

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

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

**СОДЕРЖАНИЕ  
CONTENS**

<i>Агафонова С.В., Казимирченко О.В., Ульрих Е.В., Дышлюк Л.С.</i> Выделение микроорганизмов из лигноцеллюлозного сырья и их идентификация .....	3
<i>Андреева Е.В., Мезенова О.Я.</i> Высокобелковый соус с ароматом копчености: технология, качество, применение .....	10
<i>Борисова А.В., Шабанова П.В.</i> Использование шелухи чеснока в активной упаковке пищевых продуктов.....	14
<i>Бредихина О.В., Гриневич А.И., Поротикова Е.Ю., Дяченко М.М.</i> Актуализация технологических инструкций по производству соленой пищевой рыбной продукции .....	19
<i>Гендриксон О.Д., Зверева Е.А., Бызова Н.А., Жердев А.В., Дзантиев Б.Б.</i> Применение нанозимов для повышения чувствительности иммунохроматографического контроля пищевой продукции ...	25
<i>Горбачева А.В., Мезенова О.Я.</i> Исследование по применению пептидных композиций и изомальтоолигосахарида в спортивном питании .....	34
<i>Дамбарович Л.В.</i> Жир из вторичного рыбного сырья в аспекте получения биотоплива .....	38
<i>Дикалова Е.С., Колесниченко М.Н., Каменская Е.П., Кожемякин Д.С.</i> Особенности оптимизации процесса ферментативного гидролиза пивной дробины .....	43
<i>Ключко Н.Ю., Позднякова Д.А., Ковалева Е.Д.</i> О возможности разработки хлебобулочной продукции специализированного назначения .....	48
<i>Кучина Ю.А., Коновалова И.Н., Новиков В.Ю., Долгопятова Н.В., Кесарев К.А.</i> Надмолекулярная структура хондроитина сульфата, выделенного из морских гидробионтов.....	54
<i>Лютлова Е.В., Корниенко А.А.</i> Маркетинговые исследования по изучению спроса на сдобное печенье .....	61
<i>Мащенко З.Е., Русских Я.М.</i> Влияние антибиотиков различной химической структуры на синтез внеклеточного белка микроорганизмами активного ила.....	66
<i>Мезенова О.Я., Кукаев А.В., Максимова С.Н., Агафонова С.В., Романенко Н.Ю., Волков В.В., Калинина Н.С., Мерзель Й-Т.</i> Исследование биопотенциала и эффективности кормового применения продуктов гидролиза отходов от разделки камчатского краба .....	71
<i>Мезенова О.Я., Агафонова С.В., Романенко Н.Ю., Калинина Н.С., Волков В.В., Федоров Д.С., Федорова О.С., Анишуква А.А., Ячников Д.В.</i> Моделирование и оптимизация процесса экстрагирования рыбного жира из жиросодержащих рыбных отходов .....	76
<i>Мезенова О.Я., Карлов В.А., Гольбрайх А.А.</i> Исследования по применению ферментализации при комплексной переработке некондиционных фруктов и овощей .....	82
<i>Савлукова Ю.О., Тихонов С.Л., Ковалева Е.Г.</i> Продуцирование экзополисахаридов заквасочными культурами йогурта в среде, обогащенной йодом и селеном .....	88
<i>Самбурская Н.В., Мезенова О.Я.</i> Использование потенциала красных морских водорослей Балтийского моря при совершенствовании технологии горячего копчения рыбы .....	91
<i>Сушина А.Д., Мезенова О.Я.</i> Сравнительное исследование качества рыбы бездымного горячего копчения в процессе хранения .....	97
<i>Текутьева Л.А., Лях В.А., Сон О.М., Подволоцкая А.Б., Цыганков В.Ю., Еришова Т.А., Грищенко Р.А., Бобченко В.И.</i> Новые подходы в подготовке специалистов в области биотехнологии в рамках УГСН 19.00.00 Промышленная экология и биотехнологии.....	104

<i>Умарова М.М., Землякова Е.С.</i> Исследования по технологии производства колбасы из мяса говядины с добавлением пищевых волокон .....	110
<i>Халтурина А.А., Землякова Е.С.</i> Исследование технологии порошкообразных продуктов питания обогащенных гликозаминогликанами вторичного рыбного сырья.....	119

## ВЫДЕЛЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ ИЗ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ И ИХ ИДЕНТИФИКАЦИЯ

<sup>1</sup>Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

<sup>2</sup>Казимирченко Оксана Владимировна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

<sup>3</sup>Ульрих Елена Викторовна, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры производства и экспертизы качества сельскохозяйственной продукции

<sup>4</sup>Дышлюк Любовь Сергеевна, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пищевой биотехнологии

<sup>1,2,3,4</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: <sup>4</sup>lyubov.dyshlyuk@klgtu.ru

