

²Сордонова Елена Валериановна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры «Биотехнология»

³Гомбоева Саяна Владимировна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры «Биотехнология»

⁴Жамсаранова Сэсэгма Дашиевна, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры «Биотехнология»

⁵Балханова Арюна Баировна, аспирант кафедры «Биотехнология»

^{1,2,3,4,5}ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», Улан-Удэ, Россия,
e-mail: ¹lamazhap@mail.ru; ²lena_mangsord@mail.ru; ³sv2@rambler.ru

Цель исследований – разработка и научное обоснование формирования заданных свойств сырья животного, растительного и микробного происхождения за счет прижизненного системного управления трофической цепью для обеспечения безопасности и стабильности функционально-технологических характеристик продуктов питания. Представлены некоторые примеры получения кормовых добавок с заранее прогнозируемыми свойствами с использованием различных способов. Направленное действие кормовых добавок смоделировано введением в их состав безопасных форм биологически активных веществ, таких, как биоактивные пептиды, витамины и витаминные комплексы, эссенциальные микроэлементы. Результаты экспериментальных исследований на сельскохозяйственных животных и птице показали перспективность предложенных способов прижизненного формирования продуктов животного происхождения с заданным составом и функционально-технологическими свойствами.

Разработка новых кормовых добавок с целенаправленным действием имеет важное значение как для здоровья животных, так и для здоровья человека. В условиях современного животноводства, где требования к качеству продукции и соблюдению стандартов безопасности постоянно растут, инновационные кормовые добавки становятся ключевым инструментом в профилактике заболеваний и поддержании оптимальных физиологических процессов в организме животных.

Во-первых, такие добавки помогают укреплять иммунную систему животных, снижая заболеваемость и количество антибиотикорезистентных патогенов. Это особенно актуально в условиях интенсивного производства, где высокая плотность населения животных повышает риск вспышек инфекционных заболеваний. Использование функциональных компонентов способствует улучшению микробиоты кишечника, что, в свою очередь, усиливает защитные механизмы организма.

Во-вторых, кормовые добавки могут оказывать целенаправленное действие на метаболизм животных, увеличивая усвоение питательных веществ и повышая эффективность кормления. Это особенно важно для животноводства, где экономические показатели во многом зависят от рационального использования кормов. Оптимизация пищеварительных процессов способствует не только увеличению роста и продуктивности животных, но и снижению выбросов парниковых газов, так как более полное усвоение пищи приводит к снижению количества непереваренных остатков.

Также стоит отметить, что здоровье животных напрямую связано с качеством и безопасностью продуктов питания для человека. Актуальные разработки в области кормовых добавок могут способствовать снижению содержания вредных веществ, таких как антибиотики и тяжелые металлы, в мясной и молочной продукции. Это, в свою очередь, повышает доверие потребителей к продуктам животноводства и способствует улучшению общественного здоровья.

Наконец, исследования в области создания новых кормовых добавок открывают новые горизонты для использования натуральных компонентов, таких как экстракты растений, что позволяет снизить нагрузку на окружающую среду и повысить устойчивость производственных систем. Таким

образом, разработка целенаправленных кормовых добавок имеет множество преимуществ и является важным шагом на пути к устойчивому и безопасному животноводству, способствующему здоровью как животных, так и человека.

Кормовыми добавками направленного действия являются премиксы и корма, имеющие в составе комплекс витаминов, минералов, биологически активных веществ и добавок, аминокислот, стимуляторов, антиоксидантов, способных скорректировать, восстановить или улучшить деятельность организма сельскохозяйственных животных, а также прижизненно формировать накопление эссенциальных факторов в продовольственном сырье. Данный подход позволяет формировать функциональные свойства новых видов пищевых продуктов и осуществляется с использованием принципа пищевой комбинаторики, т.е. с учетом количественного подбора компонентов сырья и добавок, вносимых в рацион кормления сельскохозяйственных животных, с целью обеспечения состава готового продукта.

Целью наших исследований явилась разработка и научное обоснование формирования заданных свойств сырья животного, растительного и микробного происхождения за счет прижизненного системного управления трофической цепью для обеспечения безопасности и стабильности функционально-технологических характеристик продуктов питания.

Системность подхода для обеспечения потребителя продуктами животного происхождения прогнозируемого состава и функциональной направленности обеспечивается через взаимосвязанную последовательность отдельных звеньев единой трофической цепи. (Рис. 1) Использование пищевой цепи через кормовую базу сельскохозяйственных животных позволяет получить продукты функционального назначения с заранее заданными свойствами[1].

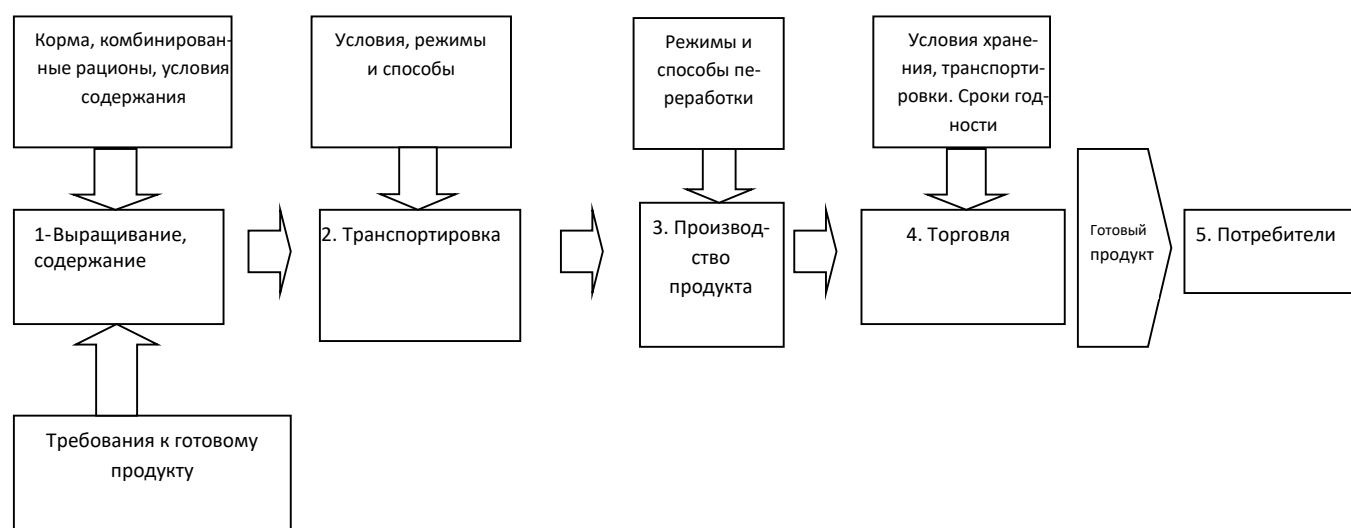


Рис 1. Схема трофической цепи от поля до потребителя.

Одной из реальных проблем сельхозпроизводителей являются ощутимые затраты на приобретение кормовых добавок, обогащенных витаминами и высокоэффективными биологически активными веществами. Для решения проблемы получения дешевых кормовых добавок, имеющих способность компенсировать витаминную недостаточность, нами предложена линейка кормовых добавок на основе цеолитовой муки и продуктов переработки сырья животного, растительного и микробиологического происхождения.

Восстановление функционального состояния иммунной системы является непременным условием успеха комплексной терапии различных патологических состояний сельскохозяйственных животных. В качестве современных полифункциональных кормовых добавок фермеры и хозяйства отдают предпочтение добавкам на основе натурального природного сырья, способного не только повышать продуктивность сельскохозяйственных животных и птиц, но и стабилизировать их защитные силы организма, стрессоустойчивость и общее состояние. Использование кормовых добавок на основе цеолитов в качестве сорбентов биологически активных веществ (БАВ) широко используется в практике создания продовольственного сырья с заданными свойствами.

Исследованы иммуномодулирующие кормовые добавки, полученные путём адсорбции биологически активных фракций селезенки, лимфоузлов и тимуса крупного рогатого скота на поверхности цеолитов Холинского месторождения с диаметром измельчения 0,1 – 1,0 мм[2]. Использование данных кормовых добавок в рационе телят и молодняка КРС способствует восстановлению иммунного статуса животных, усилению их стрессоустойчивости, повышению сопротивляемости организма к инфекциям и незаразным заболеваниям, увеличению продуктивности животных.

В качестве альтернативы пептидным иммуномодуляторам источниками биологически активных веществ могут выступать продукты растительного происхождения.

Одним из вторичных продуктов получения облепихового масла является облепиховый сок непищевого назначения. При этом по химическому составу данный сок характеризуется высоким содержанием водо- и жирорастворимых витаминов, а также других биологически активных веществ. Полифункциональная кормовая добавка на основе комплексного использования природных минералов и биологически активных веществ облепихового сока характеризуется высокой способностью восстановления иммунного статуса животных и резистентности к различным заболеваниям, поэтому их использование целесообразно в комплексной терапии незаразных болезней сельскохозяйственных животных.

Одной из причин роста алиментарно-зависимых заболеваний является дефицит таких микронутриентов как микроэлементы. В этой связи нами исследованы и разработаны кормовые добавки способствующие восстановлению микроэlementной недостаточности, как в организме самого животного, так и в продуктах питания в рационе человека. К наиболее распространенным микроэlementозам относятся дефицит йода, цинка, селена, железа, фтора, кальция, магния. Недостаточное потребление эссенциальных микроэlementов является постоянно действующим этиопатогенетическим фактором, отсутствие микроэlementов в рационе животных приводит к получению продуктов питания с таким же дефицитом микроэlementов. Использование кормовых добавок, обогащенных эссенциальными микроэlementами, способствует не только накоплению данных микроэlementов в организме животных, но и формированию безопасных и легкоусвояемых органических форм за счет их биотрансформации в организме животного.

Так, разработанные кормовые добавки для крупного рогатого скота и для сельскохозяйственной птицы, содержащие органические формы микроэlementов йод, селен, позволяют во-первых, восполнять йод- и селендефицит у животных, а во-вторых, получать от них продукты животноводства с повышенным содержанием этих эссенциальных микроэlementов в легко усвояемой форме[3].

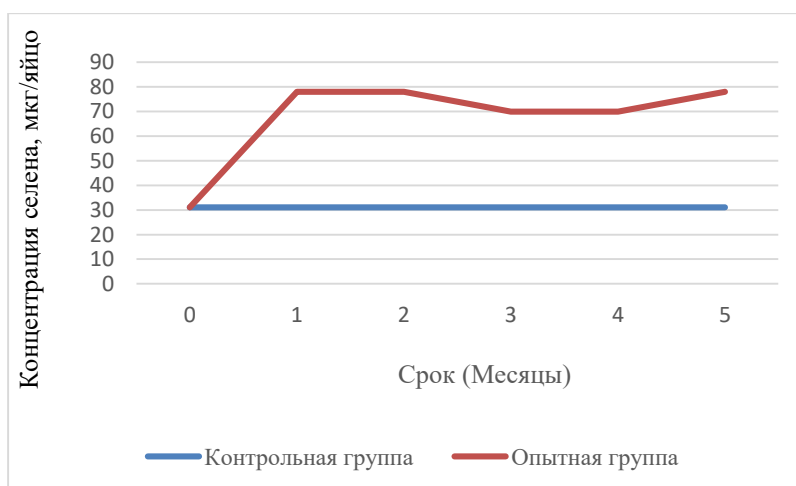


Рис. 2. Динамика накопления селена в яйцах кур

Проведенный эксперимент показал, что при внесении в рацион кур селенобогатенной кормовой добавки в течение 3-х месяцев, позволило получить селенизированные куриные яйца, при употреблении 100 г продуктов из них, способно обеспечить суточную потребность взрослого человека в селене (рис.2). Использование комплексной кормовой добавки для птиц, содержащей имму-

билизованные формы микроэлементов йод и селен в органически связанном виде, не только позволило снизить дозу внесения добавки в рацион птицы, но и способствовало получению продуктов птицеводства с достаточным содержанием эссенциальных микроэлементов, как в яйцах, так и мясных продуктах, приготовленных из тушек сельскохозяйственных птиц[3].

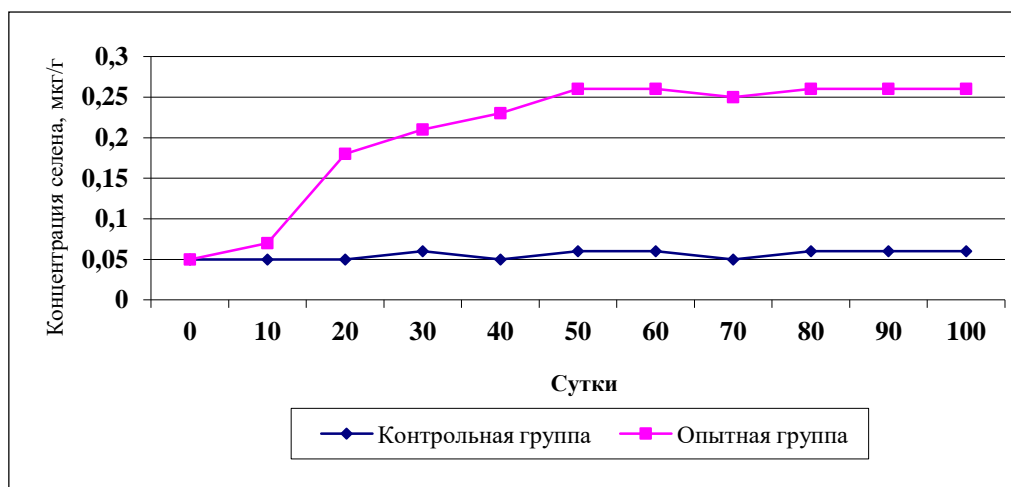


Рис. 3 Динамика накопления селена в молоке коров, получавших и не получавших кормовую добавку

При введении аналогичной (и адаптированной для крупного рогатого скота) кормовой добавки в рацион лактирующих коров (рис. 3) из расчета 200 г в сутки, содержащей 931 мкг селена, установлено увеличение концентрации селена в молоке. Повышение содержания селена в молоке благоприятно действовало на рост и развитие молодняка, за счет снижения селендефицитных состояний у новорожденных телят-подсосов. Максимальная концентрация селена в молоке коров, получавших селенсодержащую кормовую добавку, достигала 54 мкг селена на 200 мл молока[4]. Данная доза связанного и трансформированного в результате метаболизма животного селена при постоянном использовании позволит устранить недостаточность эссенциального микроэлемента в пищевом рационе жителей биогеохимических провинций регионов с селеновой недостаточностью.

Дефицит цинка также является, в основном, результатом недостаточного поступления его с пищей. Цинк входит в состав коферментов многих ферментов (более 300) и участвует в самых разнообразных процессах клеточного деления, роста и функционирования. Цинк регулирует функции иммунной системы. При недостатке цинка в первую очередь проявляются признаки недостаточной активности иммунной системы (иммунодефициты). Влияние цинка на дифференцировку Т-лимфоцитов обусловлено тем, что он входит в состав тимулина, который ответственен за содержание и дифференцировку Т-клеток[5]. При недостатке цинка у животных наблюдается инволюция тимуса, снижается число Т-хелперов, уменьшается соотношение CD_4^+/CD_8^+ (Т-хелперы /Т-супрессоры) клеток, а также число цитолитических лимфоцитов (CD_8^+) снижается продукция В-лимфоцитами иммуноглобулинов G[6].

Оценку эффективности кормовой добавки, содержащей связанные формы микроэлементов йод и цинк [7], на функциональное состояние иммунной системы организма проводили на модели иммуносупрессии, вызванной введением азатиоприна подопытным животным. Введение азатиоприна в концентрации 25 мг/кг массы животного вызывало снижение выработки IgA на 86%, IgM - на 98%, IgG - на 83%. Введение исследуемой добавки на фоне иммунодефицита, вызванного введением азатиоприна, вызвало резкое увеличение выработки антител IgA, IgG, IgM. Уровень антител превысил соответствующие показатели интактных животных в 1,7-2 раза (IgA - до уровня таковых в интактной группе, IgM - в 2 раза, IgG - в 1,7 раза), что указывает на стимулирующий характер действия кормовой добавки, содержащей связанные формы цинка[7].

Введение разработанной добавки на фоне йодной недостаточности, повышало не только уровень гормонов щитовидной железы, но и антиоксидантный статус организма, снижало выраженность оксидативного стресса, вызванного дефицитом йода[8]. Использование данной кормовой добавки позволит не только повысить содержание эссенциальных микроэлементов в продуктах животноводства, но и существенно улучшить состояние сельскохозяйственных животных.

Еще одно из направлений исследований разработки кормовых добавок с заданными свойствами является получение модифицированных микроэлементных источников с помощью биотрансформации их микробным способом. Кормовая добавка «Биосиликат» получена полностью микробиологическим путем, за счет накопления биокремния на кремниевых минеральных субстратах [9]. Силикатные бактерии способны высвобождать кремний в почве, что может быть полезным для растений - участвует в образовании структурных тканей, обуславливающих стойкость несущих конструкций остова растений. Предполагается, что кремний в растворённом виде способствует увеличению поступления энергии для метаболических процессов, что выражается в усилении интенсивного роста растений.

Использование культуры *Paenibacillus polymyxa* в качестве создания кормовой добавки даёт увеличение продуктивности животных, способствуя улучшению пищеварения у животных, повышает усвояемость питательных веществ, существенно экономит расход дефицитных кормов благодаря содержанию в биомассе мощной ферментативной системы, большого количества белка, аминокислот, а также культуры *Paenibacillus* являются продуцентом витамина В1[9].

Культивирование на питательной среде культур *P. polymyxa* штаммов ВСГУТУ-1 и ВСГУТУ-2 в присутствии источника кремния показали значительный прирост урожая биомассы [10]. Полученная биомасса культур способна переводить кремний в биодоступную форму, что важно для кормовой добавки. Установлено, что добавление в рацион разработанной кормовой добавки не вызывает каких-либо неблагоприятных факторов на усвояемость питательных веществ. Исследование эффективности полученной кормовой добавки на основе культуры *P. polymyxa* показало привес животных на 26%, что на 16% превышал интактной группу.

Биотрансформация минеральных компонентов за счет жизнедеятельности микробиологических культур является одним из наиболее безопасных путей получения обогащенных эссенциальными или биологически важными микроэлементами в безопасной, связанной форме. Выход биомассы в виде органических соединений уникального состава, с увеличенным содержанием микроэлементов не характерных для пищевых кормов, позволит корректировать состояние здоровья сельскохозяйственных животных и получать продовольственное сырье обогащенное данными микроэлементами.

Схема внесения биологически активных компонентов на разных уровнях трофических связей дает возможность получения продуктов с заранее задуманными свойствами. При использовании обогащенного или метаболически измененного производственного сырья, полученного максимально безопасным способом, расширяется традиционный ассортимент продуктов птицеводства и мясных продуктов, полученных путем направленного формирования компонентного состава сырья

Внесение данных компонентов непосредственно в корма сельскохозяйственным животным и птице позволяет корректировать содержание БАВ в рационе животных и птиц. Это устраняет алиментарную недостаточность кормов, способствует восстановлению и поддержанию здорового статуса животных и птицы, а также формирует продовольственное сырье высокого качества с направленной функциональностью, имеющее биологически активные компоненты и показатели в составе продуктов питания, необходимые для формирования здоровья населения. Полученное продовольственное сырье не только носит профилактический характер коррекции алиментарного статуса населения, но и способствует освобождению от зависимости постоянного употребления искусственных биологически активных добавок в виде таблеток, порошков и т.п.

Способы прижизненного формирования продуктов животного происхождения с заданными составом и функционально-технологическими свойствами открывают перспективы развития традиционных блюд в новом качестве. Привычное, обыденное сырье для приготовления ежедневных блюд становится и питательным, и полезным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернуха И.М. Теория и практика производства мясных продуктов биокорректирующего действия путем системного управления трофологической цепью от поля до потребителя: автореф. дис. ... д-ра техн.наук. – Москва, 2009. – 52 с.
2. Хонихоева С.В., Жамсаранова С.Д., Сордонова Е.В., Зонхоева Э.Л. Модифицирование природных цеолитовых туфов Мухор-Талинского месторождения органическими комплексами селена и йода // Химия в интересах устойчивого развития. - 2012.– Т. 20. - №2. - С. 259-264.
3. Хонихоева С.В. Разработка комплексной кормовой добавки для получения мяса птицы, обогащенного селеном и йодом: автореф. дис. ... канд.техн.наук. – Улан-Удэ, 2012. – 16 с.
4. Жамсаранова С.Д., Нимацыренова Л.Г. Селенобогатая добавка для молока и сливочного масла // Сыроделие и маслоделие. - 2009. - №3. - С. 55-56.
5. Зорин С.Н. Получение и физико-химическая характеристика комплексов эссенциальных микроэлементов (цинк, медь, марганец, хром) с ферментативными гидролизатами пищевых белков // Микроэлементы в медицине. – 2007. - № 8. - С. 53-55.
6. Eugenio Mucchegiani, Lory Santarelli, Mario Muzzioli, Nicola Fabris. Reversibility of the thymic involution and of age-related peripheral immune dysfunctions by zinc supplementation in old mice // International Journal of Immunopharmacology, volume 17, Issue 9, September 2015. – P. 703-718.
7. Сордонова Е.В., Жамсаранова С.Д., Лыгденов Д.В. Разработка и характеристика органических производных йода и цинка // Вестник ВСГУТУ. – 2018. - №2(69). – С. 73-79.
8. Лыгденов Д.В., Сордонова Е.В., Жамсаранова С.Д. Влияние органических форм йода и цинка на соотношение прооксидантных и антиоксидантных систем организма при йодной недостаточности // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2017. - №4(23). – С. 36-43.
9. Ха Т.З., Канарский А.В., Канарская З.А., Щербаков А.В., Щербакова Е.Н. Перспектива применения бактерий рода *Paenibacillus* в промышленной биотехнологии для получения биопрепаратов сельскохозяйственного назначения // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2020. № 3 (47). С. 74–84.
10. Балханова А.Б., Гомбоева С.В. Влияние состава питательной среды на рост *Paenibacillus polymyxa* // Актуальная биотехнология. - 2023. - № 4. - С. 12.

WAYS TO CREATE DIRECTED ACTION FEED ADDITIVES

¹Lamazhapova Galina Petrovna, Doctor of Biolog. Sciences, Head of the Department of Biotechnology

²Sordonova Elena Valerianovna, Ph.D, Associate Professor of the Department of Biotechnology

³Gomboeva Sayana Vladimirovna, Ph.D, Associate Professor of the Department of Biotechnology

⁴Zhamsaranova Sesegma Dashievna, Professor of the Department of Biotechnology

⁵Balhanova Aryuna Bairovna, Graduate student of the Department of Biotechnology

^{1,2,3,4,5}East Siberia State University of Technology and Management

Ulan-Ude, Russia, e-mail: ¹lamazhap@mail.ru; ²lena_mangsord@mail.ru; ³sv2@rambler.ru

The aim of the research is to develop and scientifically substantiate the formation of specified properties of raw materials of animal, plant and microbial origin due to the intravital systemic management of the trophic chain to ensure the safety and stability of the functional and technological characteristics of food products. The work presents some examples of obtaining feed additives with pre-predictable properties using various methods. The targeted action of feed additives is modeled by introducing into their composition safe forms of biologically active substances, such as bioactive peptides, vitamins and vitamin complexes, essential microelements. The results of experimental studies on farm animals and poultry have shown the promise of the proposed methods of intravital formation of animal products with specified composition and functional and technological properties.

ВЛИЯНИЕ L-КАРНИТИНА НА МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

¹Макеев Игорь Владимирович, аспирант кафедры пищевой биотехнологии

²Романенко Наталья Юрьевна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹igor39@bk.ru; ²nataliya.mezenova@klgtu.ru

Рассматривается вопрос использования L-карнитина в качестве средства, регулирующего метаболические процессы при физических нагрузках. Для эффективного преодоления сложностей, возникающих во время занятий спортом, следует применять биологически активные добавки, которые помогут улучшить функционирование метаболизма. L-карнитин широко используется в спортивной индустрии, активно участвует и регулирует жизненно важные процессы в организме человека. Способность данного соединения использовать жирные кислоты в качестве дополнительного источника энергии активно используют в спортивных упражнениях на выносливость, а также коррекции избыточной массы тела.

Для успешного достижения спортивных побед на современном уровне требуется максимальное использование физических ресурсов человека. В профессиональном и любительском спорте организм подвергается высоким нагрузкам, способствующим повышению усталости, и, как следствие, влияет на процесс восстановления. Важно понимать, что работоспособность в спорте, где требуется выносливость, зависит от способности организма эффективно аккумулировать энергию и иметь доступ к необходимым энергетическим ресурсам, в том числе жиры и углеводы. Для спортсменов в настоящее время не обозначены четкие нормы физиологических показателей, поэтому одним из основных вопросов для исследований является энергетическая поддержка организма и надлежащая утилизация соединений, образующихся при метаболизме. Во время соревнований на выносливость спортсмены подвергаются высоким нагрузкам в связи с нехваткой жиров, поскольку углеводные запасы могут обеспечить лишь 80-90 минут работы на среднем уровне интенсивности [1].

Жирные кислоты являются одним из основных источников энергии для человека, в том числе при нагрузках различной интенсивности. L-карнитин в мышечной ткани способствует усвоению жирных кислот организмом спортсмена для энергетических нужд и в результате сохраняет запасы гликогена в мышцах. Промежуток протекания гликолиза также увеличивается, что напрямую влияет на повышение выносливости и улучшение метаболических показателей [2]. При увеличении потребления жирных кислот требуется большее количество L-карнитина, что представляет собой прямую зависимость между содержанием жирных кислот в плазме и требуемым количеством L-карнитина для метаболизма мышечного жира [4].

Изучение интенсивности липогенеза на предмет влияния метаболизма свободных жирных кислот является актуальной задачей. Одним из признаков нарушения обмена углеводов может быть повышенный уровень свободных жирных кислот, что способствует нарушению метаболизма жиров и глюкозы и тем самым оказывает негативный эффект на метаболический синдром и, как следствие, приводит к развитию сердечно-сосудистых заболеваний [12,13]. Использование биологически активных соединений в составе лечебных диет или в виде самостоятельных средств терапии находит применение при борьбе с лишним весом и метаболическим синдромом [3]. По результатам проведенных испытаний L-карнитин способствует снижению избыточного веса у спортсменов [1].

Исследования показывают, что во время физических упражнений передача жирных кислот в мышцы превышает энергетические и физические потребности [5]. Ацил-КоА и ацетил-КоА, образующиеся в митохондриях, могут кратковременно нарушать конечный этап клеточного дыхания с последующим снижением синтезируемого АТФ и приводить к деградации работоспособности. Для повышения работоспособности и выносливости спортсменов необходимо снизить накопление этих веществ с помощью L-карнитина.

Процесс образования молочной кислоты ускоряется при энергичной физической активности по сравнению с производством энергии в цикле трикарбоновых кислот. В итоге в организме человека снижается активность пируватдегидрогеназы и повышается уровень лактата. Ацетилкарнитин и коэнзим А, образующиеся в результате реакции L-карнитина с ацетил-КоА, необходимы для нормального обмена веществ [14]. Этот процесс стимулирует аэробный гликолиз и энергетический обмен, что в свою очередь снижает уровень лактата в организме и, таким образом, увеличивается выносливость спортсменов.

При избыточной массе тела в комбинации с липогенезом и накоплением недоокисленных жирных кислот происходит повышение уровня свободных жирных кислот в сыворотке крови, которые вызывают клеточную дисрегуляцию в различных тканях и органах. Во время β -окисления протекает процесс переноса жирных кислот из цитоплазмы в митохондрии, для нормального функционирования которого необходим L-карнитин [4]. В результате этой реакции образуется ацетил-КоА, являющийся предшественником синтеза АТФ в цикле трикарбоновых кислот (рисунок 1).

Если коротко- и среднецепочечные жирные кислоты могут свободно диффундировать в митохондриальный матрикс, то длинноцепочечные жирные кислоты необходимо предварительно активировать с помощью ацил-КоА-синтетазы, находящейся вне митохондриальной мембраны, а также аденозинтрифосфата и ионов магния [6]. Синтетаза способствует образованию комплекса, называемого «КоА – производное жирной кислоты», содержащий связь между карбоксильной группой и сульфгидрильной группой кофермента А (тиоэфирная связь).

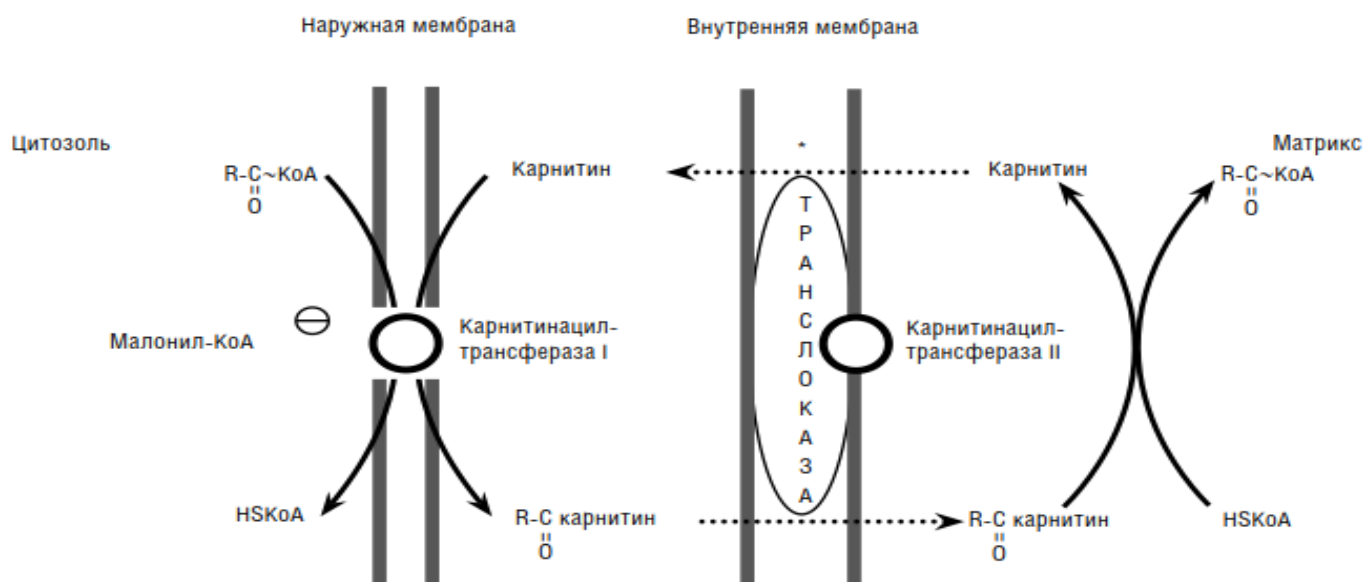


Рис. 1. Перенос длинноцепочечных жирных кислот через мембраны митохондрий [1]

Синтез АТФ из длинноцепочечных жирных кислот может замедлиться вследствие синтеза соединения малонил-КоА из ацетил-КоА в цитоплазме. Малонил-КоА снижает активность фермента карнитинацилтрансфераза I, который участвует в окислении жиров, и, тем самым, ограничивает воздействие жирных кислот на энергетический обмен [15,16].