*Из высушенного шрота технической конопли (*Cannabis sativa*) получены 4 бактериальных изолята и 1 изолят плесневых грибов, проведена их идентификация. По совокупности культуральных, морфологических, тинкториальных и физиолого-биохимических признаков бактериальные изоляты идентифицированы как бактерии видов *Bacillus licheniformis*, *Bacillus brevis*, *Bacillus coagulans*, *Micrococcus luteus*. Культуральные и морфологические признаки изолята плесневых грибов позволили идентифицировать вид *Penicillium glaucum*. Полученные результаты согласуются с литературными данными.*

### Введение

Лигноцеллюлозная биомасса представляет собой природное сырье, состоящее преимущественно из углеводов (целлюлоза и гемицеллюлоза) и ароматических (лигнин) биополимеров, которые имеют сложную структуру. Лигноцеллюлозная биомасса является побочным продуктом многих производств, связанных с переработкой растительного сырья – лесной промышленности, сельского хозяйства, агропромышленного комплекса. Примером лигноцеллюлозных отходов являются опилки, солома, стебли, черешки, листья, скорлупки и оболочка от зерновых и бобовых культур, кожура и выжимки фруктов и овощей, шроты масличных культур [1].

Лигноцеллюлозная биомасса состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина – полимеров, которые тесно связаны друг с другом и образуют клеточный комплекс растительной биомассы. На рисунке 1 представлено строение лигноцеллюлозы.

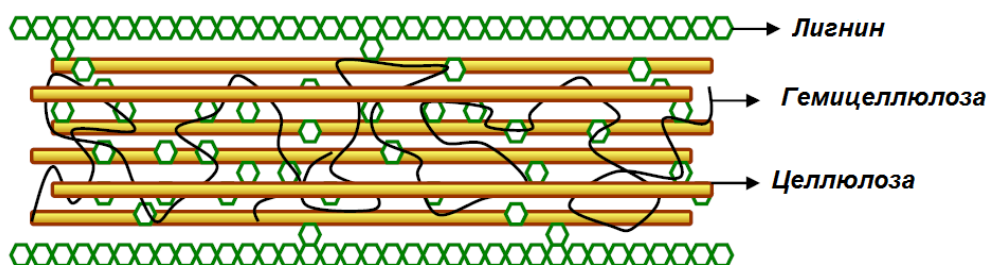


Рис. 1. Структура лигноцеллюлозной биомассы [1]

Из рисунка 1 видно, что целлюлоза образует своего рода каркас, который окружен гемицеллюлозой и лигнином. Целлюлоза обычно является доминирующим структурным полисахаридом клеточных стенок растений, на ее долю приходится 35-50 %, за ней следуют гемицеллюлоза (20-35 %) и лигнин (10-25 %).

Сложная структура лигноцеллюлозной биомассы обуславливает ее чрезвычайную устойчивость к биодеградации. При этом потенциал промышленного использования растительной биомассы высок – на сегодняшний день она представляет собой крупнейший возобновляемый источник органического углерода на земле [1, 2]. Основной путь переработки лигноцеллюлозного сырья – биоконверсия полимерных молекул целлюлозы и гемицеллюлозы до олиго- и моносахаридных остатков. Многие бактерии, микроскопические грибы, актиномицеты способны к биоконверсии лигноцеллюлозного сырья. Так, гидролиз основного компонента гемицеллюлоз – ксилана – осуществляется ферментами ксиланазами, к продукции которых способны бактерии *Arthrobacter*, *Geobacillus*, *Pediococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Dictyoglomus*, *Paenibacillus*, *Rhodothermus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Thermoactinomyces*, *Thermotoga* и микроскопические грибы *Talaromyces*, *Thermomyces*, *Thermoascus*, *Melanocarpus*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Humicola*, *Paecylomyces*, *Scytalidium*, *Thielavia*, *Corynascus*, *Myceliophthora*, *Sporotrichum*, *Rhizomucor*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium*. Основным условием синтеза микроорганизмами таких ферментных систем является высокая концентрация субстрата (ксилана) в естественной среде их обитания. Таким образом, различные отходы переработки растительного сырья являются подходящим сырьем для выделения гидролизующих ксилан микроорганизмов [3, 4, 5, 6].

Представителем промышленно образующихся лигноцеллюлозных отходов является шрот технической конопли. Техническая конопля – растение вида *Cannabis sativa* (конопля посевная) с невысоким содержанием дельта-9-тетрагидроканнабинола (менее 0,3-0,2 %), используемая как многоцелевая сельскохозяйственная культура. Ограничение на выращивание конопли с целью незаконного использования для производства наркотических веществ привело к заметному ослаблению ее промышленного значения, однако в последнее время с появлением новых сортов конопли в мире и в России отмечается рост интереса к возделыванию этой культуры. В 2021 г посевные площади технической конопли в России оценивались в 13,3 тыс. га с прогнозируемым ростом к 2025 г до 20 тыс. га. Одно из направлений применения технической конопли – получение конопляного масла. При этом после отжима масла образуются отходы – конопляный шрот, который представляет собой обезжиренную массу конопляных семян с невысоким остаточным содержанием масла [7, 8, 9]. Как и любое другое лигноцеллюлозное сырье, шрот технической конопли может являться источником микроорганизмов, содержащих ферментные системы, направленные на деструкцию лигноцеллюлозы.

Видовой состав микроорганизмов растения *Cannabis sativa* отличается в зависимости от географического положения региона возделывания растения, а также в зависимости от рассматриваемых органов и тканей растения [10]. Так, исследователями сообщалось о преимущественном присутствии микроскопических грибов родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Phoma*, *Rhizopus*, *Colletotrichum*, *Clados*, *Curvularia* в тканях листьев индийской конопли [11]. В листьях канадской конопли в изобилии обнаружены *Cochliobolus* и *Aureobasidium*, из семян выделены *Aureobasidium* и *Cladosporium* [12]. Наиболее распространенными бактериальными штаммами, выделенными из листьев технической конопли, являются *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* и *Bacillus megaterium* [12,13]. Из семян выделены штаммы *Pantoea*, *Staphylococcus*, *Bacillus* и *Enterobacter* [12].

Таким образом, микрофлора продуктов переработки конопли может включать штаммы, синтезирующие ксиланазы. В связи с этим целью настоящего исследования явилось выделение и идентификация микроорганизмов из шрота технической конопли.

### **Объекты и методы исследования**

Объектами исследования явились высушенный шрот конопли технической – отход производства конопляного масла, и изолированные из него микроорганизмы.

В микробиологическом исследовании использовали метод 10-кратных разведений в стерильном физиологическом растворе, исходная навеска конопляного шрота составила 10 г. Для изучения бактериофлоры высев суспензии из соответствующих разведений пробы в объеме 1 мл осуществляли в стерильные чашки Петри с последующей их заливкой расплавленным рыбопептонным агаром. Определение микрофлоры вели по агару Сабуро с предварительным высевом сус-

пензии из соответствующих разведений пробы в стерильные чашки Петри и последующей их заливкой питательной средой.

Идентификацию бактерий осуществляли по совокупности культуральных, морфологических, тинкториальных и физиолого-биохимических признаков.

При описании культуральных признаков бактерий на рыбопептонном агаре отмечали форму колоний, поверхность, оптические свойства, цвет, профиль, край.

Морфологические (форма клеток, их взаимное расположение, наличие споры) и тинкториальные (тип клеточной стенки) признаки бактерий изучали при микроскопии препаратов, окрашенных по методу Грама. Окрашенные мазки микроскопировали с использованием иммерсионного объектива микроскопа ( $\times 100$ ).

Физиологические признаки бактерий (тип дыхания, подвижность) устанавливали по росту культур в полужидком агаре, биохимическую активность – по росту на дифференциально-диагностических питательных средах.

Каталазную активность бактерий изучали экспресс-методом с внесением культуры бактерий в 3 %-ный раствор перекиси водорода. Углеводную активность бактерий определяли на средах Гисса с глюкозой, арабинозой, ксилозой, лактозой, маннитом, среде Хью-Лейфсона. Для определения способности бактерий дезаминировать фенилаланин использовали скошенный агар с добавлением фенилаланина. Бактерии, обладающие ферментом фенилаланиндезаминазой, меняли цвет культуры на зеленый после внесения 10 %-ного раствора хлорида железа по скошенной части питательной среды.

Для определения способности бактерий образовывать ацетилметилкарбинол (тест Фогеса–Проскауэра) использовали среду Кларка, после термостатирования посевов в среду с культурой добавляли 1 мл 16 %-ного раствора едкого калия и 0,5 мл 6 %-ного спиртового раствора  $\alpha$ -нафтола. Появление вишневого цвета кольца в верхней части среды указывало на положительную реакцию.

Образование индола учитывали по розовому окрашиванию фильтровальной бумаги, пропитанной 12 %-ным раствором щавелевой кислоты. Фильтровальную бумагу подвешивали под пробку пробирки с рыбопептонным бульоном и внесенной культурой бактерий.

Денитрифицирующую способность бактерий определяли по питательному бульону с нитратом калия. После термостатирования посевов проводили качественную реакцию: в питательную среду добавляли 0,5 мл 10 %-ной серной кислоты и смешанный раствор крахмала с йодистым калием. Коричнево-черная окраска среды свидетельствовала о наличии у бактерий фермента нитрат-редуктазы.

Утилизацию бактериями цитрата натрия как единственного источника углерода устанавливали по цитратному агару. Цитратположительные бактерии окрашивались в синий цвет. Протеолитическую активность бактерий изучали на рыбо-пептонном желатине. После термостатирования пробирки с посевами на 20 минут помещали в холодильник на температуру  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , после учитывали степень разжижения желатина.