Анализ данных, представленных в таблице 1, показал повышение эффективности воздействия L-карнитина на организм спортсмена с увеличением дозы применяемой добавки. При длительном приеме L-карнитина (не менее 1 недели) дозировкой 2-4 г в сутки была выражена положительная тенденция. При этом влияние L-карнитина на накопление молочной кислоты, рабочую эффективность мышечной массы и максимальное потребление кислорода исследования не показали [7]. Предполагается, что при употреблении L-карнитина более длительное время и, возможно, в увеличенных дозах будет способствовать дополнительному влиянию [10].

Зависимость эффекта воздействия L-карнитина от принимаемой дозы

Эффект воздействия	Доза L-карнитина
Отсутствие воздействие на потребление O ₂	2 грамма в сутки в течение 7 дней
Снижение дыхательного коэффициента	3 грамма в сутки в течение 7 дней
Усиление активности дыхательной цепи	3 грамма в сутки в течение 10 дней
Повышение выносливости	1 грамм в сутки в течение 3 недель
Повышение выносливости	2 грамма в сутки в течение 3 недель
Повышение выносливости	3 грамма в сутки в течение 3 недель
Усиление активности дыхательной цепи в мышцах Стимуляция активности пируватдегидрогеназы	2 грамма в сутки в течение 4 недель
Отсутствие воздействия на выносливость	1 грамм перед началом тренировки
Отсутствие воздействия на выносливость	2 грамма перед началом тренировки
Снижение дыхательного коэффициента	6 грамм совместно с приемом глюкозы перед началом тренировки

Согласно исследованиям И. Брасса, максимальное воздействие L-карнитина в большей степени определяется дыхательной системой человека, а именно его способностью удерживать большее количество кислорода клетками крови, и, как следствие, высокой выносливостью к физическим упражнениям [17]. Самое активное действия L-карнитина достигается при высокой физической деятельности, тогда как при отсутствии нагрузки на систему мышц спортсмена наблюдается снижение или отсутствие эффекта.

L-карнитин играет важную роль в функционировании мышц после высоких нагрузок. Данная аминокислота способна уменьшать тяжесть в мышцах и регулировать уровень креатинфосфокиназы. Этот эффект вызван сосудорасширяющими свойствами и способностью к нейтрализации реакции окисления [8,11]. Карнитин может стимулировать функцию защиты кровеносных сосудов, обеспечивая их энергией. Эта энергия быстро разрушается в результате окислительного стресса при увеличении двигательной нагрузки. Кроме того, его применение может благоприятно повлиять на восстановление регуляции периферического кровообращения за счет ускорения процесса доставки кислорода к клеткам. L-карнитин уменьшает количество реакций, которые могут вызвать воспаления из-за повышенной физической активности, что приводит к повреждению мышц во время интенсивных нагрузок, и положительно влияет на функцию тромбоцитов, которая восстанавливает их свойства [18].

Аналитическое изучение тенденций по использованию L-карнитина в составе продуктов спортивного питания показало его популярность в качестве одной из составных частей композиций. Представлены капсулы для контроля веса во время физических нагрузок и поддержания функционального состояния организма человека. В дополнение к основному ингредиенту - карнитину, эта капсула содержит экстракт зеленого кофе, бурые водоросли, африканское манго, корневище имбиря, коэнзим Q₁₀, липоевую кислоту и вспомогательные вещества [9].

В процессе тренировок в высокогорной местности требуется большая выносливость. Доказано, что L-карнитин способен принимать участие в формировании эритроцитов в костном мозге и оказывать благоприятное воздействие на предотвращение анемии в условиях со сниженным уровнем кислорода [19].

В заключении можно отметить, что L-карнитин представляет собой уникальное средство в области спортивной фармакологии. Благодаря своей важной роли в поддержании жизнедеятельности, низкой токсичности и широкому спектру действия, он не только создает благоприятные условия для организма во время повышенных физических нагрузок, но и помогает корректировать изменения, которые происходят в мышечной системе в результате занятий спортом. Таким образом, при дополнительном употреблении в питании L-карнитина во время активных физических нагрузках улучшается выносливость и работоспособность организма, способствующее катаболизму жировой ткани, повышению сопротивляемости мышечной системы интенсивным упражнениям и ускорению её восстановления, что в совокупности оказывает благоприятное воздействие на спортсмена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раджабкадиев, Р.М. L-карнитин: свойства и перспективы применения в спортивной практике / Р. М. Раджабкадиев, М. М. Коростелева, В. С. Евстратова // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84, № 3. – С. 4-12. – EDN UBEKZT.
2. Алейникова М.М. Влияние L-карнитина на метаболизм мышечной ткани при физических нагрузках: систематический обзор литературы и мета-анализ // 70-я международная научно-практическая конференция студентов и молодых учёных «Актуальные проблемы современной медицины и фармации – 2016». Минск. – 2016. – С. 1901-1906.
3. Сизова, Ж. М. Применение L-карнитина в общей врачебной практике / Ж. М. Сизова, Е. В. Ших, А. А. Махова // Терапевтический архив. – 2019. – Т. 91, № 1. – С. 114-120. – DOI 10.26442/00403660.2019.01.000040. – EDN YWCZVB.
4. Никитюк, Д.Б. Применение L-карнитина в диетотерапии пациентов с ожирением: методические рекомендации / Д.Б. Никитюк. – Москва: ФАНО ФГБУН Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 2016. – 14 с.
5. Асташкин, Е.И. Роль L-карнитина в энергетическом обмене кардиомиоцитов и лечении заболеваний сердечно-сосудистой системы / Е. И. Асташкин, М. Г. Глезер // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2012. – Т. 5, № 6. – С. 58-65. – EDN PTTVRD.
6. Северин, Е.С. Биохимия: учебник для вузов / Е.С. Северин. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 768 с.
7. Чурганов, О.А. Влияние приема L-карнитина на некоторые функциональные показатели спортсменов, тренирующих качество выносливости / О.А. Чурганов, Е.А. Гаврилова // РАСМИРБИ. – 2008. – № 4. – С. 64–71.
8. Беккер, Е.Д. Использование L-карнитина в спортивной медицине при интенсивных физических нагрузках / Е.Д. Беккер // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ». – 2022. – Т. 1, № 2. – С. 260-265.
9. Патент № RU 2619770 С1 МПК А23L 33/10. Композиция для контроля массы тела и поддержания функционального состояния организма человека: № 2016125088: заявл. 22.06.2016: опубл. 19.05.2017 / Синица А.В. – 39 с.
10. Chen, S. Synergistic Effect of Linoleic Acid and L-Carnitine in HFD Diet Induced Obesity in Rats / S. Chen, P. Mao, L. Cui // Lat. Am. J. Pharm. – 2022. – Т. 12, № 41. – С. 2434-2439.
11. Cha, Y.S. Effects of carnitine coingested caffeine on carnitine metabolism and endurance capacity in athletes / Y.S. Cha, S.K. Choi, S.N. Lee // J. Nutr. Sci. Vitaminol. – 2001. – Т. 6, № 47. – С. 378-384.
12. Тверской, В. Р. Анализ компонентного состава тонизирующих (энергетических) напитков / В.Р. Тверской // Молодежная неделя науки института промышленного менеджмента, экономики и торговли: Сборник трудов всероссийской студенческой научно-учебной конференции. В 6-ти частях, Санкт-Петербург, 27 ноября – 02 2023 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – С. 354-357. – EDN FLRXXB.
13. Buist, N.R. Historical Perspective on Clinical Trials of Carnitine in Children and Adults / N.R. Buist // Ann Nutr Metab. – 2016. – Т. 3, № 68. – С. 66-84.
14. Rebouche, C. Kinetics, pharmacokinetics, and regulation of L-carnitine and acetyl-L-carnitine metabolism / C. Rebouche // Ann. NY Acad. Sci. – 2004. – № 1033. – С. 30-41.
15. Gross, C. Uptake of L-carnitine, D-carnitine and acetyl-L-carnitine by isolated guinea-pig enterocytes / C. Gross, L. Henderson, D. Savaiano // Biochim Biophys Acta. – 1986. – Т. 3, № 886. – С. 425-433.
16. Indiveri, C. The mitochondrial carnitine/acylcarnitine carrier: Function, structure and physiopathology / C. Indiveri, V. Iacobazzi, A. Tonazzi // Mol Aspects Med. – 2011. – № 32. – С. 223–233.
17. Brass, E.P. Carnitine and sports medicine: use or abuse? / E.P. Brass // Ann. NY Acad. Sci. – 2004. – № 1033. – С. 67-78.
18. Calò, L.A. Carnitine-mediated improved response to erythropoietin involves induction of haem oxygenase-1: studies in humans and in an animal model / L.A. Calò, P.A. Davis, E. Pagnin // Nephrol. Dial. Transplant. – 2008. – № 23. – С. 890–895.

THE EFFECT OF L-CARNITINE ON METABOLIC PROCESSES DURING EXERCISE

¹Makeev Igor Vladimirovich, postgraduate student of the Department of Food Biotechnology

²Romanenko Natalia Yurievna, Ph.D. of tech. Sciences,
Associate Professor Department of Food Biotechnology

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,

e-mail: ¹igor39@bk.ru; ²nataliya.mezenova@klgtu.ru

The issue of using L-carnitine as a means of regulating metabolic processes during physical exertion is being considered. To effectively overcome the difficulties that arise during sports, dietary supplements should be used to help improve the functioning of metabolism. L-carnitine is widely used in the sports industry, actively participates in and regulates vital processes in the human body. The ability of this compound to use fatty acids as an additional source of energy is actively used in endurance sports exercises, as well as the correction of excess body weight.

ВЛИЯНИЕ АМОКСИЦИЛЛИНА НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АКТИВНОГО ИЛА

¹Машенко Зинаида Евгеньевна, канд. фарм. наук, доцент,
директор Высшей биотехнологической школы

²Русских Яна Маратовна, ассистент Высшей биотехнологической школы, аспирант

³Гарбут Евгений Иванович, магистрант Высшей биотехнологической школы

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
Высшая биотехнологическая школа, Самара, Россия, e-mail: ¹mzinaida@yandex.ru

Оценка воздействия фармацевтических препаратов на работу очистных сооружений и экологическое состояние водных объектов в связи с растущим производством и потреблением лекарственных средств становится всё более важной задачей. В исследовании рассматривается воздействие антибиотика амоксициллина в разных лекарственных формах на гидрохимические характеристики активного ила.

В условиях современного мира проблема загрязнения окружающей среды химическими веществами приобретает особую актуальность. Одним из ключевых источников загрязнения являются сточные воды, которые содержат широкий спектр химических соединений, включая антибиотики. Увеличение численности населения, урбанизация и индустриализация привели к значительному росту объёма сточных вод, поступающих в экосистемы, что создаёт серьёзные экологические и санитарные проблемы.

Источники сточных вод являются многообразными и разнообразными. В контексте современного индустриального общества проблема загрязнения окружающей среды антибиотиками приобрела особую актуальность. Одним из ключевых источников загрязнения являются сточные воды, которые образуются в результате деятельности промышленных предприятий, включая фармацевтическую и пищевую промышленность, а также в результате сельскохозяйственной деятельности [1, 2].

Антибиотики в сточных водах представляют серьёзную угрозу для водных экосистем. Их присутствие может привести к селекции устойчивых бактерий, создавая резистентные патогены, трудно поддающиеся лечению и способные вызывать серьёзные заболевания. Антибиотики, попадающие в водоёмы и системы очистки сточных вод, оказывают значительное влияние на микробные сообщества, приводя к уменьшению биологического разнообразия и изменению функций экосистемы. Некоторые виды антибиотиков могут проявлять токсичность по отношению к водным организмам, влияя на их жизнедеятельность и способность к размножению. Это, в свою очередь, оказывает воздействие на общее функционирование экосистем, нарушая естественные процессы и взаимосвязи между различными видами живых организмов.

Такое нарушение баланса в экосистеме может иметь далеко идущие последствия для всей биологической системы, включая снижение способности экосистемы к самовосстановлению и адаптации к изменениям окружающей среды. Важно отметить, что эти изменения могут происходить на разных уровнях организации жизни, начиная от генетического уровня отдельных организмов и заканчивая структурой и функциями целых экосистем.

Системы очистки сточных вод часто не предназначены для удаления фармацевтических загрязнителей, таких как антибиотики. Традиционные методы очистки могут быть неэффективны при удалении этих веществ, что приводит к тому, что значительное количество антибиотиков попадает обратно в окружающую среду [3].

Одним из наиболее широко используемых антибиотиков в мире является амоксициллин (рис. 1).

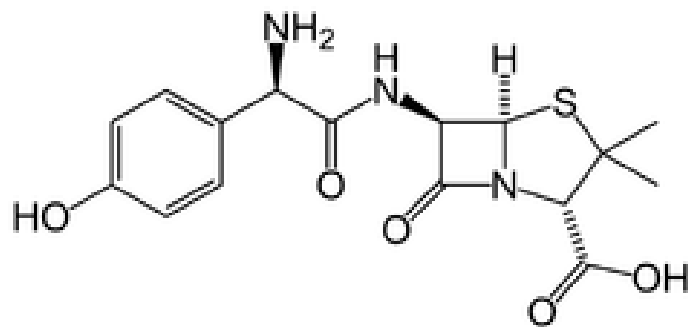


Рис. 1. Структурная формула амоксициллина

Амоксициллин, полусинтетический антибиотик группы пенициллинов, занимает важное место в современном лечении бактериальных инфекций. Его широкий спектр действия и относительная безопасность сделали его одним из наиболее часто назначаемых антибиотиков в клинической практике. В свете растущего потребления и ненадлежащего использования амоксициллина в медицинской и ветеринарной практике становится очевидной необходимость тщательного исследования его влияния на окружающую среду, в особенности на водные экосистемы и системы очистки сточных вод.

Активный ил – это агрегация микроорганизмов преимущественно с аэробным типом дыхания, способных сорбировать и разлагать загрязняющие органические вещества в сточных водах. Это таксономически и метаболически разнообразное сообщество, включающее в себя множество микроорганизмов, таких как бактерии, грибы и простейшие [4].

Эффективность функционирования биологических очистных сооружений может быть оценена посредством анализа состояния активного ила, используя для этого гидробиологические и гидрохимические показатели, которые играют ключевую роль в данном процессе. Однако присутствие антибиотиков, например, амоксициллина, способно существенно трансформировать гидрохимические параметры и биоценоз активного ила, что, в свою очередь, оказывает влияние на результативность процессов очистки сточных вод.

Цель работы заключается в исследовании воздействия активной фармацевтической субстанции и таблетированной формы амоксициллина на гидрохимические параметры активного ила.

Для проведения исследования были выбраны следующие объекты: активный ил, полученный на очистных сооружениях г. Самары, и антибиотик амоксициллин, представленный в двух лекарственных формах – таблетированной и в форме активной фармацевтической субстанции (АФС). Концентрация амоксициллина в опытных пробах составила 2 мг/мл, в то время как контрольный образец не содержал антибиотика.

Методика исследования. Определение объёмной дозы ила и расчёт илового индекса осуществлялись согласно методике, представленной в ФР 1.31.2008.04398 [5]. Отбор проб осуществляли каждые 24 ч на протяжении трех суток.

Результаты исследования. В ходе инкубационного периода во всех образцах наблюдали оседание иловой смеси с формированием четкой границы между надосадочной жидкостью и осадком. Надосадочная жидкость оставалась прозрачной, однако со временем фиксировали её незначительное помутнение. Осадок имел серый цвет, запах – болотный, естественного происхождения, с тенденцией к усилению интенсивности по мере времени. Хлопья хорошо различимы, флотация иловых хлопьев на поверхность не наблюдали.

На рис. 2-4 изображена динамика оседания активного ила в процессе инкубации.

По истечении 24 ч инкубационного периода наблюдали ускоренное осаждение активного ила в образце, содержащем АФС амоксициллина, по сравнению с контрольной пробой. Объём осадка в пробе без антибиотика был выше по сравнению с образцами, содержащими АФС и таблетированную форму амоксициллина, что говорит о более высокой скорости оседания ила в экспериментальных образцах.

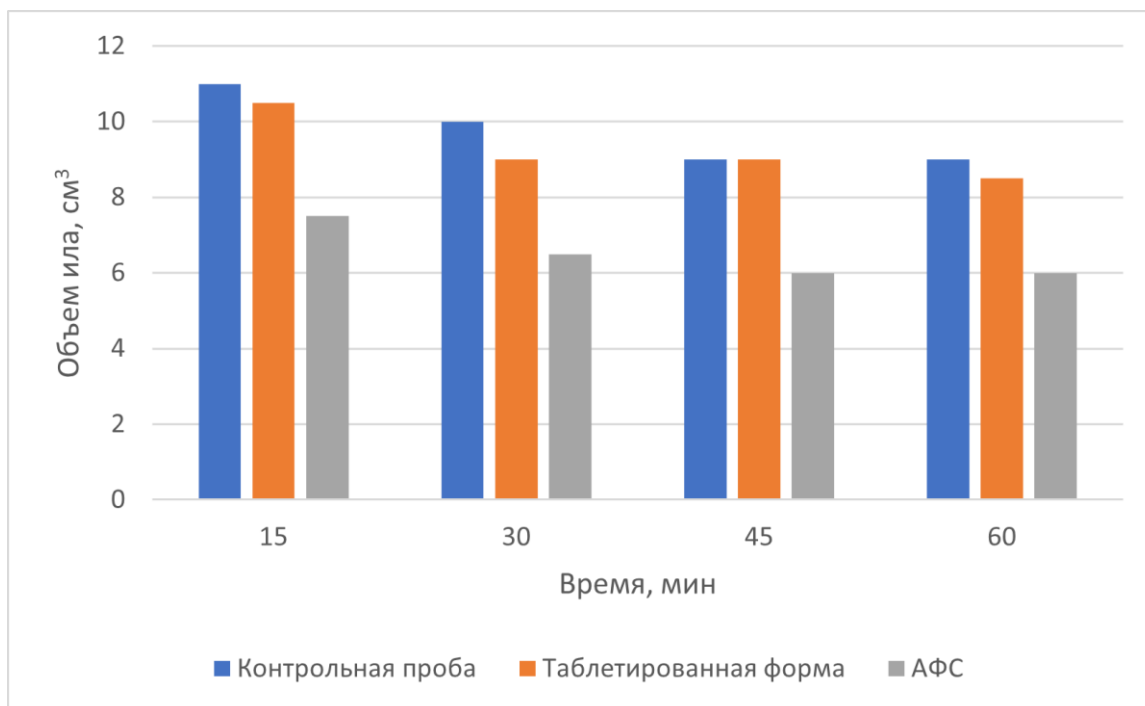


Рис. 2. Динамика оседания активного ила (24 ч)

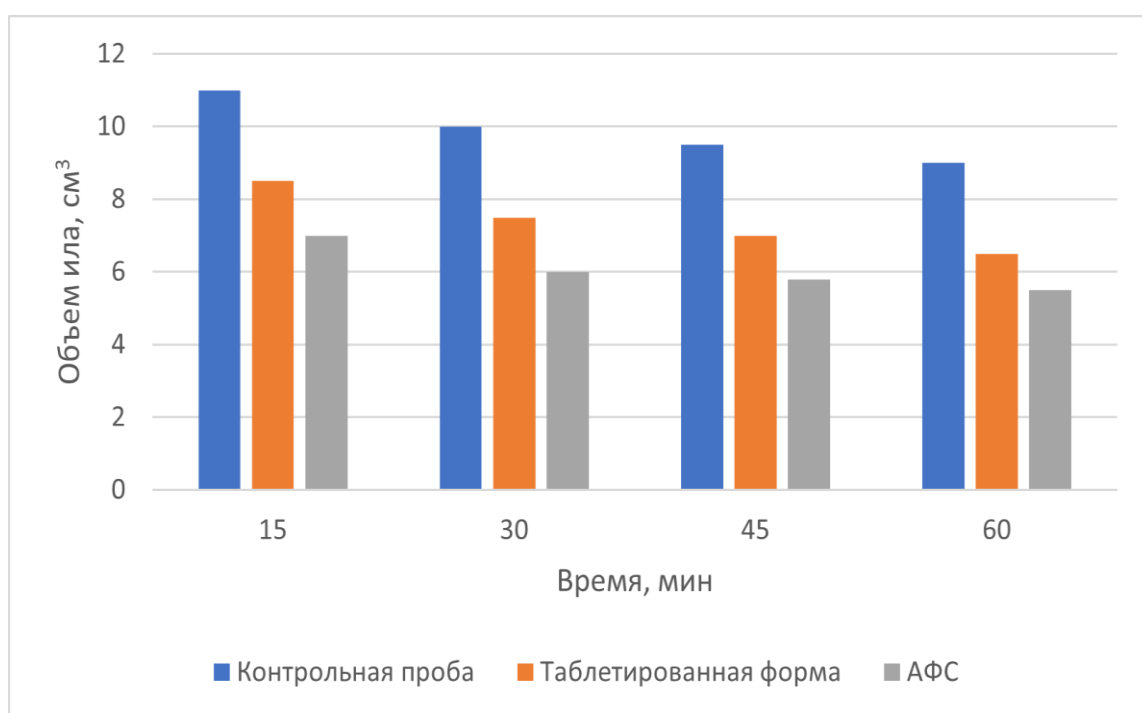


Рис. 3. Динамика оседания активного ила (48 ч)

По истечении 48 ч эксперимента было зафиксировано снижение скорости седиментации активного ила относительно первоначальных значений для всех трёх образцов. При этом образец, содержащий АФС амоксициллина, проявил более выраженную тенденцию к осаждению по сравнению с остальными пробами. Кроме того, объем осадка в образце с АФС оказался минимальным среди всех исследованных образцов.

Через 72 ч инкубации было выявлено, что скорость седиментации активного ила оказалась выше в образце, содержащем АФС амоксициллина. В контрольной пробе скорость седиментации активного ила была ниже по сравнению с опытными образцами.

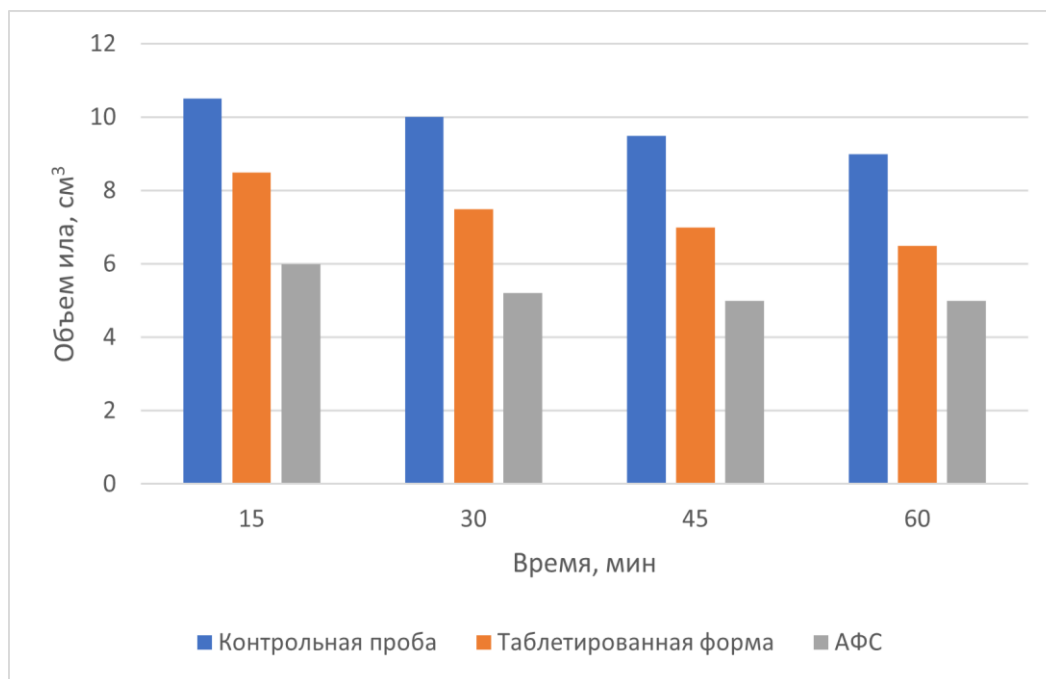


Рис. 4. Динамика оседания активного ила (72 ч)

В ходе инкубационного периода наблюдалось устойчивое превосходство скорости седиментации активного ила в образце, содержащем амоксициллин в форме АФС, по сравнению с остальными образцами. Добавление амоксициллина в таблетированной форме привело к увеличению скорости седиментации относительно контрольного образца, в котором отмечалась минимальная скорость осаднения.

Значения иловой дозы (г/дм^3) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Иловая доза (г/дм^3)

№ п/п	Наименование пробы	Время инкубации, ч		
		24	48	72
1	Контрольная проба	3	4	4
2	Таблетированная форма	2	3	3
3	АФС	3	3	4

Анализ данных об иловой дозе показывает, что для всех проб значения остаются относительно стабильными на протяжении всего периода инкубации, колеблясь в пределах 3-4 г/дм^3 . Это может указывать на то, что процесс очистки в этих пробах протекает равномерно и без значительных изменений в активности ила.

Данные об изменении илового индекса (мг/см^3) в процессе инкубации активного ила с добавлением амоксициллина в форме АФС и в таблетированной форме приведены в табл. 2.

Таблица 2

Иловый индекс (мг/см^3)

№ п/п	Наименование пробы	Время инкубации, ч		
		24	48	72
1	Контрольная проба	33,3	25	25
2	Таблетированная форма	31	20	19
3	АФС	30	26	19,5

Анализ илового индекса показывает, что в контрольной пробе и в пробах с использованием таблетированной формы и АФС наблюдается тенденция к снижению значения индекса с увеличением времени инкубации.

Такая динамика может быть связана с увеличением нагрузки на активный ил в ходе эксперимента. Это косвенно указывает на ухудшение седиментационных свойств активного ила.

Выводы. Амоксициллин в форме активной фармацевтической субстанции оказывает более выраженное воздействие на гидрохимические показатели активного ила по сравнению с амоксициллином в таблетированной форме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслова Е. В., Мащенко З. Е., Шаталаев И. Ф. Лекарственные препараты в окружающей среде // Аспирантский вестник Поволжья. – 2017. – № 1-2. – С. 215-217.
2. Гетьман М. А., Наркевич И. А. Анализ рисков, связанных с неконтролируемым присутствием остатков лекарственных средств в окружающей среде // Ремедиум. Журнал о российском рынке лекарств и медицинской технике. – 2013. – № 4. – С. 40-44.
3. Mesquita D., Amaral A., Ferreira E. Activated sludge characterization through microscopy: A review on quantitative image analysis and chemometric techniques // Analytica chimica acta. – 2013. - № 802 (13). – P. 14-28.
4. Wagner M. Bacterial community composition and function in sewage treatment systems // Current opinion biotechnology. – 2002. – № 3. – P. 218-227.
5. ФР 1.31.2008.04398 Методика выполнения измерений дозы ила по объему и расчет илового индекса. – М.: «Акварос», 2008.

EFFECT OF AMOXICILLIN ON HYDROCHEMICAL INDICATORS OF ACTIVATED SLUDGE

¹Mashchenko Zinaida Evgenievna, candidate of pharmaceutical sciences, associate professor, Director of the Higher school of biotechnology

²Russkikh Yana Maratovna, assistant of the Higher school of biotechnology, postgraduate student

³Garbut Evgeny Ivanovich, master's student of the Higher school of biotechnology

^{1,2,3}Samara State Technical University, Samara, Russia, e-mail: ¹mzinaida@yandex.ru

Assessment of the impact of pharmaceuticals on the operation of treatment facilities and the ecological state of water bodies in connection with the growing production and consumption of medicines is becoming an increasingly important task. The paper presents the results of the influence of the antibiotic amoxicillin in various dosage forms on the hydrochemical parameters of activated sludge in the process of biological wastewater treatment.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИПИДОВ, ФЕРМЕНТАТИВНО ЭКСТРАГИРОВАННЫХ ИЗ РЫБНЫХ ОТХОДОВ, В СИНТЕЗЕ ПРОДУКТОВ БИОТЕХНОЛОГИИ

¹Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

²Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент

³Романенко Наталья Юрьевна, канд. техн. наук, доцент

⁴Калинина Наталья Сергеевна, зав. лабораториями

⁵Волков Владимир Владимирович, директор Центра передовых технологий использования белка

⁶Дамбарович Леонид Васильевич, аспирант

⁷Жила Наталья Олеговна, канд. биол. наук, ст. научный сотрудник

⁸Киселев Евгений Геннадьевич, канд. техн. наук, ст. научный сотрудник

^{1,2,3,4,5,6}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: ¹mezenova@klgtu.ru; ²svetlana.agafonova@klgtu.ru;

³nataliya.mezenova@klgtu.ru; ⁴natalya.kalinina@klgtu.ru; ⁵vladimir.volkov@klgtu.ru;

⁶leodambarovich@yandex.ru

^{7,8}Институт биофизики Сибирского отделения Российской академии наук –

обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (ИБФ СО РАН), Красноярск, Россия,
e-mail: ⁷nzhila@mail.ru; ⁸evgeniygek@gmail.com

Рассмотрено перспективное направление использования жира из отходов рыбопереработки в качестве источника углерода для микробного синтеза белков и полигидроксиалканоатов. Изучены показатели качества и жирнокислотный состав жира, выделенного ферментативной экстракцией из голов копченой кильки, голов атлантической скумбрии, внутренностей судака. По совокупности показателей и ресурсной достаточности рекомендовано для биотехнологических целей приоритетно использовать шпротный жир.

При комплексной переработке жиродержащих рыбных отходов актуально извлечение из них липидной фракции и рациональное применение ее потенциала [1]. В связи со склонностью рыбного жира, особенно из отходов, к быстрой порче перспективно его использовать в качестве источника углерода для биотехнологического синтеза белка и биоразлагаемых пластиков – полигидроксиалканоатов (ПГА) [2,3]. Для высоко минерализованных коллагенсодержащих рыбных тканей (голова, хребты, плавники) перспективным является ферментативный (биотехнологический) способ экстракции жира, предусматривающий обработку сырья протеолитическими ферментами [4, 5].