Для определения способности бактерий расти при температуре  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  культуры высевали на скошенный рыбопептонный агар. Рост бактерий в солевом бульоне с добавлением 7,5 % хлорида натрия учитывали по наличию пленки на поверхности среды, помутнению среды и образованию осадка.

Идентификацию выделенных бактерий проводили по определителям [14, 15, 16]. Определение плесневых грибов проводили по культуральным и морфологическим признакам. При изучении культуральных признаков учитывали характер мицелия, его цвет, при изучении морфологических признаков – характер гиф мицелия (наличие или отсутствие септ), спороношение. Идентификацию плесневых грибов вели по определителям [17, 18].

## **Результаты исследования**

Из шрота технической конопли были получены 4 бактериальных изолята и 1 изолят микроскопических грибов.

В таблице 1 представлены культуральные, морфологические и тинкториальные признаки бактериальных изолятов.

**Культуральные, морфологические и тинкториальные признаки бактериальных изолятов, полученных из шрота технической конопли**

Изолят	Культуральные признаки на рыбопептонном агаре	Культуральные признаки на скошенном рыбопептонном агаре	Тинкториальные и морфологические признаки
Изолят 1	Колония круглой формы (диаметром 3 мм) с волнистыми краями, шероховатой сухой поверхностью, бело-серого цвета	Сплошной рост культуры по всему скосу среды в виде пленки, прозрачный, бело-серого цвета	Грам (+) короткие палочки, монобактерии, спора центральная
Изолят 2	Колония круглой формы (диаметром 19 мм) с волнистыми краями, грязно-белого цвета, с шероховатой поверхностью	Рост отдельными колониями бело-серого цвета с шероховатой поверхностью	Грам (+) короткие палочки с закругленными концами, моно- и диплобактерии, спора центральная
Изолят 3	Колония овальной формы (диаметром 11 мм) с волнистыми краями, серо-белого цвета, с блестящей поверхностью	Сплошной рост культуры по всему скосу среды, не прозрачный, слизистый, серо-белого цвета	Грам (+) палочки, моно- и диплобактерии, спора центральная или субтерминальная
Изолят 4	Колония круглой формы (диаметром 3 мм) с волнистыми краями, выпуклым центром, шероховатой поверхностью, бледно-желтого цвета	Сплошной рост культуры по всему скосу среды, не прозрачный, слизистый, светло-желтого цвета	Грам (+) кокки, микрококки или в группах по 6 клеток

Как видно из таблицы 1, бактериальные изоляты конопляного шрота представлены грамположительными палочками (изоляты 1, 2, 3) и кокками (изолят 4). В изолятах всех палочковидных бактерий встречаются монобактерии, в изолятах 2 и 3 – диплобактерии. Все палочковидные бактерии являются спорообразующими. При росте на рыбопептонном агаре палочковидные бактерии образуют колонии с волнистыми краями, круглой (изоляты 1 и 2) и овальной (изолят 3) формы. Колонии изолятов 1 и 3 имеют светло-серый цвет, шероховатую и блестящую поверхность, соответственно. Колонии изолята 2 – грязно-белые, с шероховатой поверхностью.

Кокки изолята 4 при росте на рыбопептонном агаре формируют колонии круглой формы с волнистыми краями, бледно-желтого цвета, с шероховатой поверхностью.

Дальнейшие исследования были направлены на идентификацию бактерий полученных изолятов в зависимости от их подвижности, типа дыхания и ферментативной активности (таблица 2).

**Подвижность, тип дыхания и ферментативная активность микробных изолятов, выделенных из шрота технической конопли**

Изолят	Подвижность	Тип дыхания	Наличие фермента каталазы	Протеолитическая активность		
				Разжижение желатина	Образование индола	Образование сероводорода
Изолят 1	+	факультативные анаэробы	+	+	-	-
Изолят 2	+	факультативные анаэробы	-	+	+	-
Изолят 3	+	факультативные анаэробы	-	-	-	-
Изолят 4	-	факультативные анаэробы	+	-	-	-

Установлено, что все выделенные из растительного субстрата бактерии являются факультативными анаэробами, при этом подвижностью обладают палочковидные бактерии изолятов 1, 2 и 3. Бактериальные изоляты 1 и 4 обладают каталазной активностью. Анализ протеолитической активности позволил выявить способность к разжижению желатина у изолятов 1 и 2, способность к

образованию индола – только у изолята 2. Ни один из полученных изолятов не оказался способным к образованию сероводорода.

Следующим этапом идентификации бактерий явился анализ их углеводной активности и активности по манниту (таблица 3).

Таблица 3

**Активность по углеводам и манниту бактериальных изолятов, выделенных из шрота технической конопли**

Изолят	Глюкоза	Способность к образованию ацетилметилкарбинола	Арабиноза	Ксилоза	Маннит
Изолят 1	+	+	-	-	+
Изолят 2	-	+	-	-	-
Изолят 3	+	-	-	-	-
Изолят 4	-	-	-	+	-

Данные, представленные в таблице 3, показывают, что изолят 1 сбраживает глюкозу и маннит, изолят 3 – только глюкозу, изолят 4 – только ксилозу. Изолят 2 не сбраживает ни один из представленных сахаров, однако способен к образованию ацетилметилкарбинола, как и изолят 1. Ни один из бактериальных изолятов не метаболизирует арабинозу.

В таблице 4 представлены результаты исследования изолятов по их денитрифицирующей активности, использованию фенилаланина, цитрата натрия и способности к росту в солевом бульоне.

Таблица 4

**Денитрифицирующая активность бактериальных изолятов, использование ими фенилаланина и цитрата натрия, способность к росту в солевом бульоне**

Изолят	Нитрат-редуктаза	Фенилаланин-дезаминаза	Использование цитрата натрия	Характер роста в солевом бульоне		
				пленка	помутнение среды	осадок
Изолят 1	-	-	+	-	+	-
Изолят 2	+	-	-	-	+	-
Изолят 3	+	-	-	-	-	-
Изолят 4	-	-	-	-	-	-

Как видно из таблицы 4, денитрифицирующей способностью обладают изоляты 2 и 3. Изолят 2 также способен использовать цитрат натрия в качестве единственного источника углерода. Ни один из бактериальных изолятов не дезаминирует фенилаланин. Изоляты 1 и 2 проявили способность к росту в солевом бульоне, характерным признаком которого являлось помутнение среды.

На основании совокупности культуральных, морфологических, тинкториальных и физиолого-биохимических признаков изолятов бактерий, выделенных из шрота технической конопли, были идентифицированы бактерии родов *Bacillus* и *Micrococcus* (таблица 5).

Таблица 5

**Идентифицированные виды бактерий, выделенные из шрота технической конопли**

Изолят	Семейство	Род	Вид
Изолят 1	<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus licheniformis</i>
Изолят 2	<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus brevis</i>
Изолят 3	<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus coagulans</i>
Изолят 4	<i>Micrococcaceae</i>	<i>Micrococcus</i>	<i>Micrococcus luteus</i>

Культуральные и морфологические признаки изолята микроскопических грибов из шрота технической конопли представлены в таблице 6.

### Культуральные и морфологические признаки плесневых грибов

Культуральные признаки колоний на агаре Сабуро	Морфологические признаки (прямая микроскопия колоний, увеличение объектива ×10)
Мицелий бархатистый, серо-зеленого цвета, края колонии белого цвета, нижняя часть колонии желтого цвета	Гифы септированные, конидии круглой формы, располагаются цепочками в виде кисточек на конидиеносцах

Культуральные и морфологические признаки изолята плесневых грибов, представленные в таблице 6, позволили идентифицировать вид микроскопического гриба *Penicillium glaucum*.

#### Заключение

Из высушенного шрота технической конопли выделены 4 бактериальных изолята, представленных видами *Bacillus licheniformis*, *Bacillus brevis*, *Bacillus coagulans*, *Micrococcus luteus* и изолят плесневого гриба вида *Penicillium glaucum*. В литературных источниках также сообщалось о выделении бактерий рода *Bacillus*, в том числе вида *Bacillus licheniformis*, и микроскопических грибов рода *Penicillium* из растений *Cannabis sativa* – технической конопли [8, 9, 10].

Изолированные микроорганизмы могут являться потенциальными продуцентами ферментных систем, направленных на деструкцию ксилана лигноцеллюлозной биомассы. Дальнейшим направлением исследования будет являться установление ксиланолитической активности выделенных штаммов.