ПГА обладают высокими технологическими свойствами (биосовместимость, биodeградируемость), они находят применение в медицине (биопротезы, шовные материалы), в качестве упаковочных материалов и предметов домашнего обихода. Получение ПГА биотехнологическим путем на основе рыбного жира является рациональным путем утилизации отходов рыбопереработки [6]. Положительными факторами для микробного синтеза ПГА являются жидкая консистенция рыбного жира и высокое содержание длинноцепочечных жирных кислот, в том числе полиненасыщенных. Например, в жире из отходов балтийской кильки, скумбрии и судака содержится от 21 до 46% ПНЖК, при этом 15-48% от массы ПНЖК приходится на уникальные ЭПК и ДГК [1, 7].

Сдерживающим фактором в производстве ПГА является их высокая стоимость, обусловленная стоимостью субстрата (сахара, спирты, растительные масла). В связи с этим перспективным сырьем для биосинтеза ПГА представляется жир из недоиспользуемых рыбных отходов [2].

Целью исследования являлась оценка биопотенциала жира из рыбных отходов, извлеченного ферментативным способом, для биотехнологического синтеза продуктов биотехнологии и обоснование наиболее перспективного жиродержащего сырьевого источника.

Для достижения поставленной цели исследовали жиры, выделенные из трех видов рыбных отходов (голов копченой кильки и скумбрии, внутренностей судака) с применением протеолитических ферментов (алкалаза (Novozymes, Дания), протосубтилин и протозим (Россия)). В ходе экспериментов изучали степень извлечения жира, его показатели качества (кислотное и перекисное числа – КЧ и ПЧ), а также состав жирных кислот. Рациональным источником жира для синтеза продуктов биотехнологии считали жир из наиболее массовых, доступных и ресурсно обеспеченных рыбных отходов Калининградской области, обладающий минимальными значениями КЧ и ПЧ. При этом важным фактором выбора является содержание в них длинноцепочечные и полиненасыщенные жирные кислоты (ЖК), которые являются наилучших источников углерода для ПГА-синтезирующих штаммов [2].

Для выделения жира рыбное сырье измельчали, добавляли теплую воду в соотношении 1:1, ферментный препарат (от 0,01% до 0,6% к массе сырья), выдерживали смесь при температуре от 40 до 70°C при постоянном перемешивании в течение заданного времени (30 - 90 мин.). Далее фермент инактивировали, а экстрагированный жир центрифугировали и декантировали.

В образцах жира определяли КЧ и ПЧ по ГОСТ 7636, а также оценивали их жирнокислотный состав с предварительным метилированием на газовом хроматографе TRAXE GC 2000 Ultra FINNIGAN с детекцией пламенной ионизацией. Статистическую обработку проводили с вероятностью вывода 95 %.

Анализ экспериментальных данных показал, что качество жира, независимо от вида рыбы и применяемого фермента, очень различно, что обусловлено природой и исходным состоянием сырья, а также наличием предварительной обработки. Например, шпротные отходы (головы копченой кильки) были термообработаны при горячем копчении рыбы, что инактивировало собственные ферменты и стабилизировало качество жира.

Отмечены следующая зависимость в полученных данных по мере роста дозировки фермента. Количественный выход жира повышается из внутренностей судака на 12-18% (в шпротных и скумбриевых головах не повышается), а качество жиров скумбрии и судака ухудшаются. Значения кислотного числа у скумбрии растут на 21-34%, а перекисного числа ухудшаются на 36,1 (действие протозимом) и 60% (применение протосубтилина). При обработке скумбрии отмечено, что чем ниже дозировка фермента, температура и время ферментализации, тем быстрее идут окислительные изменения.

Результаты экспериментов по оценке степени извлечения жира из рыбного сырья показали, что на наиболее рациональным ферментом является алкалаза, применяемая в дозировках от 0,01% до 0,1% (в среднем 0,05%) к массе сырья при температуре 50 °С и продолжительности 30 минут. Такой режим обеспечивает минимальные значения кислотных и перекисных чисел жира, т.е. минимальные накопления вредных и токсичных веществ (перекисей, гидроперекисей, низкомолекулярных альдегидов, кислот, кетонов и др.). У жира из голов копченой кильки (шпротного жира) значения КЧ и ПЧ были наименьшими относительно других жиров и составляли соответственно 6,2 - 6,7 мг КОН/г и 9,0-18,7 ммоль активного кислорода /кг. В скумбриевом жире данные показатели КЧ и ПЧ имели соответствующие значения 14,8-20,8 мг КОН /г и 56,1-75,0 ммоль активного кислорода /кг; в жире из внутренностей судака КЧ и ПЧ равнялись соответственно 6,4-20,4 мг КОН /г и 7,9-17,3 ммоль активного кислорода /кг. При этом выход жира из шпротных отходов составляет 13-14% от массы сырья (63,4% от содержания жира в сырье); из голов скумбрии - 6,5-7,5% (47% от содержания жира); из внутренностей судака - соответственно 18-19% (44% от содержания жира).

Полученные данные свидетельствуют о приоритетности переработки шпротных отходов перед другими видами рыбного сырья и рациональности ба выделения жира из них с применением алкалазы. Это обуславливает наибольшую полноты его экстрагирования и минимальные нежелательные гидролитические и окислительные изменения. Данный факт частично обусловлен повышенной свежестью килечного сырья относительно скумбриевого и судачного, так как килька вылавливается в Балтийском море и его заливах и сразу направляется в переработку. Важным в сохранении качества жира является также горячее копчение кильки, инактивирующее тканевые ферменты, при этом копильные компоненты оказывают благотворный антиоксидантный эффект на стабилизацию качества липидов.

Жир скумбриевых отходов отличается самыми неблагоприятными показателями ПЧ и КЧ из всех исследованных липидов. Это обусловлено океаническим происхождением сырья (скумбрия

вылавливается в районе Южной Атлантики), длительностью его хранения в мороженом виде в связи с необходимостью транспортировки, при этом окислительные и гидролитические изменения в жирах идут даже при низких температурах. Кроме этого, скумбрия характеризуется активными собственными ферментами, ускоряющими нежелательные изменения в жирах. Поэтому высокое содержание продуктов гидролиза и окисления жира в скумбриевом жире делает его нежелательным для использования в качестве субстрата для микробного синтеза продуктов биотехнологии, поскольку он содержит повышенное количество токсичных веществ, опасных для жизнедеятельности микроорганизмов. При этом важным фактором оценки перспективности применения скумбриевого жира для развития синтеза ПГА является ее ресурсное непостоянство, зависимость от промышленной обстановки, удаленность районов вылова, повышенная цена относительно местных источников Калининградского региона (килька, судак).

Перспективность и рациональность использования рыбных жиров в микробном синтезе продуктов биотехнологии оценивали также по их жирнокислотному составу, поскольку именно жирные кислоты являются основным источником углерода для ПГА-синтезирующих штаммов (табл. 1).

Таблица 1

Состав жирных кислот в липидах, ферментативно экстрагированных из рыбных отходов с применением алкалазы, г/100 г жирных кислот

Жирная кислота	Тривиальное наименование	Головы копченой кильки	Внутренности судака	Головы скумбрии
	Каприновая			
	Лауриновая			
14:0	Миристиновая			
15:0	Пентадекановая			
16:0	Пальмитиновая			
16:1 ω 7	Пальмитолеиновая			
17:0	Маргариновая			
	Гептадеценная			
18:0	Стеариновая			
18:1 ω 9	Олеиновая			
18:1 ω 9 tr	Олеиновая tr	0		
ω 6 tr	Линолевая tr			
ω 6	Линолевая			
18:3 ω 3	α -линоленовая			
18:3 ω 6	γ -линоленовая			
2	Арахидиновая	0		
20:1 ω 9	Эйкозеновая			
20:2 ω 6	Эйкозодиеновая			
20:3 ω 3	Эйкозатриеновая			
20:4 ω 6	Эйкозатетраеновая			
20:5 ω 3	Эйкозопентаеновая (ЭПК)			
22:0	Бегеновая			
22:1 ω 9	Докозеновая			
ω 6	Докозодиеновая			
22:6 ω 3	Докозагексаеновая (ДГК)			
24:1 ω 9	Нервоновая			
	Сумма			
	Σ насыщенных ЖК			
	Σ моноеновые ЖК			
	Σ полиеновые ЖК			
	Σ ω 3 ЖК			
	Σ длинноцепочечные ЖК (свыше 18 атомов С)			

Из данных табл. 1 следует, что по содержанию ключевых жирных кислот (пальмитиновой, олеиновой) все жиры близки между собой, что характеризует их природу. Наибольшее количество длинноцепочечных жирных кислот (более 18 атомов углерода) имеют жиры, извлеченные алкалазой из шпротных отходов и из голов скумбрии (соответственно 63,6 и 68,3% от суммы всех ЖК). При этом максимальное количество ПНЖК имеет жир скумбрии (47,8%), а минимальное – жир из внутренностей судака (23,7%).

Анализ ЖК-состава показывает, что все жиры рыб потенциально могут быть использованы для микробного синтеза продуктов биотехнологии. Но с учетом всех факторов (сырьевые ресурсы, масштабность рыбных отходов, накопление продуктов порчи жира, наличие длинноцепочечных ЖК, ПНЖК и ЖК омега 3) наиболее перспективным в развитии этого направления является жир из голов копченой кильки. Важным подтверждением данного факта являются опубликованные данные, показавшие, что при использовании шпротного жира в качестве углеродного субстрата для синтеза белков одноклеточных и разрушаемых биопластиков ПГА в трех культурных штаммах (*Cupriavidus necator* В-5786, *S. necator* В-8562, *S. некатор* В-10646) при различных режимах выращивания все штаммы синтезировали белковую биомассу или резервные ПГА [8].

Заключение

Ферментативно извлекаемые из рыбных отходов жиры можно отнести к перспективному источнику углерода, пригодного для получения субстрата в биотехнологическом синтезе белков одноклеточных и биоразрушаемых пластиков полигидроксиалканоатов. Наилучшим ферментом для экстракции жира является алкалаза, а наиболее рациональным сырьем – шпротные отходы (головы копченой кильки), которые аккумулируются в Калининградском регионе до 10 т в сутки при производстве консервов «Шпроты в масле» и при этом недоиспользуются. Выход жира при обработке шпротных отходов ферментом алкалазой достигает 63,4% от его содержания в сырье, а значения кислотного и перекисного чисел относительно не высокие, что свидетельствует о качественном состоянии липидов. Состав жирных кислот шпротного жира характеризуется повышенным количеством длинноцепочечных и полиненасыщенных жирных кислот, в том числе семейства омега 3 (ЭПК и ДГК), благоприятных для микробного синтеза продуктов биотехнологии.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-64-10007, <https://rscf.ru/project/23-64-10007/>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенова О.Я. Потенциал вторичного рыбного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология, 2018. № 1. С. 11–18. DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-5-10.
2. Отходы рыбопереработки – перспективный субстрат для синтеза целевых продуктов биотехнологии /Жила Н.О., Волков В.В., Мезенова О.Я, Киселев Е.Г., Волова Т.Г. // Журнал СФУ. Биология. 2023. Т. 16(3). С.386-397. <https://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/151781>.
3. Исследование процесса выделения жира из отходов рыбопереработки в качестве сырья для биотехнологического синтеза полигидроксиалканоатов / Мезенова О. Я., Агафонова С. В., Романенко Н. Ю., Калинина Н. С., Волков В. В.// Вестник МАХ, 2024, №1, С.51-59. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-1-50-59.
4. Дамбарович Л.В., Агафонова С.В. Ферментативная экстракция жира из вторичного сырья атлантической скумбрии и его использование в функциональном питании / Вестник МАХ, 2022. №2. С. 48-55. DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-2-48-55.
5. Ella Aitta, Alexis Marsol-Vall, Annelie Damerau and Baoru Yang Enzyme-Assisted Extraction of Fish Oil from Whole Fish and by-Products of Baltic Herring (*Clupea harengus membras*). Foods 2021, 10(8), 1811; <https://doi.org/10.3390/foods10081811>
6. Tran Thi Loana,b, Dao Thi Quynh Tranga, Pham Quang Huyc, Pham Xuan Ninhd, Doan Van Thuoca. A fermentation process for the production of poly(3-hydroxybutyrate) using waste cooking oil or waste fish oil as inexpensive carbon substrate / Biotechnology Reports. Volume 33, March 2022, doi: 10.1016/j.btre.2022.e00700

7. Потенциал и перспективы использования жира из копченых рыбных отходов / О.Я. Мезенова, С.В. Агафонова, Н.Ю. Романенко, Н.С. Калинина, В.В. Волков, Л.В. Дамбарович // Известия КГТУ. 2023. № 70. С. 103-114. DOI 10.46845/1997-3071-2023-70-103-114

8. Properties of degradable polyhydroxyalkanoates synthesized from new waster fish oils (WFO) / N. O. Zhila, E.G. Kiselev, V.V. Volkov, O.Ya. Mezenova, K.Yu. Sapozhnikova, E.I. Shishatskaya, and T.G. Volova // Int J Mol Sci. 2023. Oct 5; 24(19):14919. doi: 10.3390/ijms241914919.

ASSESSMENT OF THE PROSPECTS OF USING LIPIDS ENZYMATIVELY EXTRACTED FROM FISH WASTE IN THE SYNTHESIS OF BIOTECHNOLOGY PRODUCTS

¹Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of Technical Sciences, Professor

²Agafonova Svetlana Viktorovna, Ph.D. in Engineering, Associate Professor

³Romanenko Natalia Yuryevna, Ph.D. in Engineering, Associate professor

⁴Kalinina Natalya Sergeevna, Head of laboratories

⁵Volkov Vladimir Vladimirovich, Director of the Center for Advanced Technologies for the Use of Protein

⁶Dambarovich Leonid Vasilievich, Postgraduate Student

⁷Zhila Natalya Olegovna, Candidate of Biology, Senior researcher

⁸Kiselev Evgeniy Gennadievich, Candidate of Technical sciences, Senior researcher

^{1,2,3,4,5}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,

¹mezenova@klgtu.ru; ²svetlana.agafonova@klgtu.ru; ³nataliya.mezenova@klgtu.ru;

⁴natalya.kalinina@klgtu.ru; ⁵vladimir.volkov@klgtu.ru; ⁶leodambarovich@yandex.ru

^{7,8}The Institute of Biophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia, e-mail: ⁷nzhila@mail.ru; ⁸evgeniygek@gmail.com

The promising direction of using fat from fish processing waste as a carbon source for the microbial synthesis of proteins and polyhydroxyalkanoates is considered. The quality indicators and fatty acid composition of fat isolated by enzymatic extraction from smoked sprat heads, Atlantic mackerel heads, and pike perch entrails were studied. Based on a combination of indicators and resource sufficiency, it is recommended to use sprat fat as a priority for biotechnological purposes.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОЛИЗАТОВ ЛИЧИНКИ *HERMETIA ILLUCENS* В КАЧЕСТВЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК В АКВАКУЛЬТУРЕ

¹Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

²Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент

³Романенко Наталья Юрьевна, канд. техн. наук, доцент

⁴Калинина Наталья Сергеевна, зав. лабораториями

⁵Волков Владимир Владимирович, директор Центра передовых технологий использования белков

⁶Лихварь Маргарита Владимировна, управляющая производством

^{1,2,3,4,5}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: ¹mezenova@klgtu.ru; ²svetlana.agafonova@klgtu.ru;

³nataliya.mezenova@klgtu.ru; ⁴natalya.kalinina@klgtu.ru; ⁵vladimir.volkov@klgtu.ru

⁶ИП Лихварь, Калининградская область, г. Гурьевск, Россия,

e-mail: ⁶kislinskayamv@gmail.com

*Проблема альтернативного источника белка актуальна для аквакультуры ценных видов рыб. В работе при выращивании форели в состав кормов вместо 10% рыбной муки использовали гидролизаты личинки мухи черной львинки *Hermetia illucens*, полученные высокотемпературным гидролизом. Установлен химический состав сырья и полученных гидролизом протеинсодержащих добавок, их аминокислотный состав, содержание минеральных веществ и хитина. Приведены результаты кормовых и биологических испытаний.*

Отечественная аквакультура не обеспечивает сегодня растущие потребности в кормах при выращивании ценных пород рыб (лососевых, форелевых, сиговых т др.) [1]. Основной причиной является дефицит качественной рыбной муки, как источника сбалансированного по аминокислотам протеина, адекватного физиологическим потребностям хищных рыб. В связи с этим альтернативным и перспективным источником животного протеина видятся насекомые, в том числе быстрорастущие личинки мухи черной львинки *Hermetia illucens*, отличающиеся высоким содержанием белка [2]. По имеющимся данным белки личинки содержат все незаменимые аминокислоты [3].

Проблемой использования данного сырья в кормах является наличие в личинке хитина, плохо перевариваемого пищеварительными органами рыб. Полученные по различным технологиям из личинки кормовые добавки не усваиваются полностью рыбами, а причиной данного факта является наличие хитина, устойчивого к пищеварительным ферментам [2,4]. Рациональной модификацией химического состава личинки представляется высокотемпературная обработка в водной среде под давлением по технологии Калининградского государственного технического университета [5]. Результаты экспериментов, проведенных в КГТУ по глубокому термическому гидролизу различного сырья, в том числе хитинсодержащего (отходов от разделки крабов, креветок), показали перспективность такой модификации. Полученные биодобавки двух видов (водорастворимая и водонерастворимая) из головогруды камчатских крабов, содержащие соответственно 64% и 40% протеиновых компонентов, были успешно апробированы в биологических испытаниях в составе комби-кормов молоди радужной форели, выращиваемой в условиях индустриальной аквакультуры. [5, 6].

Целью исследования являлось получение, оценка потенциала и применение гидролизатов личинки *Hermetia illucens* в качестве кормовых добавок при выращивании мальков радужной форели в аквакультуре.

Экспериментальные исследования проводили на кафедре пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» и в ООО «ПРОМКОРМ». Личинку получали в агрофирме ИП Лихварь (Калининградская область).

Модификацию личинки проводили термогидролизом в водной среде по технологии КГТУ [5] в терморектор при 130 °С в течение 60 мин. под давлением 0,20 МПа. Из гидролизованной

суспензии после разделения получали 2 фракции - водорастворимая (пептидно-протеиновая) и водонерастворимая (белково-минеральная), которые высушивали и измельчали. Анализ химического, состава сырья и гидролизованных добавок проводили по стандартным и общепринятым методикам. Оценку содержания влаги проводили по ГОСТ Р 54951, сырого протеина – по ГОСТ 13496.4, жира – по ГОСТ 13496.15, хитина – по ГОСТ 7635. Содержание аминокислот в белках личинки оценивали по ФР. 1.31.2015.19761. Содержание аминокислот в белках протеиновых добавок определяли по стандарту EU 152/2009 (F) в Научно-исследовательской лаборатории UBF с идентификацией на АК-анализаторе с нингидрином в соответствии с ISO 13903-2005.

Содержание минеральных веществ определяли методом DIN EN ISO 11885-2009-09 с предварительной минерализацией сырья и количественной идентификацией методом молекулярной абсорбионной спектроскопии.

Статистическую обработку результатов проводили общепринятыми методами математической статистики на 95%-м доверительном уровне.

Химический состав личинки *Hermetia illucens*, использованной в эксперименте, в также полученных из нее кормовых протеиновых добавок приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав личинки *Hermetia illucens* и кормовых добавок, полученных из нее термогидролизом

Сырье и продукт	Содержание, %				
	Влага	Протеин	Жир	Минеральные вещества	Углеводы
Личинка <i>Hermetia illucens</i> (сушеная)	8,3	40,1	21,6	13,1	17,0, в т.ч. хитин 5,9
Водорастворимая добавка (сублимированная)	8,4	43,0	0,5	8,7	39,4, в т.ч. хитин 0,05
Водонерастворимая добавка (конвекционная сушка)	11,4	38,0	22,5	4,1	24,0, в т.ч. хитин 15,3

Данные табл. 1 показывают, что личинка является перспективным источником белков (40,1) и жиров (21,6), а также углеводов (17,0%), в том числе усвояемых (9,5%), и минеральных веществ (13,1%). Сдерживающим фактором кормового применения личинки является высокое содержание хитина (5,9%). Полученные кормовые добавки содержат повышенное количество протеина (43,0% и 38%), при этом хитин практически отсутствует в водорастворимой добавке, при гидролизе он перешел в состав водонерастворимой фракции (15,3%). Этот факт обуславливает актуальность использования безхитиновой белковой водорастворимой добавки в кормовых испытаниях в аквакультуре. Водонерастворимая добавка отличается повышенным количеством минеральных веществ (24,8%), что предопределяет актуальность испытаний ее в составе кормов в качестве их источника наряду с протеиновой составляющей.

Кормовой потенциал добавок и рациональность их применения для кормовых целей в аквакультуре оценивали по аминокислотному составу протеинов, сравнивая полученные данные с аминокислотным составом рыбной муки [7].

В табл. 2 приведены экспериментально полученные и литературные данные по содержанию аминокислот в личинке *Hermetia illucens*, а также в полученных добавках - продуктах ее гидролиза. Для сравнения приведены аналогичные показатели в рыбной муке – основном источнике белка в кормовых технологиях для аквакультуры.

Аминокислотный состав рыбной муки, личинки *Hermetia illucens* и ее протеинсодержащих фракций, полученных в результате термического гидролиза сырья

Аминокислота	Содержание									
	В личинке, литературные данные [7], содержание белка 40%		В личинке сушеной, экспериментальные данные, содержание белка 40,1%		В продуктах гидролиза личинки				В рыбной муке, содержание белка 60% [7]	
	г/100 г продукта	г/100 г белка	г/100 г продукта	г/100 г белка	г/100 г продукта	г/100 г белка	г/100 г продукта	г/100 г белка	г/100 г продукта	г/100 г белка
Аланин	2,78	6,95	2,76	6,88	8,51	19,6	7,28	15,23	4,02	6,70
Аргинин	1,92	4,5	3,34	8,33	2,93	6,76	2,59	5,42	3,89	6,48
Аспарагин	-		-		1,32	3,04	0,74	1,55	-	
Аспарагиновая кислота	3,76	9,4	5,52	13,77	0,90	2,07	2,6	5,44	6,10	10,17
Цистин	1,07	2,63	1,16	2,89	<0,1		<0,1		0,6	1,00
Глутамин	-		-		<0,1		<0,1		-	
Глутаминовая кислота	4,72	11,8	5,79	14,44	5,43	12,51	7,94	16,61	8,61	14,35
Глицин	2,24	5,6	2,26	5,64	2,17	5,0	2,03	4,25	4,0	6,67
Гистидин	1,35	3,38	1,33	3,32	3,46	7,97	3,35	7,01	1,9	3,17
Гидроксипролин	-		-		<0,1		<0,1		-	
Изолейцин	1,43	3,58	4,12	10,27	1,32	3,04	1,34	2,80	2,63	4,38
Лейцин	2,60	6,5			1,78	4,10	1,37	2,87	4,75	7,92
Лизин	2,37	6,83	2,52	6,28	2,34	5,39	2,54	5,31	5,22	8,70
Метионин	0,68	1,7	0,87	2,17	0,48	1,11	<0,1		1,88	3,13
Орнитин	-		-		0,63	1,45	<0,1		-	
Фенилаланин	1,54	3,85	1,63	4,06	0,82	1,89	1,38	2,89	2,56	4,27
Фосфоэтаноламин	-		-		1,27	2,93	3,32	6,95	-	
Пролин	2,76	6,9	2,37	5,91	3,55	8,18	3,35	7,01	2,84	4,73
Серин	1,72	4,3	2,17	5,41	1,23	2,83	2,08	4,35	2,61	4,35
Треонин	1,70	4,25	1,83	4,56	1,37	3,16	2,07	4,33	2,74	4,57
Триптофан	<0,1		<0,1		1,36	3,13	<0,1		-	
Тирозин	2,44	6,1	2,57	6,41	1,93	4,45	2,66	5,56	2,19	3,65
Валин	1,92	4,8	2,05	5,11	2,32	5,35	2,05	4,29	3,19	5,32

Полученные результаты показали, что аминокислотный состав личинки *Hermetia illucens*, ее протеиновых добавок и рыбной муки сходен, все образцы содержат практически все незаменимые для рыб аминокислоты. Различия в составах аминокислот между добавками обусловлены, по-видимому, сложными физико-химическими изменениями, происходящими под действием высоких температур. При этом суммарное содержание незаменимых аминокислот в водорастворимой добавке увеличилось относительно их содержания в личинке (соответственно 18,18% и 17,69%).

В питании рыб необходимыми элементами являются минеральные вещества. Основными минеральными веществами для рыб являются кальций и фосфор, формирующие опорно-двигательный аппарат. Их источником обычно является рыбная кормовая мука, содержащая эти элементы в костных частицах в форме гидроксиапатитов костной ткани, что затрудняет их доступность и усвоения в организме рыб. При недостаточности в рационе фосфора, магния, марганца, цинка в совокупности или хотя бы одного из этих элементов развивается остеодистрофия, которая проявляется в искривлении позво-

ночника и ребер, деформации лобных и челюстных костей, ротового аппарата, редукции жаберных крышек, искривлениях ребер и в ряде других патологий [1].

При гидролизе личинки основная масса минеральных веществ переходит в водонерастворимую фракцию (табл. 1), содержание минеральных веществ в ней составляет 24,1%, что обуславливает актуальность оценки ее минерального состава и рациональности использования в качестве источника не только протеина, но и минералов в составе комбикормов для рыб. В таблице 3 приведены результаты определения содержания основных минеральных веществ в водонерастворимой добавке в сравнении с опубликованными данными по минеральному составу целой личинки [3].

Таблица 3

Содержание минеральных веществ в водонерастворимой добавке, полученной термогидролизом из личинки *Hermetia illucens*, мг/100 г

Минеральный компонент	Содержание	В личинке [3]
Кальций	518,5	197
Фосфор	654,8	714,9
Железо	24,7	53,1
Медь	2,1	1,17
Цинк	10,5	8,1
Хром	0,1	0,19
Натрий	18,4	110,9
Калий	919,6	10,4
Магний	326,2	290,1

Полученные данные (табл. 3) показывают, что осадочный гидролизат личинки богат ценными минеральными веществами. Основными минеральными веществами в нем являются (в мг/100 г.): калий (919,6), фосфор (654,8), кальций (518,5), магний (326,2), что согласуется с литературными данными [3]. Эти макро- и микроэлементы играют важную роль в жизнеобеспечении рыб, особенно при выращивании в искусственных условиях, для чего вносятся в корма рыб в виде специальных премиксов [6].

Кальций является главным элементом минерального вещества кости и обеспечивает ее прочность. Большое влияние на усвоение кальция и рост рыб оказывают соотношение поступающих в организм кальция и фосфора. Для большинства видов рыб оно рекомендуется 1:2. Вместе они участвуют в процессах переваривания и всасывания питательных веществ, биологического окисления, гормональной регуляции, обеспечивает буферные свойства крови. Магний входит в состав тела рыб приблизительно в количестве 0,3%. Более половины магния сосредоточено в костной ткани, где он в совокупности с кальцием и фосфором (в виде фосфорнокислого магния) образует минеральный остов скелета и его присутствие повышает прочность костной ткани. Железо рыбы получают в основном с пищей, оно играет важную роль в процессах дыхания и биологического окисления, принимает участие в переносе электронов, кроветворении. Без него в организме рыб развивается анемия. Натрий вместе с калием тесно участвуют в метаболическом обмене и осмотических процессах [6].

В связи с установлением ценного состава минеральных веществ в водонерастворимой добавке, полученной высокотемпературным гидролизом, представляется рациональным вводить эту добавку в состав комбикормов лососевых и других ценных видов рыб не только как источник протеина, но и как источник жизненно необходимых для развития рыб минеральных веществ.

Анализ всех полученных результатов исследования позволяет сделать вывод, что кормовой потенциал личинки *Hermetia illucens* по содержанию основных органических веществ достаточно высокий. Для его использования в качестве альтернативного источника белка и жира в кормовых технологиях аквакультуры рационально личинку предварительно подвергать высокотемпературной модификации. При этом из личинки можно получить две протеиновые добавки, представляющие собой привлекательные источники гидролизованных водорастворимых низкомолекулярных белков и водонерастворимых высокомолекулярных белков (пищевых волокон животного происхождения) – источников незаменимых аминокислот и ценных минеральных веществ. Рекоменду-

ется использовать все добавки в составе комбикормов для хищных ценных рыб в аквакультуре (лососевых, сиговых, форелевых) в дополнение к рыбной муке и рыбному жиру в качестве альтернативного источника.

Сделанные выводы были проверены в промышленных условиях ООО «ПРОМКОРМ» в специальных биологических испытаниях при выращивании мальков радужной форели в течение одного месяца (с 5 июня по 4 июля 2024 г.). В экспериментах были задействованы 2 УЗВ-установки, в каждой из которых находилось 50 экземпляров мальков массой 10-12 г. Корма были изготовлены экструзионным способом в виде гранул с диаметром 2 мм. В экспериментальной группе кормов 10% рыбной муки заменяли водорастворимой добавкой из личинки. Кормление рыб осуществлялось 3 раза в сутки при систематическом взвешивании.

Результаты показали практическую идентичность в росте и морфобиологическом развитии рыб контрольной и экспериментальной групп. Прирост масс по окончании месячного эксперимента отличался в контрольной и экспериментальной группах на статистически недостоверную величину. Средняя масса мальков форели в обоих аквариумах составила 28 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали целесообразность, использования потенциала личинки *Hermetia illucens* в виде протеиновых добавок, полученных высокотемпературным способом, в составе комбикормов для форели взамен части кормовой рыбной муки. Гидролизная модификация личинки позволила практически удалить из водорастворимой добавки хитин при повышении содержания протеиновой составляющей до 43%.

Аминокислотный состав личинки и кормовых добавок с их применением показал близость их протеинов по составу и аминокислотной сбалансированности протеинам рыбной муки. Установлено повышенное содержание в водонерастворимой добавке ценных минеральных веществ, играющих важную роль в жизнеобеспечении рыб (кальций, фосфор, магний, цинк, железо, калий).

Результаты сравнительных ростовых и морфобиологических экспериментов, проведенные при выращивании мальков радужной форели, показали практически идентичные результатов по приросту массы, что свидетельствует о перспективности введения в состав комбикормов водорастворимой добавки из личинки *Hermetia illucens*, как альтернативного источника протеина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лагуткина Л. Ю. Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2017. № 1. С. 67–78.
2. Ушакова Н. А., Пономарев С. В., Федоровых Ю. В., Бастраков А. И., Павлов Д. С. Физиологические основы питательной ценности концентрата личинок *Hermetia illucens* в рационе рыб // Известия РАН. Серия биологическая. 2020. № 3. С. 293–300.
3. Тышко Н.В., Жминченко В.М., Никитин Н.С., Требух М.Д., Шестакова С.И., Пашорина В.А., Садыкова Э.О. Комплексные исследования биологической ценности белка личинки *Hermetia illucens* // Вопросы питания, 2021. Т 90. № 5. С. 49-58. DOI.org/10.33029/0042-8833-2021-90-5-49-58
4. Матросова С. В., Лябзина С. Н., Горбач В. В., Ильмаст Ю. Н. Оценка эффективности кормления радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) диетой на основе личинки черной львинки // Известия КГТУ, № 71. 2023. С. 11-23.
5. Мезенова О.Я. Максимова С.Н., Агафонова С.В., Романенко Н.Ю., Калинина Н.С., Волков В.В., Мерзель Й.-Т. Оценка биопотенциала вторичного крабового сырья и продуктов его гидролиза для использования в аквабиотехнологии // Вестник МАХ. 202., № 3. С.44-53 DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-3-44-52
6. Shakhova E., Mezenova O., Romanenko N., Agafonova S., Volkov V., Kalinina N. and Pyanov D. Effect of inclusion of fish protein hydrolysate in diet for european whitefish (*coregonus lavaretus linnaeus*, 1758) juveniles on their hematological parameters // BIO Web of Conferences 64, 01010 (2023) Agro-Bio-Technologies. 2023. V. 64, 2023. DOI <https://doi.org/10.1051/bioconf/2023640101>

7. Некрасов Р.В., Чабаев М.Г., Зеленченкова А.А., Бастраков А.И., Ушакова Н.А. Питательные свойства личинок *Hermetia Illucens* -нового кормового продукта для молодняка свиней (*sus scrofa domesticus* erleben) // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54, № 2. С. 316-325.

USE OF HERMETIA ILLUCENS LARVAE HYDROLYSATES AS FEED ADDITIVES IN AQUACULTURE

¹Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of Technical Sciences, Professor

²Agafonova Svetlana Viktorovna, Ph.D. in Engineering, Associate Professor

³Romanenko Natalia Yuryevna, Ph.D. in Engineering, Associate professor

⁴Kalinina Natalya Sergeevna, Head of laboratories

⁵Volkov Vladimir Vladimirovich, Director of the Center for Advanced Technologies for the Use of Protein

⁶Likhvar Margarita Vladimirovna, Director

^{1,2,3,4,5}Kaliningrad State Technical University,

Kaliningrad, Russia, e-mail: ¹mezenova@klgtu.ru; ²svetlana.agafonova@klgtu.ru;

³nataliya.mezenova@klgtu.ru; ⁴natalya.kalinina@klgtu.ru; ⁵vladimir.volkov@klgtu.ru;

⁶IP Likhvar, Kaliningrad region, Gurevsk, Russia, e-mail: ⁶kislinskayamv@gmail.com

*The problem of an alternative protein source is relevant for aquaculture of valuable fish species. In the work, when growing trout, hydrolysates of the black soldier fly *Hermetia illucens* larvae obtained by high-temperature hydrolysis were used in the composition of feed instead of 10% of fish meal. The chemical composition of the raw material and protein-containing additives obtained by hydrolysis, their amino acid composition, content of minerals and chitin were determined. The results of feed and biological tests are presented.*

РЕЗУЛЬТАТЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПРОДУКТОВ ГИДРОЛИЗА ЛИЧИНКИ *HERMETIA ILLUCENS* В СОСТАВЕ КОРМА ДЛЯ ФОРЕЛИ В ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АКВАКУЛЬТУРЕ

¹Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

²Никитина Ольга Николаевна, директор учебно-практического центра БалтикВет

³Дельмухаметов Артем Борисович, канд. биол. наук, доцент

⁴Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент

⁵Романенко Наталья Юрьевна, канд. техн. наук, доцент

⁶Калинина Наталья Сергеевна, зав. лабораториями

⁷Волков Владимир Владимирович, директор Центра передовых технологий
использования белка

⁸Ромашова Юлия Алексеевна, ведущий инженер

⁹Лихварь Маргарита Владимировна, директор

¹⁰Кукаев Александр Васильевич, генеральный директор

^{1,2,3,4,5,6,7,8}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: ¹mezenova@klgtu.ru; ⁴svetlana.agafonova@klgtu.ru;

⁵nataliya.mezenova@klgtu.ru; ⁶natalya.kalinina@klgtu.ru; ⁷vladimir.volkov@klgtu.ru

⁹ИП Лихварь, Калининградская область, г. Гурьевск, Россия,

e-mail: ⁹kislinskayamv@gmail.com

¹⁰ООО «ПРОМКОРМ»

*Приведены результаты весовых, ростовых, химических, гематологических и морфобиологических испытаний по применению водорастворимого гидролизата личинки *Hermetia illucens* в стартовых кормах для мальков радужной форели в индустриальной аквакультуре. В результате высокотемпературного гидролиза из личинки практически удален хитин, повышено содержание низкомолекулярного протеина. Введение гидролизата в состав комбикорма взамен 10 % кормовой рыбной муки не привело к снижению весовых показателей, ухудшению ростовых, гематологических и морфобиологических характеристик рыб.*

Развитие индустриальной аквакультуры на в нашей стране остро нуждается в эффективных кормах, содержащих полноценный протеин. Перспективным источником протеина для ценных плотоядных пород рыб (форелевые, сиговые, осетровые) является личинка мухи черной львинки *Hermetia illucens* [1]. Проблемой использования данного сырья является наличие в личинке хитина, плохо перевариваемого пищеварительными органами животных, птиц и рыб [2]. Рациональной модификацией состава личинки представляется ее глубокий гидролиз с применением высокотемпературной обработки по технологии КГТУ, позволяющей уменьшать содержание хитина и переводить белки в усвояемое пептидное состояние [3].

Целью исследования являлась оценка рациональности использования водорастворимого гидролизата личинки тропической мухи черной львинки *Hermetia illucens* в биологических испытаниях (ростовых, морфобиологических, гематологических) путем введения в состав комбикормов мальков радужной форели, выращиваемой в индустриальной аквакультуре, взамен части рыбной муки.

Экспериментальные исследования проводили на кафедре пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» и в ООО «ПРОМКОРМ». Личинку получали в агрофирме ИП Лихварь (Калининградская область).

Модификацию личинки проводили термогидролизом в водной среде по технологии КГТУ [3] в термореактор при 130 °С в течение 60 мин. под давлением 0,20 МПа. Из гидролизованной суспензии после разделения получали 2 фракции - водорастворимую (пептидно-протеиновую) и водонерастворимую (белково-минеральную), которые высушивали и измельчали. Анализ химического состава сырья и гидролизованных добавок проводили по стандартным и общепринятым методикам. Содержания влаги проводили по ГОСТ Р 54951, сырого протеина – по ГОСТ 13496.4, жира – по

ГОСТ 13496.15, хитина – по ГОСТ 7635. Содержание аминокислот в белках личинки и протеиновой добавки оценивали по ФР. 1.31.2015.19761 в научно-исследовательской лаборатории UBF. Содержание минеральных веществ определяли методом DIN EN ISO 11885-2009-09 с предварительной минерализацией сырья и идентификацией методом молекулярной абсорбионной спектроскопии. Статистическую обработку результатов проводили общепринятыми методами математической статистики на 95%-м доверительном уровне.

В эксперименте 10% водорастворимой добавки из личинки с молекулярной массой ММ 5-10 кДа вводили вместо рыбной муки в состав стартовых кормов экструзионного изготовления для мальков радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) массой 10-12 г. Наблюдения проводили в течение 30 дней (с 5 июня по 4 июля 2024 г.), в начале и конце сравнительно оценивали гематологические и морфофизиологические показатели рыб. В экспериментах были задействованы 2 рыбоводные установки, работающие по принципу замкнутого водоснабжения (УЗВ-установки), в каждой из которых находилось 50 экземпляров мальков.

Концентрацию гемоглобина определяли гемиглобинцианидным методом на гемо-глобинометре МИНИ-Гем 540, концентрацию эритроцитов - пробирочным методом, концентрацию общего белка в сыворотке крови – рефрактометрически, по коэффициенту преломления сыворотки, который измеряли на рефрактометре ИРФ-454 Б2М. Косвенным методом на 500 эритроцитов подсчитывали концентрацию лейкоцитов и относительное количество незрелых эритроцитов (оксифильных нормобластов), патологически измененных эритроцитов (гемолиз эритроцитов), тромбоцитов и ядерных теней эритроцитов [4, 5].

При оценке морфометрических особенностей выполняли следующие промеры: длина зоологическая, длина промысловая, длина по Смиту, длина головы, диаметр глаза, максимальная и минимальная высота тела, по стандартной методике.

Для оценки скорости роста молоди применяли общепродукционный коэффициент массонакопления (формула 1) [6]:

$$K_M = \frac{(M_{\text{кон}}^{\frac{1}{3}} - M_{\text{нач}}^{\frac{1}{3}}) \times 3}{(T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}})}, \quad (1)$$

где $M_{\text{нач}}$ и $M_{\text{кон}}$ – начальная и конечная масса рыб, г;

$T_{\text{нач}}$ и $T_{\text{кон}}$ – возраст рыб в начале и конце периода, суток.

Относительный среднесуточный прирост рассчитывали по формуле (2):

$$C = \frac{(M_{\text{кон}} - M_{\text{нач}}) \times 2 \times 100}{(M_{\text{кон}} + M_{\text{нач}}) \times (T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}})}, \quad (2)$$

Для оценки упитанности рассчитывали коэффициент упитанности по Фультону. По результатам вскрытия оценивали уровень ожирения по пятибалльной шкале М. Л. Прозоровской [7, 8]. Для оценки физиологических показателей использовали метод морфофизиологических индикаторов, рассчитывались индексы печени, селезенки, сердца [9].

Результаты исследования показали, что личинка *Hermetia illucens* является перспективным источником белка (40,1%), жира (21,6%), минеральных веществ (13,1%), а также углеводов (17,0%), в том числе усвояемых (9,5%) и неусвояемого хитина (7,5%). Полученная водорастворимой добавка в сухой форме содержит 43,4% протеина, хитина только в следах.

Сравнительный анализ аминокислотного состава протеинов личинки *Hermetia illucens*, ее водорастворимой добавки и рыбной муки показал, что они близки. Все образцы содержали практически все незаменимые для рыб аминокислоты. Максимальное количество приходится на аланин (8,5%), глутаминовую кислоту (5,4%), пролин (3,6%), гистидин (3,5%), лизин (2,3%), а суммарное содержание незаменимых аминокислот в добавке увеличилось относительно их содержания в личинке (соответственно 18,18% и 17,69%).

Установлено, что при гидролизе личинки основная масса минеральных веществ переходит в осадочную (водонерастворимую) фракцию, в сухой форме их содержание составляет 24,1% (в основном калий, фосфор, кальций, магний), что обуславливает рациональность ее использования в качестве источника минералов в составе комбикормов для рыб.

Результаты показали практическую идентичность в массовых и гематологических показателях рыб контрольной и экспериментальной групп (таблицы 1 и 2). Прирост масс по окончании месячного эксперимента отличался в контрольной и экспериментальной группах на статистически недостоверную величину. Это свидетельствует об отсутствии отрицательного влияния компонентов добавки из личинки на формирование белковой массы, жировых накоплений и минерального скелета на данной стадии роста рыб.

Таблица 1

Рыбоводные показатели сравнительного индустриального выращивания радужной форели с применением контрольных и экспериментальных комбикормов

Показатели	Контроль	Опыт
Начальная масса, г	11,5±1,12	11,49±1,12
Конечная масса, г	28,0±2,78	28,4±3,40
Средний прирост массы, г	16,5	16,91
Выживаемость, %	100	100
Удельная скорость роста, г/сут	0,55±0,10	0,56±0,25

Таблица 2

Показатели крови мальков радужной форели в начале и конце эксперимента

Показатель	Начало эксперимента	Окончание эксперимента	
	Контроль, опыт	Контроль	Опыт
Концентрация эритроцитов, млн/мкл	1,08±0,4	1,10±0,5	1,08±0,4
Концентрация лимфоцитов %	65	79	94
Концентрация гемоглобина, г%	10	11	10
Содержание гемоглобина в эритроците, пг	62,0 ±1,0	62,5±1,2	62,5±1,4
Общий белок в сыворотке крови, г%	5,8	5,8	5,6

Результаты сравнительных гематологических исследований (таблица 2) практически сходные. Форменные элементы крови в обеих партиях рыб в норме, без патологических изменений. Выявленные клетки крови моноциты (незернистые лейкоциты, участвующие в иммуногенезе) в контрольной группе составили 11 %, в опытной - 14% (нормативный показатель для форели 16%). Так как в исследование проводилось на мальках, то полученные результаты свидетельствуют о положительном формировании иммунного статуса в обеих группах примерно одинаково. Повышение содержания белка крови до 5,8 г% у мальков в контрольной группе свидетельствует о несколько повышенной тенденции к сгущению крови и гемолизу в данной группе рыб.

В таблице 3 приведены данные по некоторым морфометрическим и морфофизиологическим показателям мальков радужной форели, задействованной в эксперименте.

При исходной средней массе 4,32±0,22 г и зоологической длине 7,36±0,15 см за 31 сутки выращивания мальки форели контрольной группы достигла средней массы 26,29±3,06 г и длины 12,24±0,47 см. За этот же период времени мальки опытной группы достигла средней массы 29,78±3,66 г и длины 12,76±0,54 см. При сравнении данных статистически достоверных различий не отмечается. Также не отмечено статистически достоверных различий и по остальным промерам.

**Сравнительные значения некоторых морфометрических
и морфофизиологических показателей мальков радужной форели**

Параметр	Начало эксперимента		Завершение эксперимента (41 сут.)			
	Масса (М)	Доверительный интервал (m)	Контроль		Опыт	
			М	m	М	m
Длина зоологическая, см	7,36	0,15	12,24	0,47	12,76	0,54
Длина промысловая, см	6,40	0,12	10,98	0,42	11,42	0,52
Длина по Смиуту, см	7,08	0,14	11,80	0,45	12,12	0,47
Длина головы, см	1,48	0,07	2,74	0,09	2,86	0,11
Диаметр глаза, см	0,54	0,04	0,72	0,01	0,78	0,04
Максимальная высота тела, см	1,72	0,03	3,30	0,12	3,56	0,14
Минимальная высота тела, см	0,58	0,01	1,26	0,06	1,24	0,04
Масса, г	4,32	0,22	26,29	3,06	29,78	3,66
Коэффициент упитанности по Фультону	1,65	0,06	1,91	0,03	1,94	0,04
Ожирение в баллах	3,00	0,33	3,00	0,24	2,60	0,30
Индексы внутренних органов						
Печени	1,57	0,34	2,07	0,31	2,29	0,19
Сердца	0,16	0,16	0,19	0,03	0,14	0,02
Селезенки	0,14	0,06	0,14	0,05	0,11	0,02

Общепродукционный коэффициент массонакопления за период исследований у мальков форели опытной группы составил 0,21, контрольной группы – 0,18. Относительный среднесуточный прирост в опытной группе – 3,64%, в контрольной – 3,50%.

Таким образом, можно утверждать, что в период исследования экспериментальные корма обеспечивали темп линейного и весового роста мальков форели, сопоставимый с таковым у контрольной группы на стандартном рационе.

Коэффициент упитанности у форели опытной группы составил $1,94 \pm 0,04$, у форели контрольной группы - $1,91 \pm 0,03$, что можно считать достаточно высоким значением (удовлетворительные значения коэффициента для радужной форели не меньше 1 [10]. Достоверных различий по данному показателю, а также по уровню жирности по пятибалльной шкале между контрольной и опытной группой нет, что свидетельствует о схожем характере жиронакопления при кормлении кормами контрольной и опытной рецептур.

При вскрытии и визуальном осмотре рыб патологические изменения внутренних органов на начальном этапе исследований встречались единично и выражались в изменениях печени, увеличении размеров желчного пузыря с изменением цвета желчи. На заключительном этапе исследований патологические изменения печени встречались у 2 особей в контрольной группе. В опытной группе особей с патологическими изменениями внутренних органов отмечено не было.

По результатам вскрытия оценивали морфофизиологические показатели мальков форели в период исследований.

Индекс сердца молоди опытной группы составил $0,19 \pm 0,03$, контрольной группы – $0,14 \pm 0,02$. Достоверных различий не выявлено. В целом, данные по индексу сердца близки к значениям, известным из литературных источников для форели схожей массы ($0,10-0,24$) [9,10].

Индекс селезенки у молоди форели опытной группы составил $0,11 \pm 0,02$, контрольной группы – $0,14 \pm 0,05$. Достоверных различий не отмечено. Полученные значения в целом близки к нижней границе диапазона значений для форели схожей массы и возраста из литературных источников ($0,09-0,28$) [9,11]. В целом, в виду сложности и разнообразия физиологических функций средняя масса селезенки достаточно лабильна [6], в нашем случае относительно невысокие ее значения могут быть связаны с особенностями кислородного режима и гидрохимических условий в установке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты биологических исследований по применению продуктов гидролиза личинки *Hermetia illucens* в составе стартовых комбикорма для мальков форели в индустриальной аквакультуре показали целесообразность использования водорастворимого гидролизата, который характеризуется отсутствием хитина, повышенным содержанием протеина в низкомолекулярной форме, сходным с рыбной мукой аминокислотным составом.

Введение в составе комбикормов для мальков форели взамен 10% кормовой рыбной муки водорастворимой добавки не привело к снижению весовых показателей, ухудшению ростовых, весовых, гематологических и морфобиологических характеристик рыб. По основным показателям не было обнаружено достоверных различий между контрольной и экспериментальной группой рыб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матросова С. В., Лябзина С. Н., Горбач В. В., Ильмаст Ю. Н. Оценка эффективности кормления радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) диетой на основе личинки черной львинки // Известия КГТУ, № 71. 2023. С. 11-23.
2. Ушакова Н. А., Пономарев С. В., Федоровых Ю. В., Бастраков А. И., Павлов Д. С. Физиологические основы питательной ценности концентрата личинок *Hermetia illucens* в рационе рыб // Известия РАН. Серия биологическая. 2020. № 3. С. 293–300.
3. Мезенова О.Я. Максимова С.Н., Агафонова С.В., Романенко Н.Ю., Калинина Н.С., Волков В.В., Мерзель Й.-Т. Оценка биопотенциала вторичного крабового сырья и продуктов его гидролиза для использования в аквабиотехнологии // Вестник МАХ. 202., № 3. С.44-53 DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-3-44-52
4. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб. Министерство сельского хозяйства № 13-4-2-/1487 2 февраля 1999 г. URL: https://e-ecolog.ru/docs/pQbF13m1UU6Pwog1f85Wo?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.yandex.ru%2F [Электронный источник]. (дата обращения 26.07.2024)
5. Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. / Н.Т. Иванова. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 86 с.
6. Купинский С.Б. Продукционные возможности объектов аквакультуры. – Астрахань: ДФ АГТУ, 2007. – 142 с.
7. Молчанова, К. А. Рыбоводно-биологические особенности формирования маточного стада радужной форели в установках замкнутого водоснабжения: специальность 03.02.06 "Ихтиология" : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Молчанова Ксения Андреевна, 2018. – 180 с. – EDN OJEZDQ.
8. Никольский Г.В. Экология рыб. – М.: Высшая школа, 1974. – 368 с.
9. Шварц, С. С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных / С. С. Шварц, В. С. Смирнов, Л. Н. Добринский. Том Выпуск 58. – Свердловск : Уральский филиал Академии наук СССР
10. Биологические особенности молоди сиговых и форели в условиях индустриального выращивания / Л.М. Князева, А.К. Шумилина, В.В. Костюничев, И.Н. Остроумова. – СПб.: ГосНИОРХ, 2007. – 56 с.
11. Курицын А.Е., Ефремов С.А., Макарова Т.А. Морфофизиологические характеристики радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) и муксуна (*Coregonus muksun* (Pallas)) при садковом выращивании // Известия ТСХА, выпуск 3. - М.: 2017. - С. 84-94. // <https://cyberleninka.ru/> URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfofiziologicheskie-harakteristiki-raduzhnoy-foreli-oncorhynchus-mikiss-walbaum-i-muksunacoregonus-muksun-pallas-pri-sadkovom> (дата обращения: 24.07.2024).

RESULTS OF BIOLOGICAL TESTS OF HERMETIA ILLUCENS LARVAE HYDROLYSIS PRODUCTS IN TROUT FEED IN INDUSTRIAL AQUACULTURE

¹Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of Technical Sciences, Professor

²Nikitina Olga Nikolaevna, Director of the Educational and practical center BalticVet

³Dilmukhamedov Artem Borisovich, Ph.D. biol. Sciences, Associate Professor

⁴Agafonova Svetlana Viktorovna, Ph.D. in Engineering, Associate Professor

⁵Romanenko Natalia Yuryevna, Ph.D. in Engineering, Associate professor

⁶Kalinina Natalya Sergeevna, Head of laboratories

⁷Volkov Vladimir Vladimirovich, Director of the Center for Advanced Technologies for the Use of Protein

⁸Romashova Yulia Alekseevna, leading engineer

⁹Likhvar Margarita Vladimirovna, Director

¹⁰Kukaev Alexander Vasilievich, General Director

^{1,2,3,4,5,6,7,8}Kaliningrad State Technical University,

Kaliningrad, Russia, e-mail: ¹mezenova@klgtu.ru; ⁴svetlana.agafonova@klgtu.ru;

⁵nataliya.mezenova@klgtu.ru; ⁶natalya.kalinina@klgtu.ru; ⁷vladimir.volkov@klgtu.ru

⁹IP Likhvar, Kaliningrad region, Gurevsk, Russia, e-mail: ⁹kislinskayamv@gmail.com

¹⁰OOO "PROMKORM"

The article presents the results of weight, growth, chemical, hematological and morpho-biological tests on the use of water-soluble hydrolysate of Hermetia illucens larva in starter feeds for rainbow trout fry in industrial aquaculture. As a result of high-temperature hydrolysis, chitin was practically removed from the larva, and the content of low-molecular protein was increased. The introduction of the hydrolysate into the compound feed instead of 10% of feed fish meal did not lead to a decrease in weight indicators, or deterioration in growth, hematological and morpho-biological characteristics of fish.

ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОЛИЗАТА ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ СЁМГИ МЕТОДАМИ ФЕРМЕНТАТИВНОГО И ТЕРМИЧЕСКОГО ГИДРОЛИЗА

¹Миленький Александр Викторович, магистрант кафедры пищевой биотехнологии

²Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры пищевой биотехнологии

³Агафонов Евгений Александрович, аспирант кафедры цифровых систем и автоматике

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: flame_007@mail.ru

*Рассмотрены два способа получения белкового гидролизата из вторичного сырья атлантического лосося *Salmo salar* (сёмги): ферментативный и термический. Представлены схемы реализации процессов. Исследован химический состав сырья, используемого для производства гидролизата. Приведены выходы продуктов ферментативного и термического гидролиза и исследован их химический состав. Установлено, что ферментативный гидролиз с применением протеолитического ферментного препарата Протозим позволяет получить большее количество сухого гидролизата из вторичного сырья сёмги, который характеризуется меньшим содержанием золы и жира.*

Введение

Рыбный гидролизат представляет собой продукт, получаемый в результате расщепления белков рыбного сырья до короткоцепочечных пептонов и пептидов, а также свободных аминокислот. Для осуществления этого процесса используются ферменты (энзимы), кислоты, термическая обработка или их комбинация. Рыбный гидролизат – это ценный продукт, который является результатом современного научного подхода к переработке рыбного сырья. Он обладает рядом преимуществ, делающих его привлекательным для различных отраслей промышленности и потребителей [7].

Как пищевой продукт, рыбный гидролизат обладает характеристиками, позволяющими рассматривать его как наиболее перспективный источник легкодоступного белка и аминокислот, а процесс производства его – экономически целесообразным за счет использования малоценного и вторичного рыбного сырья. К основным достоинствам рыбных белковых гидролизатов относятся следующие: высокое содержание легкоусвояемого белка, необходимого для роста, развития и поддержания жизненных функций организма человека; низкое содержание жира, обусловленное особенностями технологии гидролиза; безопасность за счет разрушения аллергенных белковых молекул и пролонгирования сроков годности в сравнении с нативными белками; приятные органолептические характеристики в сравнении с необработанным рыбным сырьем. Такие характеристики позволяют использовать рыбные гидролизаты в пищевой промышленности (в качестве источников легкоусвояемого белка, ароматизаторов, усилителей вкуса), в медицине (в качестве питательной добавки), сельском хозяйстве (в качестве кормовых добавок) и других отраслях [2, 4].

Гидролизаты из рыбного сырья могут быть получены химическим, ферментативным и термическим способами, при этом последние два представляют особый интерес, поскольку являются экологически чистыми, не требующими для реализации токсичных химических соединений.

Способ получения гидролизата рыбного коллагена ферментативным методом включает подготовку и анализ сырья, в качестве которого используют шкуры промысловых рыб, ферментативное выделение гидролизата коллагена и формирование сухой формы гидролизата коллагена [5]. Ферментативный гидролиз использует специфические ферменты, которые расщепляют белки в сырье, не затрагивая другие ценные компоненты. Это обеспечивает мягкое и избирательное расщепление при сохранении витаминов, минералов и полиненасыщенных жирных кислот. Благодаря этому, ферментативный гидролиз позволяет получить продукт с заданными свойствами, например, с определенным профилем аминокислот, что особенно важно для пищевой промышленности и производства биологически активных добавок.

Термический гидролиз основан на воздействии высокой температуры и давления на сырьё. Он обладает преимуществами быстроты и стерилизации: высокая температура уничтожает микроорганизмы, обеспечивая стабильность продукта. Однако, высокая температура может привести к разрушению некоторых витаминов, минералов и других биологически активных веществ, снизить биологическую ценность продукта [1].

Выбор метода гидролиза зависит от конкретных задач и требований к получаемому продукту. Ферментативный гидролиз рекомендуется для производства продуктов с высоким качеством, в том числе, для получения продуктов питания и биологически активных добавок. Термический гидролиз может быть более подходящим для производства продуктов, где требуется быстрое получение и стерильность, например, для кормовых добавок [3].

Актуальным направлением видится создание гидролизатов, изготовленных из рыбного сырья, в связи с увеличением вылова на территории России. В последние годы в России наблюдается тенденция к увеличению вылова лососёвых рыб, что способствует росту генерации отходов. Увеличение вылова приводит к избыточной добыче и необходимости переработки больших объемов лососёвых рыб, что, в свою очередь, создает проблемы с обращением отходов [6]. Производство рыбных гидролизатов может частично решить проблему утилизации большого количества отходов рыбного производства, являющихся ценными источниками белка, минеральных веществ, жиров.

Объекты и методы исследований

Гидролизат получали из вторичного сырья, образующегося при разделке атлантического лосося *Salmo salar* (сёмги) на рыбоперерабатывающих предприятиях. Вторичное сырьё включало головы, хребты, хвосты и внутренние органы рыб.

Предварительно сырьё измельчали и обрабатывали гидротермическим способом при температуре 60 °С для разрушения жировых клеток и облегчения извлечения жира. Жир отделялся центрифугированием при 3600 об/мин, температуре 40 °С в течение 15 минут.

Термический гидролиз проводился в автоклаве при температуре 130 °С в течение 1 часа при постоянном перемешивании с помощью механической лопастной мешалки.

Ферментативный гидролиз проводили с применением протеолитического ферментного препарата Протозим (0,3 % к массе сырья) при температуре 50 °С в течение 1 часа при постоянном перемешивании в лабораторном шейкере-инкубаторе.

После гидролиза в обоих случаях разделение жидкой, твердой и остаточной жировой фракций осуществлялось центрифугированием. Полученная таким образом жидкая часть, содержащая легкоусвояемые белки и аминокислоты, высушивалась лиофильно, при следующих режимах: 24 часа при температуре -20 °С и давлении 0,67 мбар; 6 часов при температуре -55 °С и давлении 0,04 мбар. Твердая часть, представленная негидролизованным сырьем, с преобладанием минеральной (костной) составляющей, высушивалась при 60 °С в течение 24 часов конвекционным способом. После сушки обе фракции измельчали в порошок и герметично упаковывали в пакеты. Схемы гидролиза рыбного сырья представлены на рисунках 1 и 2.