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

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mussatto S. I., Teixeira J. A. Lignocellulose as raw material in fermentation processes. In: Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology (A. Méndez-Vilas). 2010, pp. 897-907, Formatex.
2. Brandon A. G., Scheller H. V. Engineering of Bioenergy Crops: Dominant Genetic Approaches to Improve Polysaccharide Properties and Composition in Biomass. *Frontiers in Plant Science*. 2020. 11: 282.
3. Masngut N., Manap S., Che Man R., Shaarani S. Bacteria Isolation from Landfill for Production of Industrial Enzymes for Waste Degradation, *Indian Journal of Science and Technology*. 2017. 10(7): 1-5.
4. Dhaver P., Pletschke B., Sithole B., Govinden R. Isolation, screening, preliminary optimization and characterization of thermostable xylanase production under submerged fermentation by fungi in Durban, South Africa. 2020. *Mycology*. 13(4): 271-292.
5. Chavez R., Bull P., Eyzaguirre J. The xylanolytic enzyme system from the genus *Penicillium*. *Journal of Biotechnology*. 2006. 123: 413–433.
6. Bhardwaj N., Kumar B., Verma P.A. Detailed overview of xylanases: an emerging biomolecule for current and future prospective. 2019. *Bioresour. Bioprocess*, 6(40).
7. Денисенко К. С., Дускаев Г. К., Аринжанова М. С. Использование продуктов переработки технической конопли в кормлении животных и птиц. *Животноводство и кормопроизводство*. 2022. 105, 3: 95-114.
8. Лиходеевский А. В. К вопросу о возрождении незаслуженно забытых технологиях: техническая конопля. *Теория и практика мировой науки*. 2021. 3: 29-38.
9. Zhao J., Griffin J., Roozeboom K., Lee J., Wang D. Lignin, sugar, and furan production of industrial hemp biomass via an integrated process. *Industrial Crops and Products*. 2021. 172: 114049.
10. Taghinasab M., Jabaji S. Cannabis Microbiome and the Role of Endophytes in Modulating the Production of Secondary Metabolites: An Overview. *Microorganisms*. 2020. 8(3): 355.
11. Gautam A. K., Kant, M.; Thakur, Y. Isolation of endophytic fungi from *Cannabis sativa* and study their antifungal potential. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.* 2013. 46: 627-635.



12. Scott M., Rani M., Samsatly J., Charron J.-B., Jabaji S. Endophytes of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars: identification of culturable bacteria and fungi in leaves, petioles, and seeds. *Canadian Journal of Microbiology*. 2018. 64(10): 664-680.
13. Kusari P., Kusari S., Lamshöft M., Sezgin S., Spiteller M., Kayser O. Quorum quenching is an antivirulence strategy employed by endophytic bacteria. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2014. 98: 7173-7183.
14. Определитель бактерий Берджи. В 2 т.: Пер. с англ./ Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита. – М.: Мир, 1997.
15. Dworkin M., Falkow S. The Prokaryotes. A handbook on the Biology of Bacteria, third Edition. 2006. Springer.
16. Пивоваров Ю. П., Королик В. В. Санитарно-значимые микроорганизмы (таксономическая характеристика и дифференциация). – М.: Изд-во ИКАР, 2000. – 268 с.
17. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. – М.: Мир, 2001. – 467 с.
18. Кузьмина С. А. Учебный определитель по Джилльмену. – Калининград: КГТУ, 1985. – 20 с.

## **ISOLATION OF MICROORGANISMS FROM LIGNOCELLULOSE RAW MATERIALS AND THEIR IDENTIFICATION**

<sup>1</sup>Agafonova Svetlana Viktorovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology

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

<sup>3</sup>Ulrikh Elena Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, Associate professor, Professor of the Department of Production and Quality Expertise of Agricultural Products

<sup>4</sup>Dyshlyuk Lyubov Sergeevna, Doctor of Technical Sciences, Associate professor, Professor of the Department of Food Biotechnology

<sup>1,2,3,4</sup>Kaliningrad State Technical University,  
Kaliningrad, Russia, e-mail: <sup>4</sup>lyubov.dyshlyuk@klgtu.ru

*4 bacterial isolate and 1 isolate of mold fungi were obtained from the dried meal of hemp (*Cannabis sativa*) and their identification was carried out. Bacterial isolates were identified as bacteria of the species *Bacillus licheniformis*, *Bacillus brevis*, *Bacillus coagulans*, *Micrococcus luteus* based on a set of cultural, morphological, tinctorial and physiological-biochemical signs. The cultural and morphological features of the mold fungus isolate made it possible to identify the species *Penicillium glaucum*. The results obtained are consistent with the literature data.*

## ВЫСОКОБЕЛКОВЫЙ СОУС С АРОМАТОМ КОПЧЕНОСТИ: ТЕХНОЛОГИЯ, КАЧЕСТВО, ПРИМЕНЕНИЕ

<sup>1</sup>Андреева Е.В., студент направления «Биотехнология»

<sup>2</sup>Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: andreeva.lizonka@gmail.com; mezenova@klgtu.ru

*Рассматриваются технология и качество высокобелкового соуса на основе шпротной биодобавки из голов копченой кильки и облепихового масла. Исследован химический состав соуса и обоснована его функциональность. Методом математического моделирования установлены оптимальные значения основных ингредиентов в рецептуре высокобелкового соуса. Приведена оценка качества готового белкового продукта и оценены возможности его применения.*

**Актуальность** темы обусловлена растущей потребностью у населения полноценного белка в питании. Соусная промышленность активно развивается, на рынке расширяется ассортимент соусов. Поликомпонентные соусы служат добавкой к пище, при этом имеется возможность восполнить дефицит нутриентов в организме человека. Для укрепления опорно-двигательного аппарата и профилактики его заболеваний необходим коллаген. По химическому составу и строению наиболее близким к человеческому коллагену является морской коллаген, находящийся в рыбе. Шпротная биодобавка, полученная высокотемпературной обработкой при 130-140°C в течение 1 часа, представляет собой смесь пептидов с молекулярной массой (ММ) 10-100 кДа. Пептиды с такой ММ обладают способностью восстанавливать коллагеновые ткани опорно-двигательного аппарата, выполнять функцию антиоксидантов и иммуномодуляторов. Фенольные компоненты шпротного гидролизата, находящиеся в добавке за счет копчения исходного голов кильки, повышают хранимоспособность продуктов за счет антиоксидантных и антисептических свойств [1].