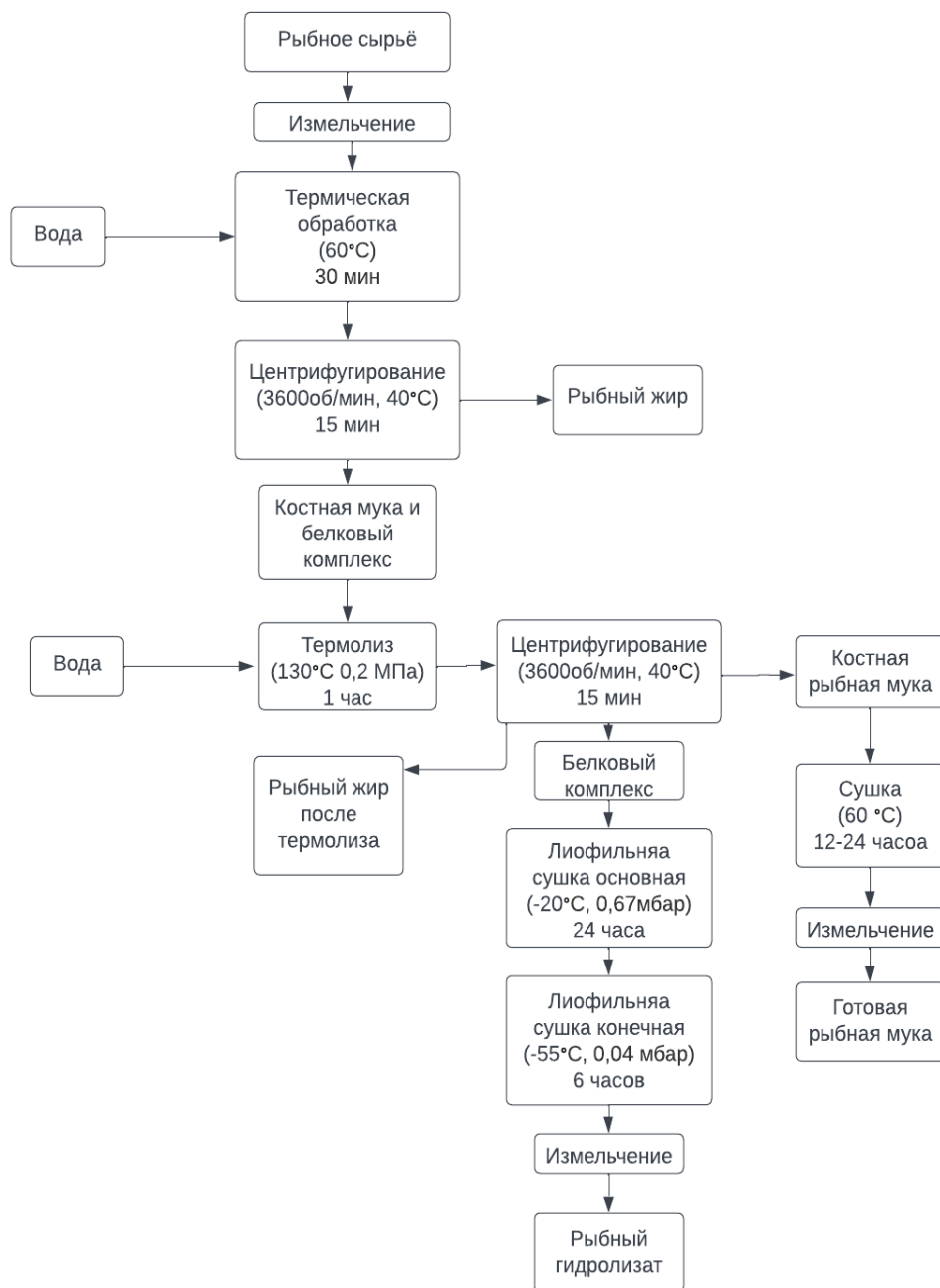


Рис. 1. Технологическая схема термического гидролиза

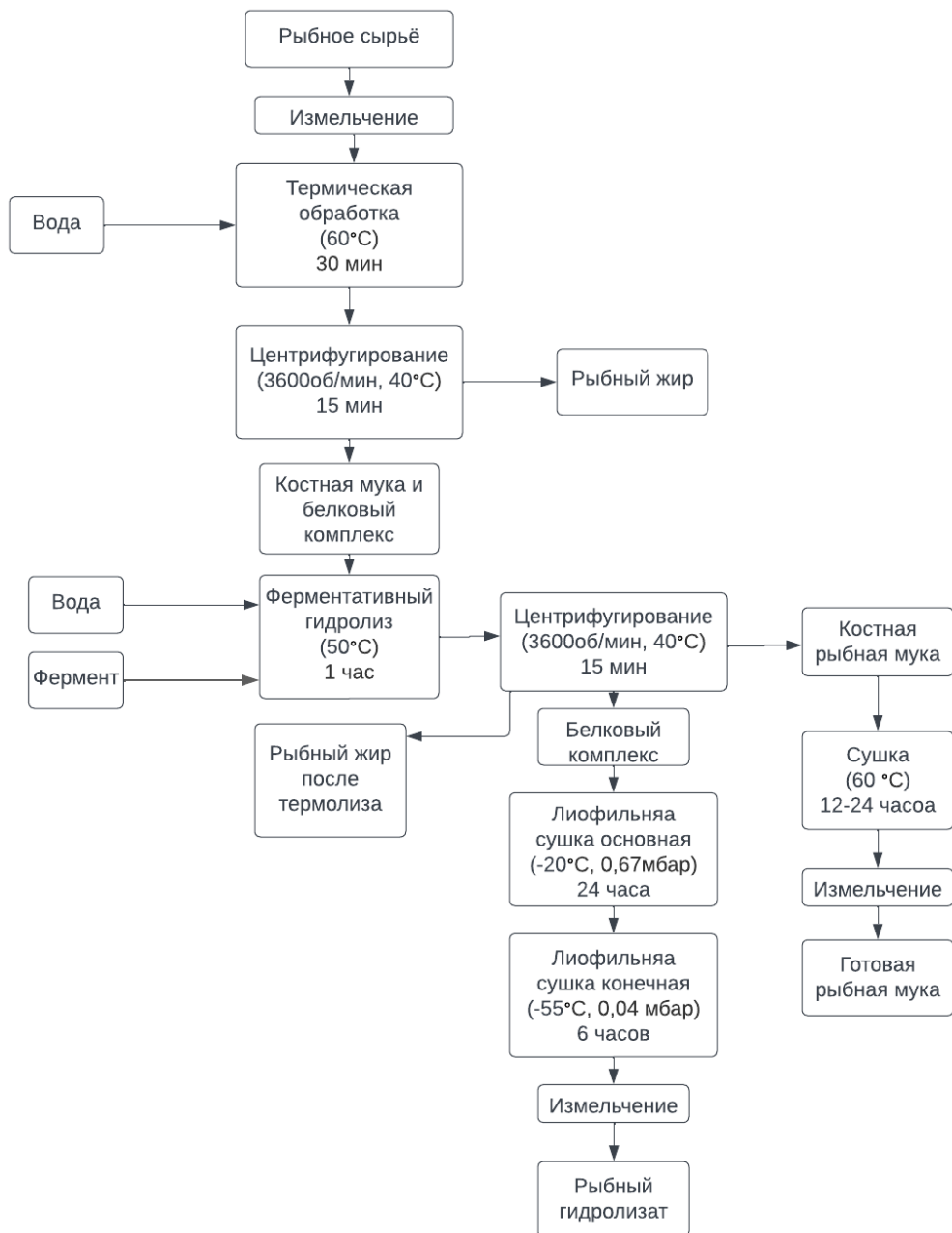


Рис. 2. Технологическая схема ферментативного гидролиза

Химический состав рыбного сырья и гидролизатов определяли согласно ГОСТ 7636: массовую долю влаги – термogrавиметрическим методом; массовую долю жира – экстракцией в аппарате Сокслета, массовую долю золы – при сжигании навески в муфельной печи; массовую долю белка – методом Кьельдаля.

Результаты исследований

В таблице 1 представлены выходы продуктов переработки рыбного сырья методами термического и ферментативного гидролиза.

**Выход продуктов, полученных в ходе термического
и ферментативного гидролиза рыбного сыра**

Продукт	Выход при использовании термического гидролиза, % от массы исходного сырья	Выход при использовании ферментативного гидролиза, % от массы исходного сырья
Жир, предварительно отделенный	16,33	14,95
Жир, отделенный после гидролиза	2,85	3,11
Сухой гидролизат	5,39	7,45
Сухой негидролизанный остаток	57,19	53,37

Из таблицы 1 видно, что использование ферментативного гидролиза обеспечивает выход гидролизата на 2,1 % выше в сравнении с термическим, что может говорить о более полном и эффективном процессе выделения белка. Получаемое количество жира может варьироваться в зависимости от использованного сырья. Рассмотренные подходы влияют на степень отделения жира из белковой и минеральной фракций, чем выше данный показатель, тем выше качество полученных итоговых продуктов: рыбного гидролизата и негидролизованного остатка.

Повышенный выход гидролизата при ферментативном методе может быть обусловлен более полным гидролизом белков на пептиды и аминокислоты. Ферменты, используемые в ферментативном гидролизе, могут более селективно расщеплять белки, что приводит к высвобождению большего количества растворимых компонентов в гидролизат. Термический гидролиз может привести к денатурации белков и образованию нерастворимых агрегатов, что снижает выход гидролизата.

Химический состав рыбного сыра и продуктов гидролиза представлен в таблице 2.

Общий химический состав рыбного сыра и продуктов гидролиза

Продукт	Содержание жира, %	Содержание влаги, %	Зольность, %	Содержание белка, %
Негидролизанный остаток после ферментативного гидролиза	19,68	5,40	15,93	58,99
Негидролизанный остаток после термического гидролиза	20,12	4,79	16,12	58,97
Гидролизат после ферментативного гидролиза	12,08	5,81	5,35	76,76
Гидролизат после термического гидролиза	14,79	8,07	5,43	71,71
Рыбное сырьё, использованное для ферментативного гидролиза	20,24	65,14	8,91	5,72
Рыбное сырьё, использованное термического гидролиза	31,45	55,18	9,51	3,87

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что гидролизат, полученный ферментативным методом, незначительно превосходит в чистоте по зольности гидролизат, полученный термическим методом, но зольность негидролизованного остатка выше у термического гидролизата. Остаточное содержание жира в гидролизате (14,79 %) и негидролизованном остатке (20,12 %), полученных термическим методом, выше, чем в гидролизате, полученном ферментативным методом (12,08 % и 19,68 % соответственно). Это связано с высокой температурой термического гидролиза, которая приводит к глубокой деструкции сырья и высвобождению связанных с белками липидов в гидролизат. Содержание белка в гидролизате, полученном ферментативным методом, выше на 5,05 %, чем термическим, что показывает повышенную эффективность использования ферментов перед высокотемпературным воздействием.

Выводы

Проведенные исследования свидетельствуют о преимуществе ферментативного способа получения рыбного белкового гидролизата из вторичного сырья семги перед термическим. Гидролиз протеолитическим ферментным препаратом Протозим в дозировке 0,3 % к массе сырья позволяет добиться большего выхода сухого гидролизата (3,1 % от массы основного сырья), при этом готовый продукт содержит меньшее количество примесей жира и золы.

Ферментативный гидролизат содержит значительное количество белка, пептонов, пептидов и свободных аминокислот (76,76 %) в легкоусвояемой форме и может использоваться в качестве добавки к пище и кормам.

Для повышения рентабельности производства подобной продукции необходимо провести дальнейшие исследования по оптимизации режимов ферментативного гидролиза и установлению оптимальной дозировки ферментного препарата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байдалинова, Л. С. Зависимость степени разделения компонентов вторичного рыбного сырья (голов рыб) от условий ферментализации и термализации / Л. С. Байдалинова, Л. В. Городниченко // Известия КГТУ. – 2018. – № 49. – С. 92-103.
2. Воробьев, В. И. Переработка недоиспользуемого коллагенсодержащего рыбного сырья / В. И. Воробьев // Балтийский морской форум: материалы VI Международного Балтийского морского форума: в 6 т., Калининград, 03–06 сентября 2018 года. Том 1. – Калининград: Обособленное структурное подразделение "Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Калининградский государственный технический университет", 2018. – С. 60-64.
3. Еремцова, А. А. Оценка структурно-механических характеристик сырья после тепловой и ферментативной обработок / А. А. Еремцова, М. Ю. Минаев // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2016. – № 1. – С. 123-125.
4. Мезенова О. Я. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении пептидов и исследование их аминокислотной сбалансированности / О. Я. Мезенова, В. В. Волков, Т. Мерзель [и др.] // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2018. – Т. 8, № 4(27). – С. 83-94
5. Патент № 2711915 С1 Российская Федерация, МПК А23J 1/04, А23J 3/04. Способ получения белкового гидролизата из вторичного рыбного сырья : № 2019107236 : заявл. 14.03.2019 : опубл. 23.01.2020
6. Федеральное агентство по рыболовству: официальный сайт. – Москва, Обновляется в течение суток. – URL: <https://fish.gov.ru/news/2024/08/21/lososevaya-putina-2024-vylov-lososej-nadalnem-vostoke-prodolzhaet-rasti/> (дата обращения 21.08.2024)
7. Sarmadi B.H., Ismail A. Antioxidative peptides from food proteins: a review. Peptides. 2010, vol. 31, no. 10, pp. 1949–1956. DOI: 10.12691/jfmr-4-6-6

OBTAINING HYDROLYSATE FROM SALMON WASTE BY ENZYMATIC AND THERMAL HYDROLYSIS METHODS

¹Milenkiy Aleksandr Viktorovich, Master's student at the Department of Food Biotechnology

²Agafonova Svetlana Viktorovna, Ph.D in Engineering, Docent, Associate Professor at the Department of Food Biotechnology

³Agafonov Evgenij Aleksandrovich, Postgraduate student at the Department of Digital Systems and Automation

^{1,2,3}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: flame_007@mail.ru

*The article considers two methods of obtaining protein hydrolysate from waste of Atlantic salmon *Salmo salar* (salmon): enzymatic and thermal. Schemes of process implementation are presented. The chemical composition of raw materials used for hydrolysate production is studied. The yields of enzymatic and thermal hydrolysis products are given and their chemical composition is studied. It is established that enzymatic hydrolysis using the proteolytic enzyme preparation Protozym allows obtaining a larger amount of dry hydrolysate from salmon waste, which is characterized by a lower content of ash and oil.*

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ КОБЫЛЬЕГО МОЛОКА ПРИ СОЗДАНИИ ПРОДУКТА СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ

¹Миронова Ирина Валерьевна, д-р биол. наук, профессор,
зав. кафедрой технологии мясных, молочных продуктов и химии,
зав. кафедрой специальной химической технологии

²Хабибуллин Ильмир Муллахметович, канд. биол. наук,
доцент кафедры физической культуры, оздоровления и спорта

³Слинкин Артем Андреевич, канд. биол. наук, доцент кафедры технологии мясных,
молочных продуктов и химии

^{1,2,3}ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Уфа, Россия, e-mail: mironova_irina-v@mail.ru

¹ФГБОУ ВО УГНТУ, Уфа, Россия, e-mail: mironova_irina-v@mail.ru

Приводятся данные об исследовании показателей качества кобыльего молока как сырья для создания продукта питания для спортсменов. При создании продукта спортивного питания необходимо проследить за изменением свойств сырья, в связи с его биологической модификацией. Биологическая модификация состоит в том, что добавление селена в органической форме происходит посредством кормления животных. Цель – изучение изменений показателей молока, полученного от животных, получавших селен в органической форме. В дальнейшем планируется разработка рецептуры готового продукта, предназначенного для питания лиц, занимающихся спортом.

Создание новых видов питания, в том числе, для спортсменов, является перспективным направлением пищевой промышленности. Молочная промышленность как часть пищевой индустрии России предлагает большой выбор различных форм питания на основе базовых видов сырья. Разработка лечебно-профилактического питания на молочной основе прочно вошло в сферу деятельности отрасли [3]: ей занимаются ведущие научные институты, университеты, отделы предприятий. В молочной промышленности последних лет наблюдается недостаток сырья, поэтому комплексное использование молока и всех побочных продуктов, образующихся при переработке молока, сохраняет свою актуальность [2].

Республика Башкортостан традиционно обладает развитой молочной промышленностью. В Уфе создана обширная научная база по разработке и внедрению в производство новых продуктов питания на молочной основе. Особенностью региона является использование в качестве промышленного сырья не только натурального цельного коровьего молока, сливок и вторичного молочного сырьевых, но и молока других сельскохозяйственных животных. Поскольку, в Башкирии разводится и активно используется башкирская порода лошадей, то организовано разведение молочного направления животных данной породы. Кобылье молоко широко используется для производства, прежде всего, ферментированного национального молочного продукта – кумыса. Однако его использование для производства других продуктов питания, в том числе, спортивного, мало изучено. В настоящее время рынок спортивного питания представлен главным образом зарубежными сухими белковыми моно- и многокомпонентными смесями [1]. В рамках концепции импортозамещения необходимо усиливать работу по созданию отечественных продуктов.

Известно, что в настоящее время для достижения значительных результатов в спорте невозможно обойтись без серьезных физических и психологических нагрузок. Спортсмены подвержены им на тренировках и соревнованиях. Чтобы компенсировать затраты энергии, способствовать пластическому обмену организму и ускорять восстановление работоспособности, необходимо обеспечить организм достаточным количеством энергии. По данным Скурихина И.М. (1984), энергетическая ценность кобыльего молока – 41 ккал на 100 гр. продукта, энергетическая ценность кумыса – 50 ккал на 100 гр. продукта соответственно. Основные достоинства кобыльего молока заключаются в том, что более половины его белкового состава представлено альбуминами и глобулинами, которые легко усваиваются и перевариваются, не вызывая при этом проблем с пищеварением или функционированием печени. Кроме того, кобылье молоко богато лактоферрином и содержит меньше α -

казеина по сравнению с коровьим молоком, что обуславливает его гипоаллергенные свойства. Кобылье молоко богато витаминами, и прежде всего – витамином С.

При создании продукта спортивного питания необходимо было внести определенные изменения в состав сырья. Это связано с тем, что Республика Башкортостан относится к регионам, испытывающим дефицит селена в продуктах питания. Для того чтобы подойти к решению проблемы комплексно, было решено использовать прием так называемой биологической модификации сырья, из которого в дальнейшем и будет приготовлен продукт для спортивного питания.

Поскольку рядом исследований, проведенных в Башкирии ранее (Сатыев Б.Х, Уразбахтин Р.Ф, 2011) [4,5], доказана роль микроэлемента селена в кормлении сельскохозяйственных животных (лошадей башкирской породы), нами был взят за основу рацион кормления с добавлением селеносодержащей добавки Сел-Плекс. Были составлены группы кобыл-аналогов по возрасту и срокам выжеребки, получавших основной рацион кормления (по В.В. Калашникову, 2011). Опытная группа получала помимо основного рациона – добавку Сел-Плекс из расчета 1 гр. на 100 кг живой массы. Опыт проводился в течение всего периода лактации. Были проведены исследования качества кобыльего молока после его биологической модификации.

Содержание селена определялось методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии по МУК 4.1.986.

В таблице 1 приведены данные о содержании селена в кобыльем молоке животных обеих групп.

Таблица 1

Содержание селена в кобыльем молоке, мкг/л

Сезон	Группа	
	контрольная	опытная
весна	17,11±0,21	17,09±0,44
лето	18,40±0,42	24,84±0,36
осень	18,20±0,54	24,97±0,82

Выводы по таблице 1: перед постановкой животных на опыт, молоко кобыл контрольной и опытной группы содержало примерно одинаковое количество селена (17,11 мкг/л и 17,09 мкг/л). Разница между группами – 1,67% . По мере усвоения животными добавки, содержание селена в молоке возросло к лету на 35%, а к осени – на 37,2%. Таким образом, введение в рацион дойных кобыл препарата «Сел-Плекс» позволило обогатить кобылье молоко и кумыс селеном. Произошла биологическая модификация сырья.

Физико-химические показатели молока определяли стандартными методиками.

Данные о физико-химическом составе кобыльего молока приведены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-химический состав кобыльего молока ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Плотность, г/см ³	1,04±0,02	1,03±0,02
Кислотность, °Т	8,70±0,21	8,03±0,33
Жир, %	1,65±0,03	1,70±0,02
Белок, %	1,46±0,17	1,47±0,14
СОМО, %	8,53±0,08	8,62±0,08
Лактоза, %	6,29±0,23	6,31±0,22
Фосфор, мг %	45,19±0,05	47,13±0,11
Кальций, мг %	81,27±2,31	84,61±2,07

В молоке, прошедшем биологическую модификацию, вырос средний показатель жира (на 0,06%), а так же белка (на 0,01%). Содержание фосфора и кальция так же увеличилось. Данные свидетельствует о положительной роли селена в усвоении организмом животных этих элементов.

Показатели плотности и лактозы находились примерно на одном уровне у всех образцов молока животных обеих групп.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют об изменении состава и свойств кобыльего молока в процессе биологической модификации путем введения в рацион животных добавки с селеном в органической форме. Дальнейшее направление исследований по этой теме включает в себя уточнение рецептуры, совершенствование технологии и разработку проекта стандарта организации на новый вид продукта для спортивного питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюхова, С. И. Состояние и перспективы развития биотехнологии производства биопродуктов на молочной основе для спортивного питания / С. И. Артюхова, А. Е. Лысенко // Научные инновации - аграрному производству: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию юбилею Омского ГАУ, Омск, 21 февраля 2018 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2018. – С. 1152-1156. – EDN UOGGYE.

2. Куренкова, Л. А. Проектирование состава специализированного продукта для спортивного питания / Л. А. Куренкова, А. Л. Новокшанова, С. А. Куренков // Молочнохозяйственный вестник. – 2020. – № 4(40). – С. 139-148. – EDN PZITAN.

3. Минеральный состав молока коров как сырья для продуктов питания спортивного назначения / О. В. Крупина, Р. М. Хабибуллин, И. В. Миронова [и др.] // Вестник АПК Верхневолжья. – 2024. – № 1(65). – С. 68-73. – DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.009. – EDN MOLLSB.

4. Слинкин, А. А. Влияние кормовой добавки Сел-плекс на молочную продуктивность кобыл башкирской породы / А. А. Слинкин, Б. Х. Сатыев, Р. Ф. Уразбахтин // Коневодство и конный спорт. – 2013. – № 2. – С. 18-19. – EDN QLIVOT.

5. Слинкин, А. А. Обогащение кобыльего молока селеном – перспективное направление в продуктивном коневодстве / А. А. Слинкин, Р. Ф. Уразбахтин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1(45). – С. 173-176. – EDN RWUWHL.

CHANGING THE PROPERTIES OF MARE'S MILK WHEN CREATING A SPORTS NUTRITION PRODUCT

¹Mironova Irina Valeryevna, Doctor of Biological Sciences, Professor,
Head of the Department of Meat and Dairy Products Technology and Chemistry,
Head of the Department of Special Chemical Technology

²Khabibullin Ilmir Mullakhmetovich, Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor of the Department of Physical Culture, Health Improvement and Sport

³Slinkin Artem Andreyevich, Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor of the Department of Meat and Dairy Products Technology and Chemistry

^{1,2,3}Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia, e-mail: mironova_irina-v@mail.ru

¹Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia, e-mail: mironova_irina-v@mail.ru

The article provides data on a study of quality indicators of mare's milk as a raw material for creating a food product for athletes. When creating a sports nutrition product, it is necessary to monitor changes in the properties of raw materials due to its biological modifications. Biological modification consists of adding selenium in organic form through animal feeding. The purpose of the work was to study changes in the parameters of milk obtained from animals receiving selenium in organic form. In the future, it is planned to develop a recipe for a finished product intended for nutrition of people involved in sports.

ПОТЕНЦИАЛ ИКОРНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ ЦЕННОЙ КОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ

¹Полещук Денис Владимирович, канд. техн. наук, доцент

²Подленный Лев Юрьевич, аспирант

³Максимова Светлана Николаевна, д-р техн. наук, профессор

⁴Волков Владимир Владимирович, директор Центра передовых технологий использования белков кафедры пищевой биотехнологии

⁵Калинина Наталья Сергеевна, зав. лабораториями кафедры пищевой биотехнологии

^{1,2,3}Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (Дальрыбвтуз), Владивосток, Россия, e-mail: ¹tym1988@mail.ru; ²podlenn123@mail.ru;

³maxsvet61@mail.ru

^{4,5}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, e-mail: ⁴vladimir.volkov@klgtu.ru; ⁵natalya.kalinina@klgtu.ru

Рассмотрены перспективы применения вторичного рыбного сырья в виде отходов, образующихся после пробивки икры лососевых рыб, в производстве водорастворимого белкового гидролизата и нерастворимого белково-минерального осадка. Представлена информация, подтверждающая биологический потенциал нерастворимой фракции и целесообразность ее использования на кормовые цели.

Введение

Комплексное использование дальневосточных лососевых рыб обеспечивается при их промышленной переработке путем получения пищевой продукции (мороженой, соленой, копченой, вяленой рыбы, консервов, пресервов, зернистой икры, кулинарных изделий из молок и мышечной ткани). Кроме того, из отходов, образующихся при разделке рыбы, получают кормовую муку, жир и биологически активные добавки (комплекс жирорастворимых витаминов, омега 3 жирные кислоты).

Наибольшей популярностью у населения пользуется лососевая икра, которая при этом характеризуется и высокой рыночной стоимостью. Действующие стандарты позволяют выпускать лососевую икру в ассортименте: соленую без консервантов замороженную, соленую с консервантами и пастеризованную. Во всех технологиях присутствует операция пробивки ястыков, то есть освобождения икорного зерна от ястычной пленки. Традиционно отходы икорного производства, которые накапливаются на предприятиях в результате пробивки ястыков, остаются не востребованными. Что либо создает определенные экологические проблемы, либо требует затрат на утилизацию твердых отходов. В связи с чем вопрос о «полезном» использовании икорных отходов актуальный.

Результаты исследований химического состава указанных отходов показали, что они могут рассматриваться как ценное вторичное сырье для получения биологически активных продуктов. При влажности от 71 до 79 % в них содержится до 20 % белка, до 6,5 % жира и не более 2 % минеральных веществ [1]. Как качество, так и количество данного вторичного сырья варьируются в зависимости от вида рыбы, стадии зрелости и качества ястыков, при этом количество регламентируется нормами отходов потерь и выхода готовой продукции, что позволяет в определенной мере прогнозировать его объемы.

Варианты обработки вторичного икорного сырья, рассмотренные в предыдущих публикациях, показали возможность получения из них водорастворимых биологически ценных белковых гидролизатов и жировой фракции различными способами [2-4]. При этом были использованы варианты ферментативного гидролиза и термической деструкции. В обоих случаях помимо целевого продукта образовывался и побочный продукт – осадочная не растворимая фракция. В настоящем исследовании акцент сделан на нерастворимый осадок, который образуется при термоллизе икорных отходов.

Цель научных исследований – оценка потенциала нерастворимой фракции, полученной при гидротермической деструкции икорных отходов, которая предназначена для использования в качестве кормовой продукции.

Материалы и методы исследования

Основным материалом исследования послужили отходы икорного производства, образующиеся на дальневосточном рыбоперерабатывающем предприятии при пробивке ястыков лососевых, собранные в июле -августе 2023 года.

В работе использовали общепринятые методы анализа.

Отбор проб сырья и подготовку проб к анализу проводили по стандартным методикам (ГОСТ 31339-2006, ГОСТ 7631-2008).

Определение общего химического состава (воды, белка, жира и минеральных веществ) осуществляли по ГОСТ 7636-85.

Аминокислотный состав белков определяли методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-105». Пробы подвергали кислотному гидролизу, разделяли, идентифицировали и определяли массовую долю незаменимых и заменимых аминокислот.

Распределение молекулярной массы белков водорастворимых пептидов (г /100 г водорастворимого белка) определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Сущность метода определения массовой доли белков заключается в разбавлении и фильтровании пробы, разделении на фракции и идентификации средней молекулярной массы фракций на приборе UV -Detektor с диаметром нанопор фильтра 214 нм.

В экспериментальных исследованиях при осуществлении термической деструкции использовали термореактор лабораторный РТ -5 с мешалкой, центрифугу Megafuge 1.OR, декантер, роторный испаритель, лиофильную установку Martin Christ Alpha 1-2.

Статистическую обработку данных проводили стандартным методом оценки результатов испытаний для малых выборок. Цифровые величины представляют арифметические средние, надежность которых $P=0,95$.

Результаты и их обсуждение

В результате гидротермической обработки (температура 130⁰ С, 60 минут, изменение давления в диапазоне от 0,15 до 0,20 Мпа) отходов икорного производства, полученных в результате пробивки икры лососевых рыб, был получен целевой продукт - водорастворимый белковый гидролизат. Результаты оценки его органолептических свойств и химического состава подтвердили целесообразность применения икорных отходов в качестве вторичного сырья в технологии биологически ценного водорастворимого белкового пищевого продукта. При этом, как указывалось выше, после отделения водорастворимой и жировой фракций была получена и осадочная нерастворимая часть. Две фракции (водорастворимая белковая и не растворимая осадочная) были упарены и высушены.

Внешний вид двух высушенных продуктов представлен на рисунке 1. Различное количество образцов в емкостях объясняется серией экспериментальных исследований, направленных на изучение химического состава и биопотенциала целевого водорастворимого белкового продукта. Доказанная биологическая ценность данного продукта (аминокислотный состав белка и молекулярно-массовое его распределение), пищевая безопасность позволили рекомендовать его применение в пищевых целях [5].

При исследовании высушенной осадочной части также оценивали его органолептические свойства и химический состав.

Полученный сухой продукт имел темно бежевый (песочный) цвет, в отличие от водорастворимого белкового гидролизата, который характеризовался более светлым молочным оттенком.



Рис. 1. Высушенные образцы водорастворимого белкового гидролизата (справа) и нерастворимой осадочной фракции (слева), полученные в результате термолиза икорных отходов

Не растворимый порошок имел приятный запах, не свойственный рыбной продукции, который не значительно отличался от запаха сухого белкового гидролизата. Технологически оба образца удобны в применении, поскольку легко дозируются.

Содержание влаги в осадочной части после высушивания составило 10,52%. Исследование химического состава данного порошка показало, что в нем содержится белка - 58,16 % (для сравнения в белковом гидролизате – около 80 %), а минеральных веществ- 31,92 % (почти в 3 раза больше, чем в пищевом порошке).

В группе твердых отходов отходы с высоким содержанием минеральных веществ представляют особенный интерес, поскольку они выдерживают более длительное хранение. Полученный сухой не растворимый продукт классифицируется как продукт с высоким содержанием минеральных веществ и органической белковой основой. Полученные данные позволяют позиционировать исследуемый сухой продукт как белково-минеральный.

В связи с достаточно высоким содержанием белка в высушенном белково-минеральном продукте для оценки биологической ценности его белковой составляющей исследовали аминокислотный состав белка и молекулярно-массовое распределение частиц.

Результаты исследования аминокислотного состава белков сухого белково-минерального осадочного продукта представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание аминокислот в белках сухого белково-минерального продукта, полученного в результате термолиза икорных отходов

Наименование аминокислоты	Содержание аминокислот в белке осадочного продукта, г/100 г белка
Треонин (Thr)	2,63
Лейцин (Leu)	4,44
Изолейцин (Ile)	2,12
Валин (Val)	1,85
Лизин (Lys)	3,29
Метионин + Цистеин (Met + Cys)	2,98
Тирозин+ Фенилаланин (Tyr + Phe)	2,81
Сумма незаменимых аминокислот	19,92
Гистидин (His)	1,91
Аргинин (Arg)	4,96
Серин (Ser)	3,57
Глутаминовая кислота (Glu)	10,27
Глицин (Gly)	3,95
Аланин (Ala)	3,81
Аспарагиновая кислота (Asp)	7,61
Пролин (Pro)	4,73
Сумма заменимых аминокислот	40,81

Экспериментально полученные данные позволяют сделать вывод о достаточно высокой биологической ценности сухого осадка, поскольку в 100 г белка содержится 19,92 г незаменимых аминокислот. Следует отметить, что количество отдельных незаменимых аминокислот превышает их содержание в идеальном белке. Например, треонин и метионин с цистеином характеризуются высоким аминокислотным скором, который превышает 100 %. Это важно, поскольку треонин принимает участие в белковом балансе, влияет на процессы усвоения белковой составляющей и в целом на иммунную систему организма потребителя. Метионин, в свою очередь, регулирует нервную систему, в связи с чем может рассматриваться как антидепрессант.

Как видно из представленных в таблице 1 данных, высушенный белково-минеральный осадочный продукт, полученный в результате термической деструкции, характеризуется высоким содержанием отдельных заменимых аминокислот. Всего содержание заменимых аминокислот в составе белка сухого осадка составляет 40,81 %. Заменимых аминокислот почти в два раза больше, чем незаменимых. Объясняется этот факт наличием коллагена в ястычной пленке, которая составляет большую часть исследуемых отходов.

Пренебрегать ценностью заменимых аминокислот не следует, поскольку широко известны их биологические свойства. Следует отметить, что соблюдается следующая закономерность: как в исходном вторичном сырье и в сухом белковом гидролизате, так и в сухой белково-минеральной осадочной части преобладают две заменимые аминокислоты (глутаминовая и аспарагиновая). Глутаминовая аминокислота составляет 10,27 %, что позволяет ожидать ее воздействие на организм потребителя путем регулирования обменных процессов и синтеза других аминокислот. Аспарагиновая кислота, содержащаяся в количестве 7,61 %, участвует в синтезе ДНК и РНК, соответственно регулирует в комплексе с незаменимыми аминокислотами иммунную систему организма потребителя.

Эти физиологические свойства незаменимых и заменимых аминокислот важны как для человека, так и для сельскохозяйственных животных и птиц.

Для объективной оценки белковой части сухого белково-минерального осадочного продукта был проведен анализ молекулярно-массового распределения частиц. Характеристика продукта по молекулярно-массовому распределению белков представлена в таблице 2.

Таблица 2

Молекулярно-массовое распределение частиц белковой части сухого белково-минерального продукта

Наименование образца	Доля пептидов, г/100 г водорастворимого белка					Содержание общего белка, %	Содержание водорастворимого белка, %
	менее 1,0 кДа	1-5 кДа	5-10 кДа	10-15 кДа	более 15 кДа		
Сухой осадок после термической деструкции	4,49±0,03	8,04±0,01	46,30±0,02	34,91±0,03	6,26±0,03	58,16±0,09	7,04±0,01

Анализ экспериментально полученных данных показывает следующие данные: содержание самых мелких фракций (до 5 кДа) составляет 12,53 г в 100 г водорастворимого белка сухого белково-минерального продукта. С учетом пептидов, имеющих молекулярную массу до 10 кДа, величина увеличивается до 58,83 г. Фракция с более высокой молекулярной массой (более 15 кДа) характеризуется самым низким количеством, ее содержание в 100 г белка составляет всего 6,26 г. Полученные данные свидетельствуют о достаточно высокой биологической ценности исследуемого побочного не растворимого продукта термолиза – белково-минерального, поскольку, как известно [5], именно низкомолекулярные пептиды с молекулярной массой ниже 10 кДа лучше усваиваются организмом потребителя, а, значит, приносят пользу его здоровью. При этом сравнение с оценкой данной характеристики водорастворимого белкового гидролизата не корректно, поскольку, поскольку побочный не растворимый продукт имеет ценность по наличию в нем коллагена, который также подвергается термолизу.

Кроме того, следует отметить, что выход осадочной не растворимой части после гидротермической деструкции составляет более 50 % от начальной массы исходного вторичного сырья. Данный факт также подтверждает целесообразность его дальнейшего использования. Высокое содержание в сухом белково-минеральном остатке, помимо белка, минеральных веществ диктует необходимость деталь-

ного исследования его минеральной части и возможность дальнейшего позиционирования сухого продукта как кормовой добавки.

Соответственно разработка технологии двух видов продуктов (пищевого и кормового) из отходов икорного производства позволит заявлять о комплексном и безотходном икорном производстве при переработке лососевых рыб.

Выводы

Таким образом, экспериментально подтверждено, что при получении целевого продукта из отходов икорного производства (сухого белкового водорастворимого продукта) путем термогидролиза и последующего разделения смеси на фракции образуется побочный продукт в виде осадка, который также характеризуется достаточно высокой биологической ценностью белковой составляющей. Высокое содержание белка (58,16 %), наличие в его составе незаменимых и заменимых аминокислот, низкомолекулярных пептидов, а также значительное количество минеральных веществ свидетельствует о целесообразности использования сухого нерастворимого белково-минерального продукта для кормовых целей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование потенциала отходов икорного производства как биологически ценного вторичного сырья / С. Н. Максимова, Д. В. Полещук, Е. В. Суровцева [и др.] // Вестник ВСГУТУ. – 2022. – № 3(86). – С. 21-27.

2. Комбинированный способ глубокой переработки отходов икорного производства / Д. В. Полещук, Л. Ю. Подлennyй, С. Н. Максимова [и др.] // Вестник ВСГУТУ. – 2023. – № 2(89). – С. 14-21.

3. Получение биологически ценного белкового продукта из отходов икорного производства путем их биомодификации / С. Н. Максимова, Д. В. Полещук, Л. Ю. Подлennyй [и др.] // Пищевая промышленность. – 2023. – № 3. – С. 52-55.

4. Исследование жировой фракции вторичного сырья икорного производства / Д. В. Полещук, Л. Ю. Подлennyй, Н. Г. Тунгусов, Е. Д. Горячева // Пищевая промышленность. – 2024. – № 4. – С. 67-70.

5. Биопотенциал вторичного сырья икорного производства для получения биологически ценной белковой продукции / Д. В. Полещук, Л. Ю. Подлennyй, С. Н. Максимова [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 3(192). – С. 167-173.

6. Беседнова Н. Н., Эпштейн Л. М. Иммуноактивные пептиды из гидробионтов и наземных животных: монография. Владивосток: ТИПРО-центр. 2004. 248 с.

POTENTIAL OF CAVIAR PROCESSING BY-PRODUCTS FOR OBTAINING BIOLOGICALLY VALUABLE FEED PRODUCTS

¹Poleschuk Denis Vladimirovich, Cand. Sc. Engineering, Assoc. Prof.

²Podlenny Lev Yurievich, P.G., PhD Stuednt

³Maksimova Svetlana Nikolaevna, Dc. Sc. Engineering, Prof.

⁴Volkov Vladimir Vladimirovich, Director of the Center for Advanced Protein Use Technologies of the Department for Food Biotechnology

⁵Kalinina Natalya Sergeevna, Head of the laboratories of the Department for Food Biotechnology

^{1,2,3}The Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia,
e-mail: ¹tym1988@mail.ru; ²podlenn123@mail.ru; ³maxsvet61@mail.ru

^{4,5}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ⁴vladimir.volkov@klgtu.ru; ⁵natalya.kalinina@klgtu.ru

The prospects for using secondary fish raw materials form by-products generated after punching salmon eggs in the production of water-soluble protein hydrolyzate and insoluble protein-mineral sediment are considered. Information is presented confirming the biological potential of the insoluble fraction and the feasibility of its use for feed purposes.

ПОЛУЧЕНИЕ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НУТОВОЙ МУКИ

¹Суняйкина Анжелика Валерьевна, аспирант кафедры пищевой биотехнологии

²Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры пищевой биотехнологии

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Россия, Калининград, e-mail: ¹asunyaikina54@gmail.com

Исследована микробиологическая стабильность безглютенового хлеба, обогащенного углеводным остатком, получаемым в качестве побочного продукта при биоконверсии нутовой муки целлюлолитическими ферментными препаратами. Представлена динамика накопления КМА-ФАНМ, плесеней и дрожжей при хранении хлеба в различных условиях. Установлены сроки хранения в упаковке и без упаковки в хлебнице при комнатной температуре в течение 72 часов и в холодильной камере в течение 14 суток при температуре + 4 °С. Разработана технология производства безглютенового хлеба, обогащенного продуктом биоконверсии нутовой муки.

Актуальность

Пищевая индустрия проявляет большой интерес к развитию продуктов питания функционального и специализированного назначения. Повышенный интерес потребителей к здоровому и правильному питанию, рост распространенности заболеваний, требующих соблюдения диет, исключающих потребление определенных макро- и микронутриентов, обуславливает развитие рынка продуктов питания в данном направлении. К таким заболеваниям относятся глютен-ассоциированные. Термин «глютен-ассоциированные заболевания» объединяет три вида заболеваний человека: аутоиммунная целиакия, аллергия на пшеницу и нецелиакическая чувствительность к глютену [1, 2, 4].

Глютен представляет собой смесь белков проламина, присутствующих, в основном, в пшенице, а также в ячмене, ржи, овсе и других культурах. Белки глютена обладают высокой устойчивостью к гидролизу, опосредствованному протеазами желудочно-кишечного тракта человека. Это приводит к появлению патогенных пептидов, которые вызывают глютен-ассоциированные заболевания у генетически предрасположенных людей [1-3, 6].

В России с целиакией сталкивается около 1 % населения и порядка 4 % населения имеют аллергию на пшеницу. В большей степени проблемы с усвоением глютена имеют женщины 30-40 лет и дети. Единственным доказанным эффективным способом лечения целиакии и болезней, связанных с усвоением глютена, – это полное исключение глютен-содержащих продуктов из рациона, то есть безглютеновая диета. Рост распространенности и выявление новых форм заболевания требует развития продуктов питания для безглютеновой диеты. Отечественный рынок безглютеновых продуктов ограничен в ассортименте и составляет 0,8–1 % от мирового рынка, что определяет актуальность внедрения новых технологий и видов безглютеновых продуктов [2, 3, 5, 10, 11].

Хлеб – один из наиболее потребляемых продуктов питания человечеством на протяжении всей его истории, является значительным источником энергии, белка, пищевых волокон, витаминов и минералов. В прошлых исследованиях была оптимизирована рецептура безглютенового хлеба. Рецептура безглютенового хлеба, обогащенного углеводным остатком (пастой), получаемым при биоконверсии нутовой муки целлюлолитическими ферментами, включала следующие компоненты: безглютеновое сырье: рисовая мука, кукурузная мука, кукурузный крахмал, сахар-песок, соль поваренную пищевую, дрожжи сухие хлебопекарные. [7, 8, 10, 11].

Оценка хранимоспособности продуктов питания и установления срока годности и условий хранения является важным этапом в разработке технологии продуктов питания, поскольку от нее зависят как их физико-химические и питательные качества, так и безопасность для потребителя.

Обеспечение безопасности потребителя – это первоочередная задача для предупреждения массовых инфекционных и неинфекционных заболеваний, связанных с питанием человека [6, 9].

Цель работы – установление срока годности безглютенового хлеба, обогащенного углеводным остатком, получаемым при биоконверсии нутовой муки, в различных условиях хранения.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования были выбраны:

- безглютеновый хлеб без обогащения (контрольный образец);
- безглютеновый хлеб, обогащенный углеводным остатком, получаемым при биоконверсии нутовой муки целлюлолитическими ферментными препаратами (опытный образец).

Хлеб изготавливался в соответствии с технологической схемой, представленной на рисунке 1.

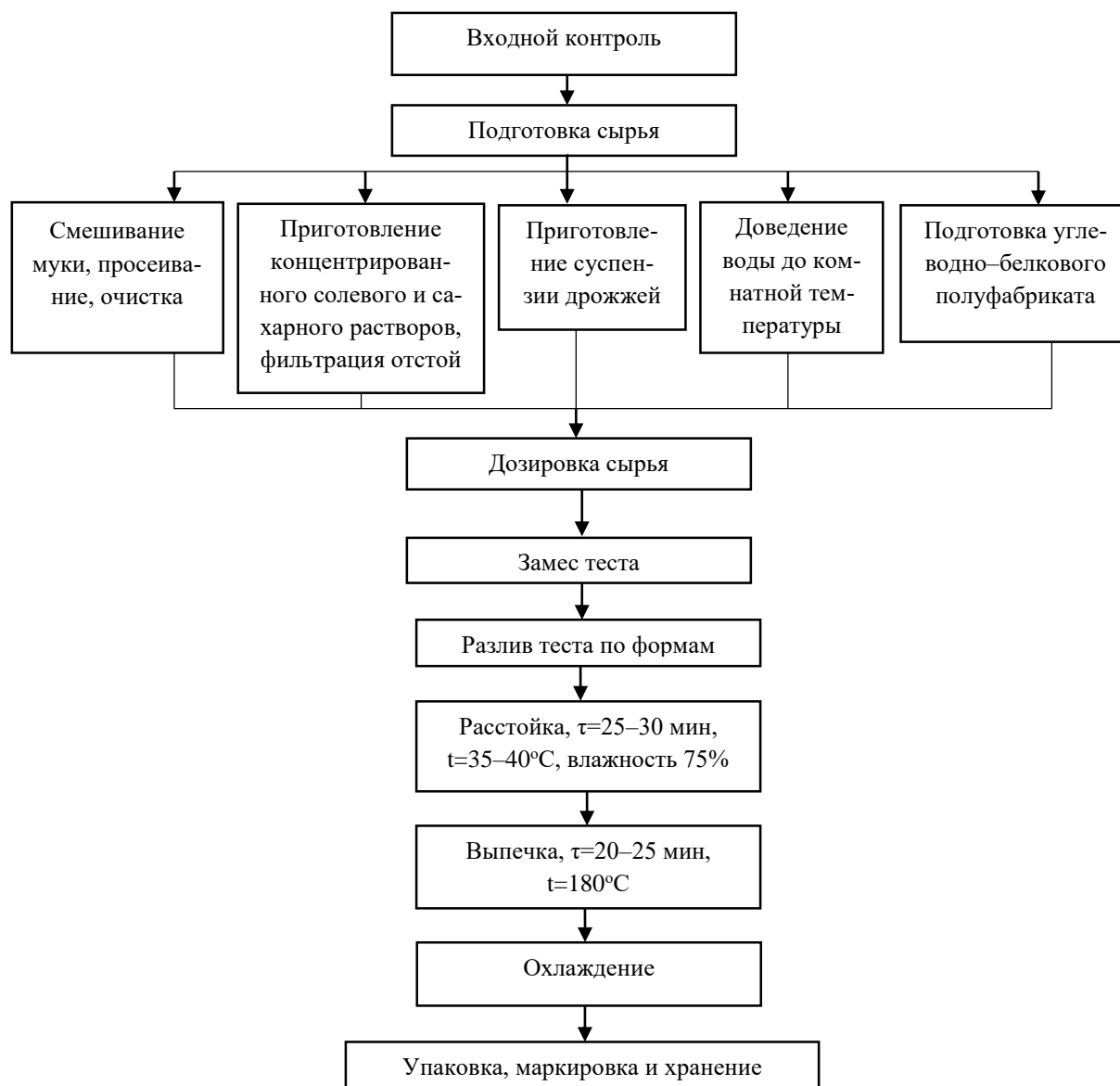


Рис. 1. Технология производства безглютенового хлеба

Образцы безглютенового хлеба хранились в индивидуальных полиэтиленовых пакетах в пищевой пленке. В качестве условий хранения исследовались:

- температура хранения +23 °С (комнатная температура), образцы упакованы в индивидуальные пакеты. Ожидаемый срок хранения – 72 часа, исследования проводились на 3, 4 и 5 дни хранения. Условия хранения соответствуют оптимальным условиям.

– температура хранения +23 °С (комнатная температура), образцы упакованы в индивидуальные закрытые хлебницы без полиэтиленовых пакетов. Ожидаемый срок хранения – 72 часа, исследования проводились на 3, 4 и 5 дни хранения. Условия хранения соответствуют усредненным условиям.

– температура хранения + 4 °С (в холодильной камере), образцы упакованы в индивидуальные пакеты. Ожидаемый срок хранения 14 дней, исследования проводились на 3, 7 и 14 дни хранения. Условия хранения соответствовали экстремальным.

Оценку микробиологической безопасности обогащенного безглютенового хлеба проводили в соответствии с требованиями ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания».

Анализ микробиологического фона проводили по трём показателям: КМАФАнМ определяли методом подсчета колоний, выросших на питательной среде по ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов»; плесени и дрожжи определяли методом подсчета колоний, выросших на питательной среде по ГОСТ 10444.12-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов».

Результаты исследований

На рисунках 2–4 представлены графики, демонстрирующие рост КМАФАнМ, плесеней и дрожжей в двух образцах хлеба при обычных, усредненных и экстремальных условиях.

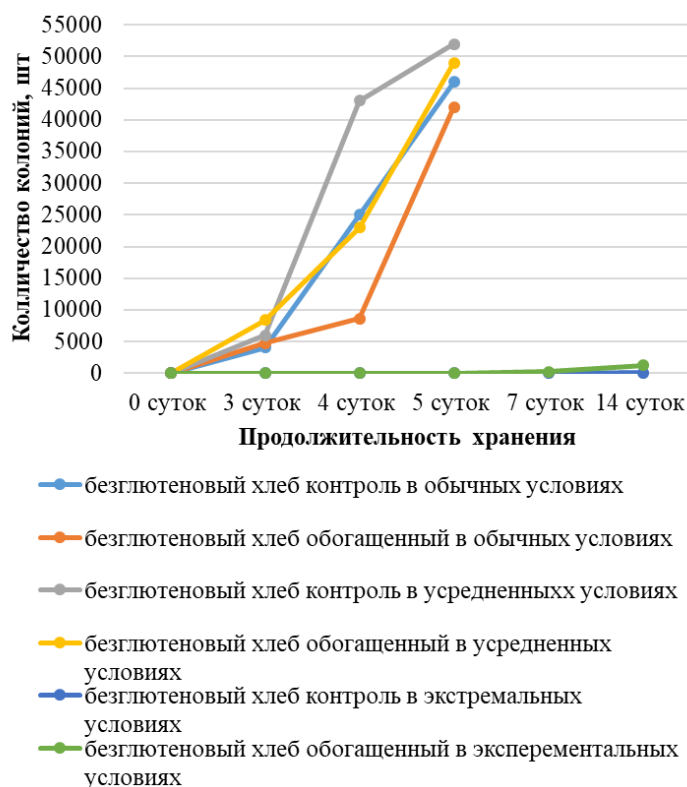


Рис. 2. Рост КМАФАнМ при хранении образцов безглютенового хлеба



Рис. 3. Рост плесеней при хранении образцов безглютенового хлеба

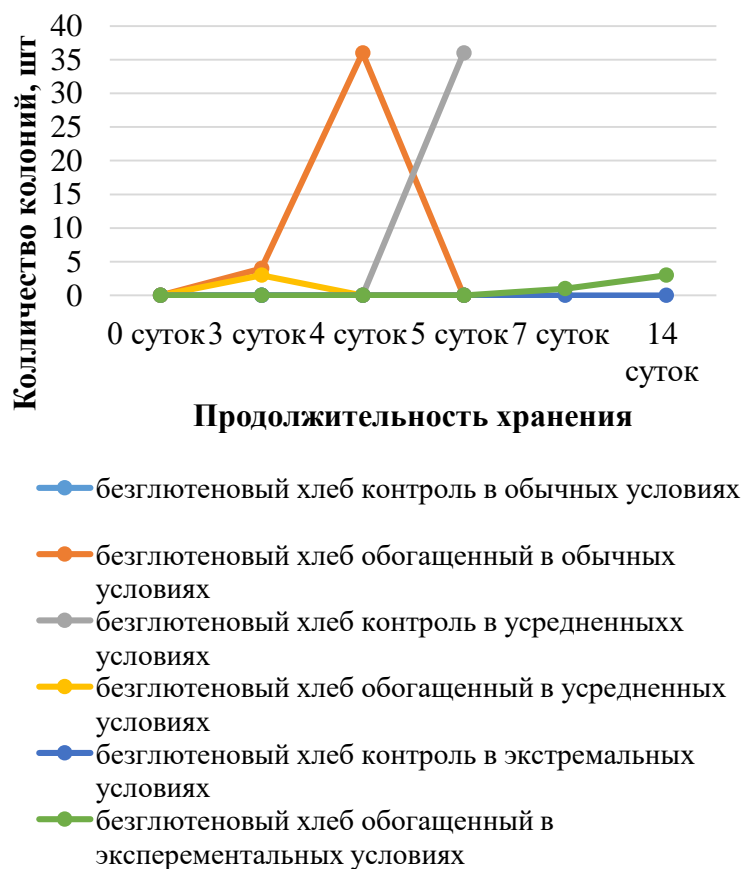


Рис. 4. Рост дрожжей при хранении образцов безглютенового хлеба

На графиках виден резкий рост обсемененности после 3 суток хранения контрольных и опытных образцов безглютенового хлеба в обычных и усредненных условиях, что соответствует ожидаемому сроку хранения 72 ч.

Хранение в усредненных условиях и оптимальных значительно отличаются по показателям обсемененности. У образцов, хранившихся в усредненных условиях, обсемененность выше, из чего можно сделать вывод, что хранение изделий оптимально в закрытой упаковке. При хранении в открытом виде в закрытой хлебнице размножение микроорганизмов интенсифицируется.

При хранении в экстремальных условиях у всех образцов отмечается медленный рост обсемененности, что связано с пониженной температурой в холодильной камере. Рост КМАФАнМ и плесеней зафиксирован после 7 суток хранения, дрожжей – после 5 суток хранения. Срок годности в холодильной камере при температуре +4 °С составляет 14 дней. Данные свидетельствуют, что понижение температуры хранения приводит к замедлению процесса размножения и жизнедеятельности микроорганизмов, плесеней и дрожжей.

Выводы

Хранение при пониженной температуре ингибирует рост обсемененности микроорганизмов, дрожжей и плесеней, что способствует увеличению хранимоспособности безглютенового хлеба обогащенного углеводно-белковой пастой из нутового сырья.

Установлены следующие рекомендуемые сроки хранения: 72 ч для хранения в оптимальных условиях в упакованном виде и усреднённых условиях в распакованном виде в хлебнице при температуре +23°С и 14 суток при хранении в холодильной камере в упакованном виде при температуре +4°С.

Проанализировав полученные результаты микробиологических исследований безглютенового хлеба не обогащенного и обогащенного нутовой пастой на установление сроков годности, можно сделать вывод об общей стабильности содержания микроорганизмов в продукте на протяжении всего предполагаемого срока годности и о резком нарастании количества микроорганизмов порчи к концу предполагаемого срока годности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий / Л.В. Зайцева, Т.А. Юдина, Н.В Рубан, В.В. Бессонов и др. // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89. – № 1. – С. 77-85.
2. Бавыкина И.А., Попов В.И., Звягин А.А. Безглютеновая диета в терапии внекишечных форм непереносимости глютена // Вопросы питания. – Т. 89. – № 2. – 2020. – С. 21 - 27.
3. Recent advances in the development of new treatments for celiac disease / M.L. Lahdeaho, M. Maki, K. Lindfors, L. Airaksi // Foods – 2022. – № 9. – P. 13-25.
4. Advances in understanding wheat-related disorders: A comprehensive review on gluten-free products with emphasis on wheat allergy, celiac and non-celiac gluten sensitivity / D. Singla, T. Malik, A. Singh, S. Thakur, P. Kumar. // Food Chemistry Advances. – 2024. – № 4. – P. 1-12.
5. Тихонова Т. А., Козлова И. В. Целиакия, нецелиакийная чувствительность к глютену и синдром раздраженного кишечника: трудности диагностики // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2023. – Т. 214. – № 6. – С. 114-120.
6. Production and Evaluation of Gluten Free Balady Bread / S.M.T.M. Mostafa, I.R.S. Rizk, Y.F.M. Kishk, M.M. F. Siham. // Current Science International. – V. 09. – № 2. – P. 340-349.
7. Smidova Z., Rysova J. Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology // Foods. – 2022. – V. 11. – № 3. – P. 480-495.
8. Суняйкина А.В. Агафонова С. В. Оптимизация рецептуры безглютенового хлебобулочного изделия на основе рисовой муки // Материалы XI научно-практической конференции с международным участием «Пищевая и морская биотехнология». – Т. 4. – 2022. – С. 153-157.
9. Кисленко В.Н. Пищевая микробиология: микробиологическая безопасность сырья.: Уч. / В.Н. Кисленко, Т.И. Дячук. - М.: Инфра-М, 2017. - 192 с.

10. Анализ тенденций рынка и изучение спроса на функциональную безглютеновую продукцию / я.с. Иванщенко, Е.Р. Осипова, О.Ю. Орлова, Ю.С. Бойцова. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и Экологический менеджмент». – 2022. – № 3. – С. 89-96.

11. Олейникова А.Д., Ларичева К.Н. Необходимость расширения отечественного ассортимента безглютеновой хлебопекарной продукции // Материалы XII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – 2020. – Т. 4. – С. 3-6.

PRODUCTION OF GLUTEN-FREE BAKERY PRODUCTS USING CHICKPEA FLOUR

¹Sunyakina Angelika Valeryevna, Postgraduate student at the Department of Food Biotechnology

²Agafonova Svetlana Viktorovna, Ph.D in Engineering, Docent, Associate Professor at the Department of Food Biotechnology

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹asunyaykina54@gmail.com

The microbiological stability of gluten-free bread enriched with a carbohydrate residue obtained as a by-product during the bioconversion of chickpea flour with cellulolytic enzyme preparations has been studied. The dynamics of accumulation of microorganisms, molds and yeast during the storage of bread under various conditions is presented. The terms of storage in packaging and without packaging in a bread box at room temperature for 72 hours and in a freezer for 14 days at a temperature of + 4 °C. A technology has been developed for the production of gluten-free bread enriched with a product of the bioconversion of chickpea flour.

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КОПТИЛЬНО-ВОДОРОСЛЕВОГО БИОГЕЛЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОМ ГОРЯЧЕМ КОПЧЕНИИ РЫБЫ

¹Сушина Анастасия Дмитриевна, аспирант

²Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹nastenka-1997@bk.ru; ²mezenova@klgtu.ru

*Проведены исследования органолептических, физико-химических и микробиологических показателей водоросли *Furcellaria lumbricalis*, образцов коптильно-водорослевого биогеля и скумбрии горячего копчения, приготовленной по новой технологии бездымного копчения с обработкой коптильно-водорослевой композицией и традиционным дымовым способом. Установлено повышение биологической ценности и качества рыбы бездымного горячего копчения, обработанной КВБ, в сравнении с традиционным методом.*

Горячее копчение – популярный способ приготовления рыбы и мяса, который придаёт блюду неповторимый вкус и аромат. Однако традиционные методы копчения могут наносить вред окружающей среде из-за выбросов вредных веществ и использования древесины. Поэтому разработка экологически безопасных методов копчения становится всё более актуальной [1].

Одним из перспективных направлений является использование жидких коптильных сред в технологии бездымного копчения. Этот метод позволяет получать копчёные продукты, которые по вкусу и аромату не отличаются от традиционных.

Создание коптильных сред с использованием структурообразующих компонентов позволяет получить коптильно-водорослевый биогель (КВБ). Добавление в состав КВБ экстракта водорослей *Furcellaria lumbricalis* из Балтийского моря улучшает структурно-механические свойства и пищевую ценность биогеля. Инновационный КВБ объединяет свойства водорослей и коптильных веществ, что позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду и повысить качество готового продукта [1,2,3,4].

Цель работы заключалась в получении коптильно-водорослевого биогеля на основе экстракта красных водорослей *Furcellaria lumbricalis* и его применение в технологии экологически безопасного горячего копчения рыбы.

Методы исследований. В ходе исследования применялись стандартные методы, такие как химические, микробиологические, физико-химические и органолептические.

Основные эксперименты проводились на кафедре пищевой биотехнологии, в научно-исследовательских лабораториях UBF и «АтлантНИРО».

Объектом исследования была скумбрия атлантическая, которая соответствовала требованиям технической документации. Также исследовались красные водоросли *Furcellaria lumbricalis*, коптильный ароматизатор «Жидкий дым» и другие компоненты.

Определение органолептических показателей сырья, коптильно-водорослевого биогеля и копченой рыбы проводилось по ГОСТ 7631 и ГОСТ 7447.

Массовую долю воды, поваренной соли, сухих веществ, белков, липидов, минеральных веществ в сырье и готовой продукции определяли по ГОСТ 7636. Массовые доли основных коптильных компонентов (фенольных и карбонильных) в коптильно-водорослевом биогеле и образцах рыбы определялись на спектрофотометре В-1200. Для этого использовались 4-аминоантипирин и 2,4-динитрофенилгидрозин. Массовую долю органических кислот определяли титриметрическим методом относительно уксусной кислоты.

Содержание легкогидролизуемых полисахаридов (общих углеводов), моносахаров, водорастворимых и жирорастворимых витаминов, сырой клетчатки определяли с помощью различных методов,

таких как поляриметрический, ВЭЖХ, воздействие концентрированных растворов уксусной кислоты и этанола в вакууме. Содержание бенз(а)пирена определяли по методике ФР.1.31.2014.17186. Общие каротиноиды определяли спектрофотометрически при длине волны 450 нм в соответствии с ГОСТ Р 54058-2010. Каррагинаны определяли с применением 10%-го раствора гидроксида калия и 95%-го этилового спирта с последующим центрифугированием и высушиванием.

Количество минеральных веществ определяли методом атомно-адсорбционной и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Количественное определение йода проводили титриметрическим методом, кальция и магния – комплексонометрическим методом.

Анализ содержания тяжёлых металлов проводили по ГОСТ 31707, ГОСТ 30178 и ГОСТ Р. Безопасность продукции оценивали в соответствии с требованиями ТР ЕАЭС 040/2016.

Оценку общей биологической ценности и безопасности рыбы горячего копчения проводили с применением тест-организма инфузории *Tetrahymena pyriformis*.

На первом этапе исследовали химический состав водоросли *Furcellaria lumbricalis*. Оценивали степень общее содержание БАВ (таблица 1).

Таблица 1

Содержание основных химических веществ в водоросли *Furcellaria lumbricalis*

Показатели	Содержание, на сухое вещество
Белки, г\100г	
Жиры, г\100г	
Общее количество легкогидроизируемых полисахаридов, г\100г в т.ч.,	
- фуцеларан	
- каррагинаны	
- моносахара	
Негидроизируемые полисахариды	
Минеральные вещества, г\100г	
Сухие вещества, %	
Каротиноиды, мг\100г	
Лютеин, мг\100г	
Кальций, мг\100г	
Цинк, мг\100г	
Марганец, мг\100г	
Натрий, мг\100г	
Калий, мг\100г	
Магний, мг\100г	
Хром, мг\100г	
Медь, мг\100г	
Йод, мг\100г	
Водорастворимые витамины, мг/100г	
В ₁	
В ₂	
В ₆	
Жирорастворимые витамины, мг/100г	
Д	
Е	
К	

Из таблицы 1 видно, что водоросль содержит большое количество биологически активных веществ: полисахаридов, в частности каррагинанов, каротиноидов и минеральных веществ. Её ценность также обусловлена богатым витаминным составом.