Целью настоящей работы является создание высокобелковой соусной продукции, обогащенной биокомпонентами шпротной биодобавкой и облепиховым маслом.

Исследования проводили на кафедре пищевой биотехнологии КГТУ и в исследовательской лаборатории UBF в Альтлансберге, Германия, в ходе которых занимались оптимизацией технологии и оценкой качества готового продукта. Моделирование и оптимизацию технологического процесса осуществляли методом планирования эксперимента с применением ортогонального центрального композиционного плана (ОЦКП) второго порядка для двух факторов. Оценку качества определяли органолептически по специально разработанной шкале. Функциональность и химический состав оценивали химико-аналитическими методами. Содержание белка и исследование аминокислотного состава проведено с помощью методов Къельдаля и ионно-обменной хроматографии. Количественное содержание бета-каротина оценено калориметрическим методом на спектрофотометре. Содержание витамина Е определено расчетным путем.

В качестве основного сырья использовали шпротную биодобавку из голов копченной кильки, изготовленную на базе КГТУ в Центре передовых технологий использования белков (ТУ 10.89.19.150-002-00471544-2020 «Добавка пищевая протеино-пептидная шпротная» (проект)). Компонентами соуса также являлись: молоко 10% жирности коровье, сливочное масло 72,5% жирности, мука ржаная, концентрат облепихового масла, поваренная соль.

Установление оптимальных рецептов изготовления высокобелкового соуса осуществляли с использованием математического планирования эксперимента [2]. 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 (Wгидр) и дозировку облепихового масла в г к 100 г соуса (Wобл). Значения изменяемых факторов, их интервалы и пределы варьирования представлены в таблице 1.

Значения изменяемых факторов, их интервалы и пределы варьирования

Факторы	Уровни			Интервал варьирования, ΔX
	-1	0	+1	
Дозировка протеиновой биодобавки из вторичного шпротного сырья $W_{\text{гидр}} (X_1)$ , г к 100 г соуса	18	20	22	2,0
Дозировка облепихового масла $W_{\text{обл}} (X_2)$ , г к 100 г соуса	5	10	15	5,0

Параметром оптимизации был выбран безразмерный обобщённый показатель «Y», в состав которого вошли частные отклики: органолептическая оценка и массовая доля белка, представленные в виде «идеальных» числовых значений 20 баллов и 25% соответственно.

Уравнение с кодированными значениями уровней факторов приведено в формуле (1).

$$y = 0,067 + 0,01x_1 - 0,007x_2 + 0,012x_1x_2 + 0,005x_1^2 + 0,002x_2^2 \quad (1)$$

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, на обобщенный параметр оптимизации. Это объясняется тем, что на вкус влияет больше протеиновой биодобавки из вторичного шпротного сырья, он же и является основным источником белка в соусе.

Проводим переход кодированной модели к модели в натуральном виде, после чего получаем результаты, представленные в формуле 2.

$$y = 0,00125\omega_{\text{гидр}}^2 + 0,00008\omega_{\text{обл}}^2 + 0,0012\omega_{\text{гидр}}\omega_{\text{обл}} - 0,057\omega_{\text{гидр}} - 0,027\omega_{\text{обл}} + 0,725 \quad (2)$$

Далее математически преобразовывали полученное уравнение в натуральный вид, а также с помощью дифференцирования и решения системы уравнения находили оптимальные значения факторов: дозировка протеиновой биодобавки из вторичного шпротного сырья ( $\omega_{\text{гидр}}$ ) составляет – 20,4 г на 100 г соуса; дозировка облепихового масла ( $\omega_{\text{обл}}$ ) – 11,2 г к 100 г соуса.

На основе полученных зависимостей была построена геометрическая модель рецептуры высокобелкового соуса (рисунок 1).