Следующим шагом было обоснование получения копильно-водорослевого биогеля с заданными реологическими и органолептическими характеристиками.

Было определено оптимальное соотношение копильного ароматизатора и водорослевого экстракта – 1:3. Это соотношение позволяет получить желаемые реологические характеристики, такие как адгезия и вязкость.

На основе результатов экспериментов была разработана технологическая схема производства копильно-водорослевого биогеля которая включала следующие операции: измельчение, восстановление и промывание сушеных водорослей; экстрагирование водоросли в воде при соотношении 1:13 в течение 2–х часов при температуре 80-85°C с последующим фильтрованием; охлаждение экстракта и смешивание с копильным ароматизатором в соотношении 3:1.

В ходе исследований были получены сравнительные показатели качества нового КВБ и копильного ароматизатора «Жидкий дым» (таблица 2).

Таблица 2

Сравнительная характеристика показателей качества копильно-водорослевого биогеля и копильного ароматизатора «Жидкий дым»

Показатель	КВБ	КА «Жидкий дым»
Массовая доля органических кислот (в пересчете на уксусную кислоту), %	2,3	13,2
Массовая доля фенольных соединений (в пересчете на гваякол), %	1,9	3,2
Массовая доля карбонильных соединений (в пересчете на фурфурол), %	5,6	18,5
Каротиноиды, % на сухое в-во	2,05	-
Лютеин, % на сухое в-во	1,2	-
Каррагинан, % на сухое в-во	44,6	-
Вода, %	83,2	89,8
Сухие вещества, %	16,8	10,2
Минеральные вещества, мг/100г		
Кальций	885,6	-
Калий	424,3	-
Йод	41,3	-
Магний	563,4	-
Натрий	175,3	-
Вязкость, при 20°C, сПз	492	12
pH	6,3	1,9
Водорастворимые витамины, мг/100г		
B ₁	6,8	-
B ₂	12,7	-
B ₆	1,7	-
Жирорастворимые витамины, мг/100г		
D ₃	0,38	-
E	6,67	-
K ₂	0,01	-

Из таблицы 2 видно, что в КВБ, по сравнению с КА, содержится меньше копильных компонентов: фенольных, карбонильных и кислотных. Это делает его более безопасным для здоровья.

Кроме того, в составе КВБ есть каррагинаны и другие полисахариды фуцеллярии, благодаря которым его вязкость значительно выше, чем у КА. Вязкость КВБ составляет 492 сПз, а КА – всего 12 сПз.

Также в КВБ больше витаминов группы В (B₁, B₂, B₆), витамина D₃, витамина Е, витамина K₂, а также полезных минеральных веществ: калия, натрия, магния и йода. Это делает его ещё более полезным для организма.

С помощью математического моделирования и применения ортогонального центрального композиционного плана второго порядка были определены оптимальные режимы термической обработки для рыбы, приготовленной методом бездымного горячего копчения с использованием копильно-водорослевого биогеля.

После анализа экспериментальных данных был выбран следующий рациональный режим термической обработки рыбы: температура 110–130°C, продолжительность 27–33 минуты. При таких параметрах формируются желаемые органолептические характеристики продукта, а также достигается полная проварка мяса рыбы при минимальных потерях веса (8,0–10,0%).

Проведенные эксперименты позволили обосновать технологическую схему получения рыбы бездымного горячего копчения с применением копильно-водорослевого биогеля и выявить оптимальные

условия иммерсионной обработки рыбы КВБ (длительность окунания составила 25-30с; продолжительность подсушки 15-18 мин.).

Результаты экспериментов по оценке органолептических, физико-химических показателей качества копченой рыбы приведены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели качества исследуемых образцов скумбрии

Способ копчения	ОЦ*, балл	Потери массы, %	Массовая доля, мг/100г		Содержание, %		
			карбонильные вещества	фенольные вещества	белок	вода	зола
Скумбрия, обработка КВБ	17,4	8,5	2,5	1,9	17,2		
Скумбрия, обработка дымом	16,6	13,2	15,4	4,4	16,6		

*- органолептическая оценка

Данные таблицы 3 показывают, что рыба, приготовленная различными методами копчения, практически не отличается по основным показателям качества. Однако рыба, приготовленная с использованием КВБ имеет значительное преимущество: она теряет в массе на 4,8% меньше. Это объясняется тем, что плёнка на основе полисахаридов, образуемая после нанесения КВБ, обладает барьерным эффектом, что приводит к увеличению выхода готовой продукции [4,5].

Ещё одним важным преимуществом использования КВБ является снижение содержания копильных компонентов в рыбе. Уровень карбонильных веществ уменьшается на 84%, а фенольных – на 56,8%. Это говорит о том, что рыба, приготовленная с применением КВБ, более безопасна для здоровья, так как содержит меньше потенциальных токсикантов.

Общая органолептическая оценка рыбы, приготовленной с помощью бездымного копчения, выше, чем у рыбы дымовой обработки. Это свидетельствует о том, что рыба, обработанная КВБ, обладает более высоким уровнем сенсорного восприятия.

В ходе исследований было выявлено, что при употреблении 100 г продукции степень удовлетворения в витаминах и минералах составит: В₁ – 100%, В₂ – 38,8%, В₆ – 20%, натрий – 5,3%, кальций – 7,0%, йод – 30%, магний – 8,4%, калий – 4,7%, каротиноиды – 32%. Таким образом, рыбу новой технологии копчения можно отнести к функциональным пищевым продуктам (ГОСТ Р 54059-2010).

На следующем этапе проводили оценку биологической ценности образцов копченой скумбрии разных способов приготовления экспресс-методом с применением тест-культуры *Tetrahymena pyriformis* (рисунок 1).

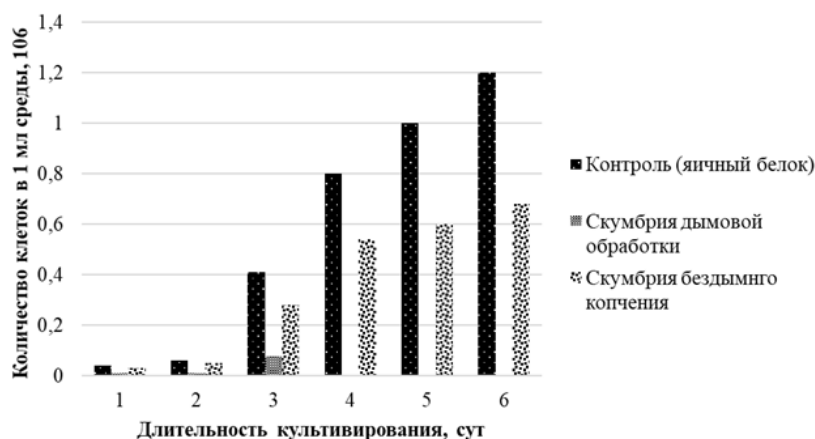


Рис. 1 – Динамика изменения численности популяции инфузории *Tetrahymena pyriformis* в среде культивирования, содержащей исследуемые образцы

Сравнительный анализ показателей ОБЦ скумбрии выявил существенное увеличение уровня относительной биологической ценности у образцов, приготовленных бездымным способом копчения, по сравнению с выкопченной дымом рыбой (в 3,6 раза). Это свидетельствует о том, что использование КВБ в новой технологии копчения улучшает физиологическую усвояемость белков.

Снижение содержания фенольных, карбонильных и кислотных компонентов в мясе рыбы, приготовленной бездымным способом горячего копчения, положительно влияет на метаболизм и рост организмов, используемых в тестах [4,5].

На следующем этапе были изучены показатели безопасности скумбрии бездымной горячей копчености в соответствии с требованиями ТР ТС 040/2016.

Выявлено что скумбрия, обработанная КВБ, не содержит вредных химических веществ. Уровень бенз(а)пирена, который попадает в рыбу из коптильной среды, снизился в 50 раз.

Это подтверждает, что новая технология является экологически чистой, а продукты, полученные с её помощью, безопасны для окружающей среды и здоровья человека.

Вывод. Технология получения коптильно-водорослевого биогеля на основе композиции экстракта красных водорослей Балтийского моря *Furcellaria lumbricalis* и коптильного ароматизатора «Жидкий дым» обоснована и показала свою рациональность в технологии экологически безопасного горячего копчения рыбы повышенной биологической ценности.

Установлено высокое содержание биологически активных веществ, таких как каррагинан (50,7%), каротиноиды (1,81%) и минеральные вещества (Na – 215,4 мг/100г, Ca – 1104,6 мг/100г, I – 58,1 мг/100г, Mg – 688,9 мг/100г, K2 – 518 мг/100г, йод – 58,1 мг/100г).

Коптильно-водорослевый биогель обладает следующими характеристиками: вязкость 450 – 600 сПз, содержание кислот от 1,5 до 2,5%, фенольных веществ от 1,0 до 2,0%, карбонильных соединений от 4,0 до 6,5%, каррагинанов от 6 до 10%.

Экспериментальные образцы рыбы горячего бездымного копчения показали пониженное содержание основных коптильных компонентов (фенольных и карбонильных веществ на 57% и 84% соответственно) по сравнению с рыбой дымовой обработки. При этом органолептическая оценка была выше, а биологическая ценность продукции увеличилась на 68% по сравнению с рыбой дымового копчения. Рыба с коптильно-водорослевым биогелем безопасна по содержанию токсичных элементов и обладает высоким уровнем функциональных пищевых ингредиентов.

Таким образом, использование коптильно-водорослевого биогеля в технологии горячего копчения рыбы позволяет получить продукт с улучшенными органолептическими и биологическими характеристиками, соответствующий современным требованиям экологической безопасности и устойчивого развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенова О.Я. Технология и методы копчения пищевых продуктов. - Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2018. - 288 с.
2. Ким, И.Н. Технология производства копчёной продукции из водных биоресурсов: экологические аспекты: учеб.пособие для СПО/ И.Н. Ким, С.А.Бредихин, Г.Н.Ким – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 198 с.
3. Мезенова, О.Я. Современные проблемы и методы исследования в технологии копченой продукции: учебное пособие / О.Я. Мезенова; Калининград: калининградский государственный технический университет. – Калининград: КГТУ (университет), 2011. – 149 с.
4. Сушина, А. Д. Исследование получения и применения коптильной композиции на основе экстрактов красных водорослей *Furcellaria Lumbricalis* / А.Д. Сушина, О.Я. Мезенова. – Текст: непосредственный // Вестник Международной академии холода. – 2022. № 1. С. 53–60.
5. Сушина, А. Д. Исследование получения коптильного геля на основе экстракта красных водорослей Балтийского моря / А. Д. Сушина, О. Я. Мезенова. – Текст: непосредственный // X Международный Балтийский морской форум. – Калининград: БГАРФ, 2022. – С. 144-151.

PREPARATION AND APPLICATION OF SMOKY ALGAE BIOGEL IN ENVIRONMENTALLY SAFE HOT SMOKED FISH

¹Sushina Anastasiia Dmitrievna, graduate student

²Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of Technical Sciences, Professor

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,

e-mail: ¹nastenka-1997@bk.ru; ²mezenova@klgtu.ru

*Studies of organoleptic, physico-chemical and microbiological parameters of the algae *Furcellaria lumbricalis*, samples of smoky algae biogel and hot smoked mackerel prepared using a new smokeless smoking technology with a smoky algae composition and a traditional smoke method were carried out. An increase in the biological value and quality of smokeless hot smoked fish treated with KVB has been established in comparison with the traditional method.*

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОГО ПИТАНИЯ

Третьякова Татьяна Петровна, канд. пед. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»,
Тольятти, Россия, e-mail: kaf_ttp@mail.ru

Предложен алгоритм проектирования персонафицированного питания на базе четырех групп дескрипторов. Представлена схема реализации персонафицированного рациона на основе структурного метода, описан инструментарий.

Использование комплексного подхода и сочетание качественных и количественных методов обеспечивают достоверные результаты и возможность дальнейшего развития системы персонафицированного питания.

Для каждого человека предпочтительными являются разные стратегии в обеспечении организма необходимыми нутриентами за счет питания. «К адаптивному типу относят совокупность людей, обладающих специфическими морфологическими и физиологическими особенностями организма. Они обусловлены генетически общими характеристиками, среди которых значимой является частота аллелей различных генов в популяции, а также индивидуальными фенотипическими проявлениями и собственными заболеваниями. Различные адаптивные типы требуют различных подходов, основанных на генетической предрасположенности к усвоению тех или иных нутриентов» [1]. На основе знаний о фенотипическом состоянии человека, о структуре генома человека, функциональных взаимодействиях генов, профилактическая направленность и индивидуальность – прямая ориентация на персону, на конкретного человека.

В основе персонафицированного питания лежит комплексный подход, направленный на улучшение общего самочувствия, улучшения качества жизни, повышения эффективности профилактических и лечебных мероприятий при различных заболеваниях.

Согласно научным исследованиям в настоящее время определены цели персонафицированного питания – «придание питанию, как физиологическому и социальному инструменту, новых функций осознанного управления гомеостазом человеческого организма путем учета его индивидуальных особенностей». [2]

При разработке персонафицированного рациона следует учитывать многофакторность данного подхода. Одним из самых сложных факторов является полиморфизм, как проявление генетической предрасположенности к усвоению определенных продуктов, а также определения уровня метаболизма. Установка связи полиморфизма генов с факторами риска и конкретным заболеванием позволит управлять экспрессией благоприятных и неблагоприятных генов нутриентами. Генетический фактор требует системного и аналитического подхода к решению вопроса по персонафикации пищевого рациона.

Комплексный подход к персонафицированному питанию предполагает изучение биохимического фактора: метаболизм нутриентов, микробиом кишечника, гормональный баланс, уровень доступности микронутриентов, антиоксидантов. Так индивидуальные различия в метаболизме углеводов могут определяться активностью амилазы и глюкозо-6-фосфотазой, а индивидуальные потребности в белках зависят от активности протеаз и от индивидуальной способности к усвоению аминокислот. Уровень синтеза и метаболизма белка определяется генетической предрасположенностью.

При проектировании персонафицированного рациона следует учитывать общий гормональный фон, поскольку помимо гормонов щитовидной железы, инсулина, влияющих на метаболизм, гормоны стресса (например, кортизол) влияют на предпочтения в питании и аппетит.

Влияние психоэмоциональной составляющей технологии питания на управление процессами гомеостаза указано в ряде работ по персонафицированному питанию.

Процесс проектирования персонафицированного питания на уровне отдельного продукта или рациона, состоит из определенного алгоритма: определение генотипа субъекта предполагает анализ полиморфизма генов, влияющих на метаболизм нутриентов; формирование фенотипического профиля, учитывающего физиологические особенности, связанные с возрастом и полом, изучение анамнеза, антропометрических данных, результатов клинических исследований; составление психологического портрета с оценкой эмоционального состояния, поведенческого анализа, изучения индивидуальных предпочтений в выборе питания.

Сидоренко М.Ю. в своей работе предлагает включать в техническое задание на проектирование персонафицированного питания три группы дескрипторов: психоэмоциональные, геномозависимые, физиологически значимые. [2] В нашем случае техническое задание дополняется четвертой группой – экологических и социальных дескрипторов. Данные дескрипторы учитывают возможность использования в производстве продуктов или при разработке рациона местные ресурсы, экологические риски местного значения, доступность определенных ингредиентов, влияние окружения субъекта на выбор образа жизни и характер питания.

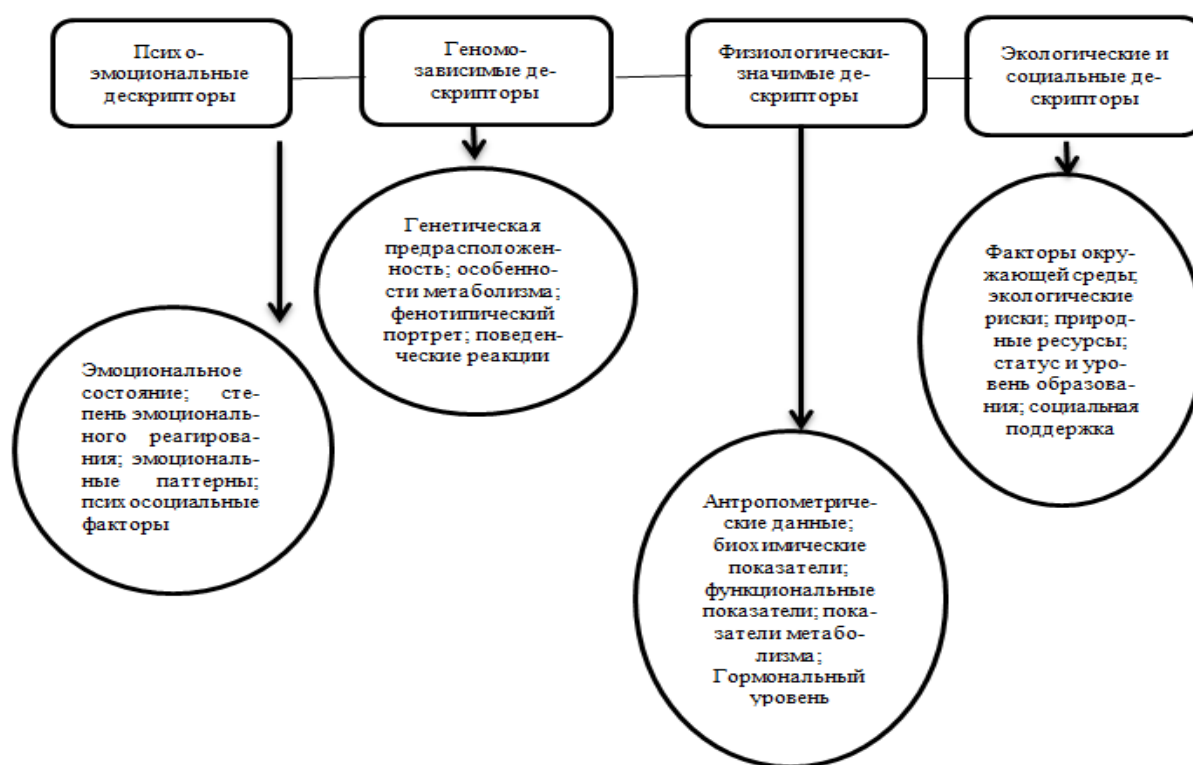


Рис. 1. Источники формирования задания на разработку персонафицированного продукта

Психоэмоциональные дескрипторы представлены оценкой эмоционального состояния, являющимся отражением чувств субъекта на данный момент времени. Интенсивность проявления эмоциональных состояний описывается степенью эмоционального реагирования. Более устойчивые эмоциональные привычки, склонность в оптимизму, проявление негативного восприятия окружения и прочее, описываются эмоциональными паттернами.

Социальная среда и взаимоотношения нередко играют определяющую роль в формировании пищевого поведения. Следовательно, выявление таких психосоциальных факторов как одиночество, отстраненность от окружения, непринятие, доверие и т.п., следует учитывать при проектировании персонализированной программы питания.

«Выявление объективных потребностей организма по результатам анализа генома позволяет понять, какие факторы оказывают ингибирующее или стимулирующее воздействие на экспрессию пограничных аллелей генов». [2]

Наличие определенных генетических маркеров указывает на предрасположенность к тому или иному заболеванию. В этом случае, при проектировании персонафицированного продукта или рациона, необходимо нивелировать экспрессию за счет компенсации или предотвращения дефицита

определенного нутриента. Например, пациенты с определенным генотипом могут лучше усваивать железо из растительных источников или иметь аномальное усвоение лактозы.

Характеристики, отражающие состояние и функции организма, используются для понимания, как организм способен реагировать на внешние и внутренние факторы. В этом случае, мы говорим о физиологически-значимых дескрипторах. С их помощью можно оценить функционирование различных систем, выявить патологию и адаптировать систему персонифицированного питания с целью профилактики или лечения. Антропометрические показатели позволяют оценить физическое состояние субъекта, жировую массу, распределение жира и т.д. Биохимические показатели используют для оценки уровня метаболизма и возможные риски. Уровень витаминов и микроэлементов показателен для оценки потребности и возможных дефицитов, коррекция которых осуществляется с помощью питания.

Одним из важнейших показателей при проектировании продуктов, либо рационов персонифицированного питания, являются метаболические дескрипторы, указывающие на эффективность использования питательных веществ организмом. Базальный уровень метаболизма указывает на количество энергии для поддержания основных жизненных функций организма в состоянии покоя, в то время как, метаболическая доля потребления кислорода является показателем физической работоспособности и аэробной выносливости. Учет особенностей метаболизма необходим при формировании персонифицированного питания.

С метаболическими показателями тесно связаны и уровни гормонального фона субъекта. Так уровень инсулина помогает оценить метаболическое состояние организма. Гормоны являются показателями, указывающими на функцию желез внутренней секреции, и могут быть использованы для управления экспрессией генов.

Четвертая группа дескрипторов описывает взаимодействие человека с окружающей средой и его социальными условиями. Климатические условия, уровень загрязнения воздуха, качество водоснабжения – неотъемлемые факторы, формирующие качество жизни и благосостояние населения. Экологические риски могут способствовать развитию эндемических заболеваний, приводить к пищевым отравлениям и хроническим заболеваниям. При проектировании персонифицированного питания данный фактор играет важную роль, особенно в аспекте профилактических мероприятий.

Связь между социальными условиями и состоянием здоровья, определяется с помощью социальных дескрипторов. Социально-экономический статус демонстрирует влияние уровня дохода на качественный уровень питания. Низкий уровень дохода коррелируется с высоким уровнем заболеваний, часто являющимся следствием неполноценного питания.

На осведомленность о здоровье, о качестве пищевых продуктов, полноценном рационе влияет уровень образования. Образованные люди чаще принимают решения, направленные на улучшение здоровья.

Образцы пищевого поведения, уклад жизни и отношение к здоровью во многом определяются культурными традициями. Культурные нормы могут влиять и на восприятие тела и здоровья, формируя стандарты красоты и здоровья. В некоторых культурах предпочтение отдается стройным фигурам, что может способствовать развитию расстройств пищевого поведения. В культурах с большим количеством праздников, обильными застольями может быть выше риск ожирения.

Таким образом, экологические и социальные факторы используются для оценки риска заболеваний и разработки стратегии профилактики путем создания проекта персонифицированного питания.

Используя структурированный подход к созданию проекта персонифицированного питания, учитывая физиологические, геномозависимые, психоэмоциональные, экологические и социальные факторы, используя множество дескрипторов, можно разработать схему разработки персонифицированного рациона (рис.2).



Рис.2 Схема персонализированного питания

Схема персонализированного питания помогает разработать рацион, либо отдельный продукт, который учитывает особенности объекта и позволяет достичь цели управления гомеостазом.

На стадии мониторинга проводится оценка эффективности персонализированного питания для понимания степени достижения конкретных целей. Эффективность оценивается с помощью количественных и качественных методов.

В случае измерения клинических показателей фиксируется изменения таких параметров как индекс массы тела (ИМТ), объем талии, процентное содержание жира и пр. В ходе реализации проекта по персонализированному питанию, данные параметры фиксируются и документируются регулярно.

При проведении биохимических исследований для сравнительного анализа берутся данные до начала реализации проекта, и далее через заданные временные интервалы – 3, 6 или 12 месяцев.

Для фиксации изменений психоэмоционального состояния используются стандартизированные опросники, оценивающие уровень стресса, тревожности и общего состояния. Исследование влияния персонализированного питания на общий уровень удовлетворенности, физическую активность проводится с помощью опросников SF-36, EQ-5D. Опросники предоставляют итоговые данные в виде единой балльной оценки здоровья респондента, и могут использоваться как для расширенных опросов населения, так и для специфических групп больных.

В процессе реализации персонализированного питания актуальным являются изменения в пищевых привычках. Оценка изменений в качестве и количестве потребляемых продуктов, предпочтения, частоту и объем потребления, можно оценить в процессе анализа пищевого дневника участника проекта. Также, в ходе мониторинга, проводится анализ соблюдения диеты, позволяющего оценить, насколько участник следует рекомендациям, назначенным в рамках персонализированного питания.

Использование тестов на чувствительность к инсулину, измерение уровня метаболизма, максимального потребления кислорода, проведенных до, в процессе и по окончании проекта, позволит оценить изменения в метаболизме при реализации персонализированного питания.

Проведение рандомизированных контролируемых испытаний для сравнения результатов персонализированного питания с традиционным, путем создания контрольной группы и экспериментальной с оценкой конечных результатов по определенным критериям, дает возможность получить доказательство эффективности и безопасности персонализированного питания.

Для оценки эффективности персонализированного питания, в силу сложности и многофакторности процесса разработки, требуется использование различных средств и методов. Использование комплексного подхода и сочетание качественных и количественных методов могут обеспечить достоверные результаты и возможность дальнейшего улучшения системы персонализированного питания.

В Тольяттинском государственном университете на базе кафедры «Технологии производства пищевой продукции и организации общественного питания» реализуется проект «Разработка нутригеномного электронного профиля потребителя» в рамках научно-исследовательской работы студентов под руководством Беляевой Ю.В., кандидата биологических наук, доцента кафедры.

Нутригеномный электронный профиль потребителя интегрируется в базы данных по персонализированному питанию.

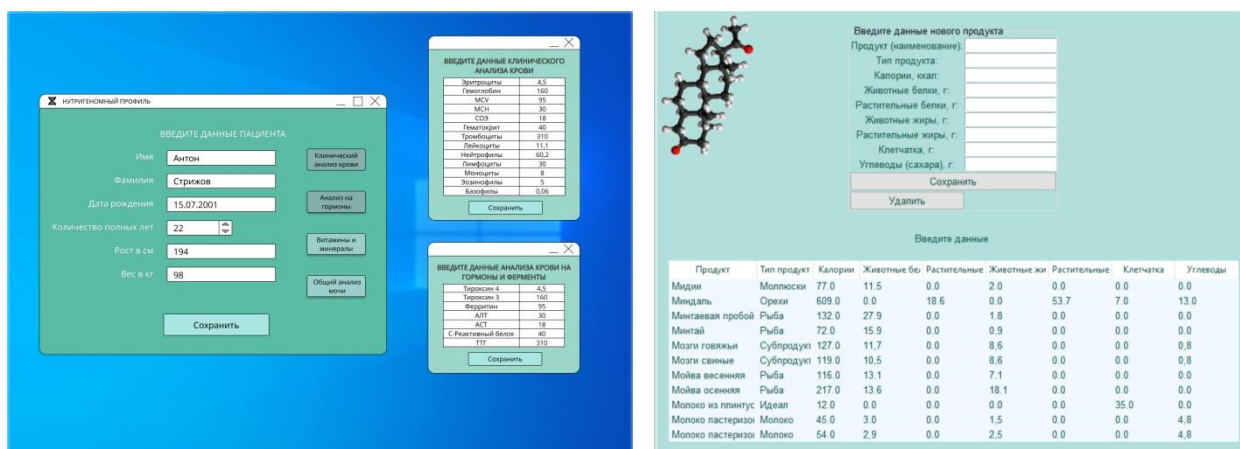


Рис.3. Страницы интерфейса нутригеномного электронного профиля

Нутригеномный электронный профиль является еще одним инструментом для понимания взаимодействия между генетикой, физиологией, психологией и питанием. Использование подобных ресурсов может значительно улучшить подход к персонализированному питанию, предоставляя необходимые данные для создания стратегий, направленных на улучшение здоровья, профилактику и лечение заболеваний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин, И.А. Научное обоснование методов проектирования продуктов и персонализированных рационов питания, их продуктовая оценка: диссертация ... доктора технических наук: 18.05.15 / Никитин Игорь Алексеевич; [Место защиты: Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского]. - Москва, 2019. - 453 с.
2. Сидоренко, М. Ю. 2. Научное обоснование принципов проектирования состава и потребительских характеристик продуктов персонализированного питания : специальность 05.18.15 «Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания» : Автореферат на соискание доктора технических наук / Сидоренко, М. Ю. ; ФБГОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств». – Москва , 2013. – 49 с.

AN INTEGRATED APPROACH TO DEVELOPMENT PERSONALIZED NUTRITION

Tretyakova Tatyana Petrovna, candidate of pedagogical sciences, associate professor

Togliatti State University, Tolyatti, Russia, e-mail: kaf_ttp@mail.ru

The article proposes an algorithm for designing personalized nutrition based on four groups of descriptors. A scheme for implementing a personalized diet based on the structural method is presented, and the tools are described.

The use of an integrated approach and a combination of qualitative and quantitative methods provide reliable results and the possibility of further development of a personalized nutrition system.

АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ НАПРАВЛЕНИЯ 19.00.00 В ВСГУТУ

¹Щёктова Анна Владимировна, канд. техн. наук, доцент,
директор «Института пищевой инженерии и биотехнологии»

²Баженова Баяна Анатольевна, д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой «Технология продуктов животного происхождения. Товароведение»

³Жамсаранова Сэсэгма Дашиевна, д-р биол. наук, профессор,
директор «Биотехнологического центра»

⁴Лебедева Светлана Николаевна, д-р биол. наук, профессор,
профессор кафедры «Биотехнология»

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», Улан-Удэ, Россия, e-mail: anna-krivonosov@yandex.ru

Посвящено анализу внедрения проектного обучения при подготовке специалистов направления 19.00.00 в Восточно-сибирском государственном университете технологий и управления. Представлен перечень подходов взаимодействия ВУЗа и индустриальных партнеров с целью формирования основных тем и задач проектов для обучающихся. Подчеркивается, что привлечь обучающихся к научно-исследовательской работе необходимо, начиная с младших курсов, и поддерживать их творческую активность, используя мотивацию, на протяжении всего процесса обучения. Рассмотрена роль научно-исследовательской работы кафедр, преподавателей, обучающихся как основы проектного обучения, ее значимость для освоения соответствующих компетенций современного выпускника ВУЗа при переходе на стандарты третьего поколения. Приведен опыт развития проектного обучения в Институте пищевой инженерии и биотехнологии.

Сегодня российские вузы вступают в эру перемен в области образовательных технологий. С 2022 года ключевым аспектом обучения в высших учебных заведениях стало формирование у студентов проектных навыков, что закреплено в Федеральных государственных образовательных стандартах. В современном мире выпускнику ВУЗа важно не только владеть теоретическими знаниями, но и умением применять их в реальных производственных условиях. В связи с этим образовательные учреждения активно внедряют передовые образовательные технологии, которые способствуют повышению уровня профессионализма выпускников и развитию таких качеств, как самостоятельность, умение работать в команде, конкурентоспособность, гибкость и активность, что делает их востребованными специалистами на рынке труда. Особое место среди этих технологий занимает проектно-ориентированное обучение. Этот метод предполагает обучение в условиях реальной практики и направлен на развитие у студентов новых знаний и специфических умений через систематическое решение задач, связанных с практическими проблемами отрасли или конкретного предприятия [1, 2, 3].

Проектно-ориентированное обучение представляет собой образовательную технологию, которая направлена на развитие у студентов творческих, конструкторских и проектировочных навыков. Главная задача данного образовательного подхода заключается в том, чтобы в процессе решения задач, имеющих научную или практическую значимость, студенты приобретали разнообразные компетенции. Ключевым аспектом является то, что проектное обучение способствует созданию прямой связи между учебным материалом и практическим опытом студентов в процессе их исследовательской и коллективной творческой работы [1, 2, 3].

В проектном обучении важно привлечь индустриального партнёра, чтобы максимально приблизить студентов к сфере производства и науки [4]. Университеты для этого используют различные методы как общеизвестные, так и индивидуальные. В Восточно-сибирском государственном университете технологий и управления (ВСГУТУ) также применяют различные подходы:

1. Участие индустриальных партнёров в разработке основных образовательных программ по направлениям. Представители предприятий отслеживают, чтобы образовательные программы выстраивались с ориентацией на потребности индустриального партнёра.

2. Стажировки и практики. Индустриальные партнёры предоставляют для студентов возможности прохождения стажировок и практик, что помогает обучающимся получить реальный опыт работы в индустрии.

3. Участие в конференциях, круглых столах, форумах и иных мероприятиях. Организации-партнёры ВСГУТУ принимают активное участие в университетских конференциях и иных мероприятиях вуза, где обмениваются опытом и знаниями. Очень часто индустриальные партнёры организуют и свои мероприятия на территории ВУЗа, с приглашением преподавательского состава и студентов.

4. Совместные проекты и исследования. ВСГУТУ и индустриальные партнёры сотрудничают в проектах и исследованиях с целью разработки новых продуктов и технологий, участвуют менторами в акселерационных программах университета, предоставляют свои площади, оборудование и сырьё для выполнения научных проектов.

5. Проведение совместных фестивалей. ВСГУТУ совместно с индустриальными партнерами и профильными министерствами уже дважды организовывал масштабный фестиваль науки и технологий «Технофест» (<https://m.vk.com/technofest03>). Фестиваль «Технофест» направлен на раскрытие и развитие у школьников и студентов научно-технического потенциала, вовлечение талантливой молодежи в науку с целью популяризации профессий и специальностей, востребованных ключевыми отраслями экономики Республики Бурятия с учетом стратегии социально-экономического развития региона. Фестиваль предназначен для объединения молодых людей вокруг общих национальных целей – достижения технологического лидерства и технологического суверенитета региона и страны.

Ключевым аспектом интеграции проектно-ориентированного обучения в учебную программу ВСГУТУ является сотрудничество с индустриальными партнерами. Индустриальные партнёры выступают в роли инициаторов реальных задач, ресурсных поставщиков и экспертов для оценки проекта. С точки зрения проектного обучения ежегодный фестиваль «Технофест» выполняет главную связывающую роль между школой-ВУЗом-индустриальным партнером. Основная цель фестиваля – это показать преимущества инженерно-технического образования в Республике Бурятия, рассказать о новых тенденциях и направлениях в научно-технической сфере, ознакомить школьников и студентов с современными достижениями и перспективными технологиями промышленности региона, чтобы обучающиеся смогли самостоятельно определить тематики, по которым им было интересно выполнять проект. Целевой аудиторией фестиваля являются школьники (5-11 классы), обучающиеся ССУЗов, ВУЗов, аспиранты (молодые ученые), а так же их родители. Всего фестиваль посещают более 3000 школьников и более 1000 обучающихся ССУЗов и ВУЗов. Фестиваль проходит на 5 площадках: «ПРО-АВИА» - демонстрация привлекательности профессии авиастроения, «ПРО-ТЕХНО» - демонстрация достижений современной науки, техники и технологий в различных отраслях, «ПРО-БИО» - демонстрация достижений науки в областях пищевой инженерии и биотехнологий, «ПРО-АГРО» - демонстрация достижений агропромышленного комплекса Республики Бурятия и «ДЕЛОВАЯ ЗОНА». Также в рамках проведения фестиваля организуются автобусные туры для участников на промышленные предприятия (промышленный туризм).

Участие в фестивале дает много возможностей для всех категорий участников. Школьники посредством мастер классов, игр и викторин узнают о предприятиях региона и о ВУЗе, что дает им возможность познакомиться с разными профессиями и, в дальнейшем, определиться с выбором специальности и соответственно с направлением обучения во ВСГУТУ. Студенты получают возможность найти новые площадки стажировок в технологических компаниях, самостоятельно поделиться с индустриальными партнерами своими проектами, идеями и достижениями, а также расширить свой профессиональный круг общения. Кроме того, студентам предоставляется возможность рассказать школьникам о совместных с индустриальным партнером проектах давая им возможность выбрать интересные и совместно поучаствовать в программе «Сириус.Лето: начни свой проект», где студенты будут выполнять роль наставников. Предприятия получают возможность продемонстрировать свои возможности и достижения, привлечь кадры и молодых специалистов, провести раннюю профориентацию среди школьников, а также отобрать талантливых студентов, начиная с младших курсов, путем привлечения в выполнения проектов, инициированных индустриальным партнером.

В ВУЗе особое внимание уделяется научно-исследовательским проектам, где основная деятельность это исследование, а основным результатом – знание. Такие проекты обязательно должны иметь тщательно разработанную структуру, четко сформулированные цели, высокую актуальность темы исследования, значимость для общества, а также продуманные методы, включая экспериментальные, практические и различные способы анализа данных. Такие проекты строго следуют научной методологии и могут полностью или частично соответствовать подлинным научным исследованиям, включая аргументацию важности выбранной темы, формулирование проблемы, определение объекта и предмета исследования, последовательное формулирование целей исследования, выбор методов и источников информации, разработку методологии, выдвижение гипотез и стратегий решения проблемы, в том числе через экспериментальные, практические и опытные работы. Проекты также включают в себя анализ результатов, выводы и оформление исследования, а также определение новых задач для будущих исследований [5]. В рамках проекта могут присутствовать как элементы научно-исследовательской работы или НИОКР (объекты/опытные образцы), так и технологического проекта (технология). Команда проекта состоит из студентов и преподавателей, с ключевым руководителем в роли куратора.

Проектная деятельность включена в образовательные программы бакалавриата и магистратуры Института пищевой инженерии и биотехнологии (ИПИБ) по всем группам специальностей направления подготовки 19.00.00 (УГСН). При рассмотрении роли и места проектов и проектной деятельности в высшем образовании, и, в частности, при переходе на стандарты третьего поколения ФГОС ВО 3++ (бакалавриат и магистратура), необходимо отметить, что «Разработка и реализация проектов» является одной из важных универсальных компетенций современного выпускника (УК-2). Освоение данной компетенции может быть реализовано через УИРС по основным дисциплинам, через СРС и через научно-исследовательскую работу обучающихся. Свое развитие и реализацию данная компетенция получает через запланированные в учебном плане бакалавра обязательные элементы: учебная (ознакомительная) практика, учебная практика (научно-исследовательская работа), производственные (технологическая и преддипломная) практики, а также подготовка и защита ВКР. У магистрантов – это учебная (педагогическая) практика, производственная (преддипломная) практика, НИР-1, НИР-2, НИР-3, НИР-4, а также подготовка и защита ВКР (магистерская диссертация). Во всех этих видах деятельности присутствует компонент научно-исследовательской работы и элементы проектирования [6].

Так, начиная со второго курса, обучающиеся привлекаются к «научному волонтерству», а также к выполнению УИРС, которая представляет собой знакомство, освоение и использование методов для решения тех или иных задач в рамках дисциплин, у которых есть лабораторные занятия. Позже студенты могут присоединиться к научно-исследовательской деятельности, связанной с текущими кафедральными или межкафедральными проектами. Результаты этой работы в течение трех лет могут быть обобщены и представлены в виде защиты бакалаврской научно-исследовательской работы. Участие в НИР дает студентам возможность приобрести практический опыт в решении задач, связанных с их будущей профессиональной деятельностью, участия в настоящих исследовательских и проектно-конструкторских работах, которые происходят в настоящее время, а не в будущем, а также в командной работе, соблюдении сроков и ответственности за достигнутые результаты. При обучении в магистратуре обучающиеся продолжают научные исследования в выбранной для себя предметной области, регулярно принимают участие в научных конференциях/форумах различного масштаба, публикуют статьи в соавторстве, а также осуществляют и представляют на защиту более сложные проекты – магистерские диссертации, которые представляют собой комплексный исследовательский проект, охватывающий несколько научных дисциплин. На старших курсах студенты замотивированы на выполнение коммерчески-ориентированных проектов, поэтому они активно промают участие в грантовых конкурсах «Умник» и «Студенческий стартап». За последние три года студенты ИПИБ, обучающиеся по направлениям подготовки 19.00.00, выиграли 4 гранта «Умник» и один грант «Студенческий стартап». Результаты выполнения этих проектов были представлены в виде защиты диплома как стартапа. Молодые исследователи, в частности магистранты и аспиранты, активно вовлекаются в реализацию научных проектов, финансируемых и другими грантами, включая гранты Российского научного фонда и Министерства образования РФ.

Участие студентов в реализации грантов является ключевым аспектом проектно-ориентированного обучения, которое акцентирует внимание на практическом решении задач, предполагает междисциплинарный подход (многопрофильность), развивает коммуникативные, организационные

и командные навыки. Кроме того, значимость и популярность таких проектов повышают самооценку студента и способствуют выработке более амбициозных целей. Каждый студент, заканчивая университет, создает свое индивидуальное портфолио, в котором отображаются научные статьи, участие в конференциях и семинарах, конкурсах, олимпиадах, грантах, выставках и других активностях, а также личные награды и достижения.

На ИПИБе характерен междисциплинарный подход в проектной деятельности, при котором студенты из разных учебных программ выполняют один проект. Такое взаимодействие способствует лучшему решению задач и проблем, стоящих перед проектом, а также обмену знаниями и навыками между участниками. В результате такого взаимодействия выделяются два ключевых результата: образовательный, который включает в себя приобретение новых компетенций участниками, и продуктовый, заключающийся в создании конкретного продукта и разработке технологии его производства, что в итоге способствует достижению целей проекта.

Значимым структурным элементом в процессе обучения является мотивация. Прежде всего, это желание самоутвердиться, вырабатываемое с помощью проектной деятельности. Обучающиеся, активно занимающиеся научной деятельностью, являются претендентами на повышенные стипендии, стипендии Президента и Правительства РФ и РБ, межрегионального фонда НОЦ «Байкал» и др. Они – победители грантов «Молодые ученые ВСГУТУ», «Умник», «Студенческий стартап» и исполнители грантов РНФ, Министерства образования и др. Этому способствуют и требования, предъявляемые к грантам различного уровня: при подаче заявок на гранты и конкурсы необходимым условием является участие молодых ученых. В Институте пищевой инженерии и биотехнологии за три последних года было подано от научного коллектива ИПИБ совместно 9 заявок на гранты РНФ и более 20 заявок от студентов на гранты Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд содействия инновациям). По итогам заявок было выиграно два гранта РНФ и 5 грантов Фонда содействия инновациям.

В процессе подготовки заявлений на гранты РНФ в команду участников были включены магистранты, которые активно привлекались для наполнения форм заявок, выборе направлений научных исследований, анализе актуальной научно-технической литературы, оценке значимости, инновационности и практической полезности проекта. Участие обучающихся в грантовой работе способствовало развитию универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО. Параллельно с выполнением гранта были реализованы НИРы учебных планов, проведены анализ литературы, обоснованы используемые методы, выполнены научные работы, подготовлена и успешно защищена магистерские диссертации.

Всесторонний анализ опыта внедрения проектного обучения в образовательные процессы подготовки студентов по специальности 19.00.00 в ВСГУТУ выявил основные положения:

- обязательное привлечение индустриального партнёра при формировании проектного обучения;
- вовлечение школьников и студентов начальных курсов в научно-проектную деятельность;
- создание междисциплинарных научных проектов для студентов старших курсов в рамках исследовательских команд:
- обеспечение материальной мотивации для участия студентов в научной и проектной работе как от ВУЗа, так и от бизнес-структур и государственных органов.

Таким образом, анализируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что интеграция проекта-ориентированного подхода в процесс обучения студентов по специальности 19.00.00 способствует усилению их профессиональных навыков и знаний. Применение этого метода в научно-исследовательской работе студентов помогает им осваивать исследовательские навыки, применять научный подход к решению задач и формировать необходимые компетенции, что является важным аспектом в подготовке специалистов, которые будут востребованы на рынке труда и обладают высоким уровнем профессионализма. Студенты, приобретая дополнительные компетенции в ходе работы над проектами и участия в стартапах, обеспечивают себе лучшие перспективы материального благосостояния, а также укрепляют связи с индустриальными партнерами. Тем не менее, необходимо отметить, что для полноценного внедрения проекта-ориентированного обучения в образовательный процесс необходимо повышение профессиональных квалификации преподавательского коллектива и обновление материально-технической базы, что позволит совместить теоретическую подготовку с практическими умениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимова С.А. Историографический обзор проектной деятельности в педагогическом образовании России / С.А. Абросимова, Н.В. Рыжкова // Педагогический журнал. - 2021. - Т. 11. - № 5А. - С. 47- 55. DOI: <https://doi.org/10.34670/AR.2021.26.69.006>.
2. Куклина М.В., Труфанов А.И., Уразова Н.Г., Бондарева А.В. Анализ внедрения проектного обучения в российских вузах // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31320> (дата обращения: 01.09.2024).
3. Попова Т.А. Проектная деятельность в образовательном пространстве // Вестник МГЛУ. Образование и педагогические науки. - 2020. - Вып. 3 (836). - С. 252-265. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.98.8.082>.
4. Чарикова И.Н. Научно-исследовательская деятельность как фактор развития образовательной проектности будущих инженеров // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 4-1. – С. 149-153; URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37989> (дата обращения: 01.09.2024).
5. Решенкин А.С. Основы проектной деятельности / А.С. Решенкин, Л.Н. Годунова. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2021. 143 с.
6. Баженова Б.А., Лебедева С.Н., Жамсаранова С.Д., Щёктова А.В. Научно-исследовательская работа в вузе как основа проектного обучения // Материалы Всероссийской научно-методической конференции с международным участием. Инновационные технологии обучения в вузе в условиях цифровизации и реформирования высшего образования. Улан-Удэ.- 2024. - С. 45-50.

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF PROJECT-BASED TRAINING IN THE TRAINING OF SPECIALISTS IN THE 19.00.00 DIRECTION AT ESSUTM

¹Shchekotova Anna Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the "Institute of Food Engineering and Biotechnology"

²Bazhenova Bayana Anatolyevna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Technology of animal products. Commodity science"

³Zhamsaranova Sesegma Dashievna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the Biotechnological Center

⁴Lebedeva Svetlana Nikolaevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of "Biotechnology"

^{1,2,3,4}East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia, e-mail: anna-krivonosova@yandex.ru

The article is devoted to the analysis of the implementation of project-based learning in the training of specialists in the 19.00.00 direction at the East Siberian State University of Technology and Management. The article presents a list of approaches to interaction between a university and industrial partners in order to formulate the main topics and tasks of projects for students. The article emphasizes that it is necessary to involve students in research work, starting from junior years, and to support their creative activity, using motivation, throughout the entire learning process. The article examines the role of research work of departments and teachers studying as the basis of project-based learning, its significance for mastering the relevant competencies of a modern university graduate during the transition to third-generation standards. The experience of developing project-based learning at the Institute of Food Engineering and Biotechnology is presented.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ПИГМЕНТОВ

¹Якубенко Данил Александрович, аспирант кафедры пищевой биотехнологии

²Дышлюк Любовь Сергеевна, д-р техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник
отдела научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ²lyubov.dyshlyuk@klgtu.ru

*Исследован процесс экстракции пигментов из плодов облепихи крушиновидной (*Hipporhaë rhamnoides*) с использованием этилового спирта и диэтилового эфира. Изучено влияние концентрации спирта на эффективность извлечения красящих веществ. Максимальная эффективность экстракции пигментов получена при использовании 70%-ного этилового спирта и диэтилового эфира. Данные подтверждают перспективность облепихи как источника натуральных пищевых красителей, открывая возможности для дальнейших разработок.*

Введение

Растительное сырье Северо-Западного федерального округа является не только важным элементом биоразнообразия этого региона, но и потенциальным источником ценных биологически активных веществ (БАВ). Однако, помимо своей пищевой и лечебной ценности, многие виды растений этого региона имеют в своем составе природные красящие вещества (пигменты). Именно это открывает для исследователей и промышленности широкие перспективы в области использования таких растений в качестве источников натуральных пищевых красителей [1].

В последние десятилетия наблюдается растущий интерес к натуральным пищевым красителям в качестве альтернативы синтетическим. В первую очередь, такой интерес обусловлен стремлением к употреблению экологически чистых пищевых продуктов, но также и поиском способов сохранения традиционных методов производства. Промышленные исследования в области использования натуральных пищевых красителей, полученных из растительного сырья, набирают обороты, в связи с чем изучение потенциала растений Северо-Западного федерального округа становится предметом особого интереса [2].

Облепиха крушиновидная (лат. *Hipporhaë rhamnoides*) – двудомный кустарник или дерево, вид рода Облепиха (*Hipporhaë*) семейства Лоховые (Elaeagnaceae). Облепиха – ягода, богатая питательными веществами и промышленными свойствами [3]. Ягоды известны высоким содержанием витамина С, флавоноидов, масел и маслорастворимых соединений, а также минералов. Все части этого растения считаются богатым источником большого количества биологически активных соединений, включая токоферолы, стерины, флавоноиды, липиды, витамины, дубильные вещества, минералы и т. д. Кроме того, ягоды богаты каротиноидами, такими как зеаксантин, β -каротин, β -криптоксантин, литеин, ликопин и γ -каротин [4]. Из-за тонкой кожицы, сочной мякоти и короткого срока хранения облепиху обычно сохраняют с помощью методов замораживания или непосредственно перерабатывают в облепиховое пюре после сбора урожая. Ягоды облепихи можно обработать и использовать в различных формах, включая сушеные плоды, сублимированный порошок, облепиховое масло. И конечно, ее можно подвергнуть экстрагированию с целью получения натурального пищевого красителя.

Методы экстракции пигментов из растительных материалов разнообразны и включают использование органических растворителей, таких как ацетон, метанол, этанол, диэтиловый эфир, а также водно-спиртовых смесей. Одним из наиболее распространенных методов является экстракция с помощью этанола, который широко используется благодаря своей способности растворять как полярные, так и неполярные соединения, и при этом обладает низкой токсичностью и доступностью. Этаноловые экстракты растительных пигментов демонстрируют хорошую стабильность и высокую активность, что делает его предпочтительным выбором для пищевой промышленности [5].

Другим популярным методом является суперкритическая флюидная экстракция, обычно с использованием углекислого газа (CO₂). Этот метод позволяет избежать использования органических растворителей, сохраняя природные свойства пигментов. Однако он требует сложного оборудования и высоких затрат, что ограничивает его применение в широком производстве [6].

Метод ультразвуковой экстракции также набирает популярность благодаря своей способности ускорять процесс выделения пигментов и увеличивать выход ценных соединений. Он основан на использовании высокочастотных ультразвуковых волн, которые разрушают клеточные стенки растительного сырья, облегчая выход пигментов [7].

Метод ферментативной экстракции включает использование ферментов для разрушения клеточных стенок и высвобождения пигментов. Ферменты могут быть выбраны в зависимости от типа растительного материала и целевого пигмента. Этот метод может быть более мягким и специфичным по отношению к целевым соединениям [8].

В методе микроволновой экстракции используются микроволны для прогрева и активации растворителей, что ускоряет процесс экстракции. Он позволяет улучшить выход пигментов и может сократить время экстракции по сравнению с традиционными методами [7].

Экстракция с помощью органических растворителей, таких как диэтиловый эфир и петролейный эфир, часто используется для извлечения каротиноидов и других липофильных пигментов из растительных материалов. Эти растворители эффективно выделяют жирорастворимые соединения, что делает их актуальными для экстракции из облепихи, богатой каротиноидами.

Целью данного исследования является изучение перспектив использования облепихи крушиновидной в качестве источника пигментов, относящихся к группе каротиноидов.

Объекты и методы исследования

Для достижения поставленной цели проведена экстракция пигментов облепихи разными растворителями. Основное внимание уделяется выбору гидромодуля и растворителя, что имеет ключевое значение для эффективного извлечения красящих компонентов из растительного материала.

Для осуществления экстрагирования при комнатной температуре в качестве растворителей использовались этиловый спирт (30%, 50%, 70%), петролейный и диэтиловый эфир. Гидромодуль был установлен 1:10. В качестве сырья была взята облепиха замороженная и сушеная.

Экстракцию проводили следующим образом. Навеску 5 г сырья (облепиха) измельчали до однородного состояния, помещали в коническую колбу на 100 мл, добавляли 50 мл растворителя, закрывали плотно пробкой, после чего тщательно перемешивали и оставляли в темном месте при комнатной температуре в течение 24 ч для экстрагирования. По истечении необходимого времени экстракт фильтровали через бумажные фильтры для удаления остаточных твердых частиц и получения экстракта.

Эффективность экстракции пигментов оценивали по светопоглощению растворов в диапазоне длин волн от 350 до 700 нм, которое регистрировали на спектрофотометре УФ-1200 (Ecoview, Китай)

Результаты исследования

Спектры поглощения экстрактов приведены на рисунках 1–2.

Визуально по окончании фильтрации отметили, что образец, обработанный с использованием 70%-ного этилового спирта, приобрел ярко-желтую окраску, в отличие от других образцов, которые остались бесцветными. Согласно представленным данным в таблице 1, можно наблюдать, что повышение концентрации спиртового раствора способствует более эффективной экстракции красящих веществ.

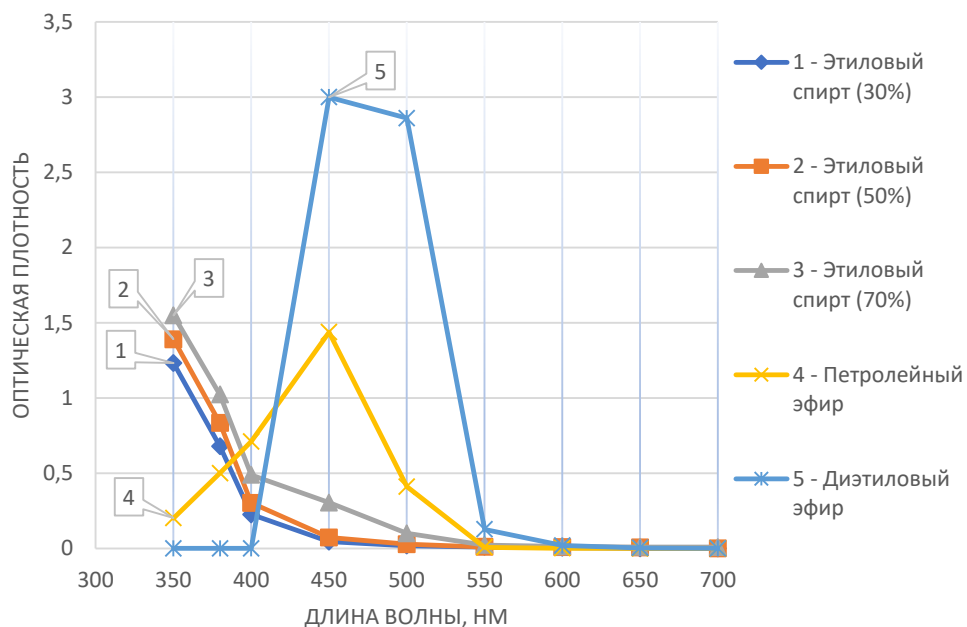


Рис. 1. Спектры поглощения экстрактов замороженной облепихи

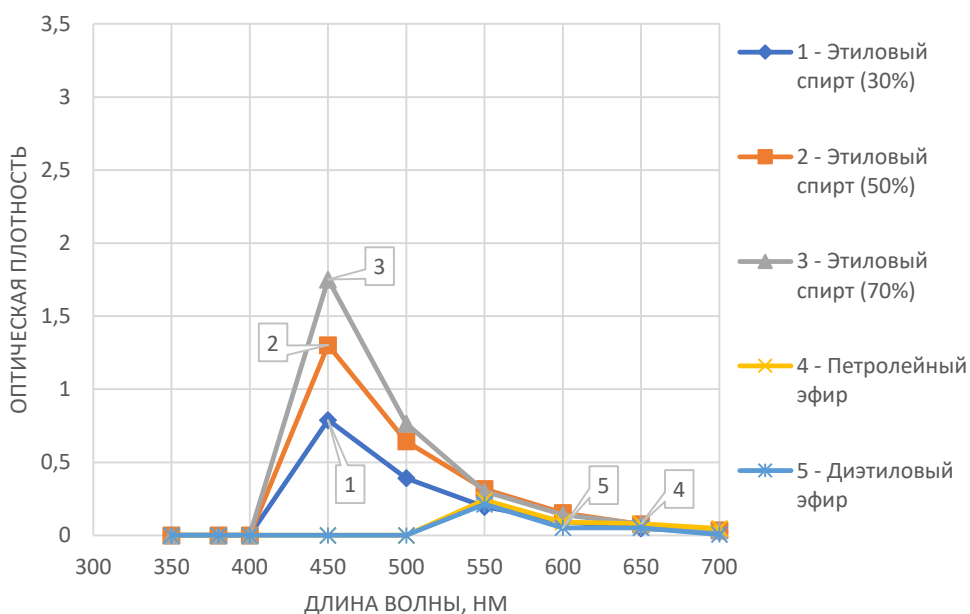


Рис. 2. Спектры поглощения экстрактов сушеной облепихи

Высокая эффективность экстракции была достигнута при использовании диэтилового эфира в качестве растворителя, что подтверждает его эффективность в процессе экстракции пигментов из замороженных плодов облепихи крушиновидной.

Параллельно проводилась экстракция из сушеных плодов облепихи, и визуальная оценка готовых экстрактов показала, что образцы, обработанные с использованием этилового спирта 50% и 70%, приобрели огненно-красную окраску. Экстракт, полученный с использованием этилового спирта 30%, имел более слабую окраску. Образцы экстрактов с диэтиловым и петролейным эфиром также имели ярко-желтую окраску, аналогично результатам эксперимента с замороженной облепихой. Полученные результаты визуальной оценки согласуются с данными таблицы 1.

Оптическая плотность экстрактов на максимуме светопоглощения

Плоды облепихи крушиновидной (замороженные), г	Растворитель, 50,0 мл	Гидромодуль	Оптическая плотность при длине волны 450 нм
5,0	C ₂ H ₅ OH (30%)	1:10	0,045
	C ₂ H ₅ OH (50%)		0,073
	C ₂ H ₅ OH (70%)		0,305
	Петролейный эфир		1,438
	Диэтиловый эфир		3,000

Заключение

Таким образом, экстракцию пигментов из плодов облепихи замороженной и высушенной целесообразно проводить при использовании этилового спирта. Повышение концентрации этого растворителя способствовало более эффективному извлечению красящих веществ.

Дополнительно, экстракция с использованием диэтилового эфира также оказалась эффективной, особенно в случае замороженных плодов облепихи крушиновидной.

На основании результатов исследования можно сделать вывод о потенциале этилового спирта и диэтилового эфира как эффективных растворителей для извлечения пигментов из плодов облепихи крушиновидной.

В целом, результаты исследования подтверждают потенциал облепихи крушиновидной в качестве источника ценных красящих веществ и открывают перспективы для дальнейших исследований и разработок в этой области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенова О. Я., Мёрзель Й. Т., Воронцов С. А., Воронцов П. А. Оценка биопотенциала дикорастущей облепихи и перспектив ее комплексного использования // Вестник МАХ. – 2020. – №3. – С. 44–51.
2. Duozhuoga M., Xiaojie M., Fangfang F., Fuliang C. Research status and development prospects of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Resources in China // Forests. – 2023. – № 14. – P. 2-18.
3. Xuetao Z., Mengqing L., Lichun Z., Zhihua G., Xinyu L., Zheyu C., Mengxu Z., Qian Z., Xuhai Y. Sea Buckthorn pretreatment, drying, and processing of high-quality products: current status and trends // Foods. – 2023. – № 12. – P. 2-24.
4. Florentina M. U., Doina G. A., Ioana O. G., Vasilica B., Elena I., Mihaela C., Loredana D., Elisabeta B., Gabriela R., Nicoleta S. Valorizations of carotenoids from sea buckthorn extract by microencapsulation and formulation of value-added food products // Journal of Food Engineering. – 2018. – № 219. – P. 16-24.
5. Костина Н. Г., Подлегаева Т. В., Сергеева И. Ю. Экстракция растительных пигментов из местного сырья // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – №4. – С. 522–530.
6. Попова А. С., Ивахнов А. Д., Скребец Т. Э., Боголицын К. Г. Сверхкритическая флюидная экстракция хлорофиллов и каротиноидов Багульника болотного (*Ledum palustre*) // Химия растительного сырья. – 2018. – № 1. – С. 61–66.
7. Панасюк А. Л., Кузьмина Е. И., Егорова О. С. Производство и применение натуральных антоциановых пищевых красителей (обзор) // Пищевая промышленность. – 2021. – № 10. – С. 13–19.
8. Адади П., Филиппова Д. С., Баракова Н. В. Влияние ферментных препаратов на извлечение пигментов из растительного сырья // Вестник МАХ. – 2019. – №1. – С. 64–68.

PROSPECTS FOR USING SEA BUCKTHORN AS A SOURCE OF PIGMENTS

¹Iakubenko Danil Aleksandrovich, graduate student of the Department of Food Biotechnology

²Dyshlyuk Lyubov Sergeevna, Doctor of Engineering. Sciences, Associate Professor,
Leading Researcher of the Department of Research and Development Works

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ²lyubov.dyshlyuk@klgtu.ru

*The process of extraction of pigments from the fruits of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) using ethyl alcohol and diethyl ether was studied. The influence of alcohol concentration on the efficiency of extraction of colorants was studied. The maximum efficiency of pigment extraction was obtained using 70% ethyl alcohol and diethyl ether. The data confirms the promise of sea buckthorn as a source of natural food coloring, opening up opportunities for further development.*