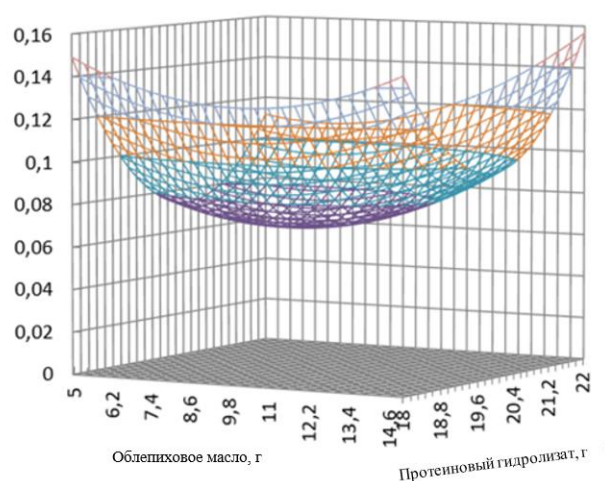


Рисунок 1 – Геометрическая модель оптимизации рецептур высокобелкового соуса облепихового

Технология изготовления высокобелкового соуса включает в себя такие операции, как прием сырья по качеству и по массе, нагревание, пассерование, периодическое смесеобразование, гомогенизация, фасование, стерилизацию.

Смешивают первоначально взвешенное сливочное масло с отмеренным количеством сливок 10% жирности и нагревают до 110-120°C при постоянном перемешивании во избежание пригорания смеси. Доведение до температуры 110-120°C необходимо для дальнейшего пассерования муки, при более низкой температуре смесь будет неоднородной с мучными комками.

Пассерование муки проводят в целях разрушения крахмала, изменения цвета и вкуса соуса. Ржаную муку растворяют в кипящей смеси при температуре 110-120°C, доводя до однородности. Процесс идет при постоянном перемешивании во избежание слипания частиц муки и образования комков.

После этапа пассерования в горячую однородную смесь вводят протеиновую биодобавку из вторичного шпротного сырья в облепиховый соус 20,4% от массы соуса. Смесь перемешивают до исчезновения комков, образовавшихся при введении биодобавки. После достижения однородности в смесь вводят облепиховое масло 11,2% от массы соуса. Последовательно вводится сушеный базилик 0,5% и пищевая соль 0,5%. Гомогенизацию проводят на промышленном гомогенизаторе до разрушения всех слипшихся частиц шпротной добавки и муки в течение 10 минут. На данном этапе производства контролируются органолептические характеристики готовой продукции: цвет, вкус и запах.

В процессе остывания при падении температуры смесь должна начать загущение благодаря правильно пассерованной муке. Температура в гомогенизаторе падает со 100°C до 40°C в течение 20 минут, после чего остывшую смесь отправляют на фасование.

Расфасованный в стеклянную тару соус подвергается мойке. Для удаления с поверхности металлических банок следов жира, масла, других заливок и загрязнений консервы подвергают мойке горячей водой или раствором моющих средств.

Ключевым этапом в технологии является стерилизация. Стерилизация проводится в автоклаве для консервирования. Режим стерилизации выбран согласно размеру банок СКО 58-1 объемом 150 мл и типу продукции. Нагревание идет 20 минут при 100°C, продолжительность охлаждения 20 минут, противодавление 100кПа, давление 20кПа.

Готовый продукт хранится в чистых помещениях при температуре  $4 \pm 2$  °C и относительной влажности воздуха не более 75%.

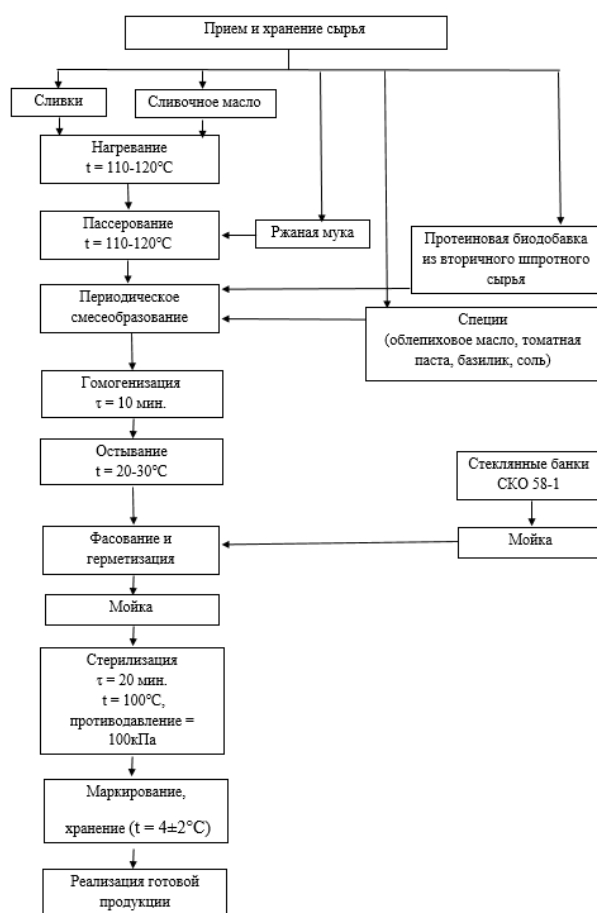


Рисунок 2- Технологическая схема производства высокобелкового соуса с шпротной биодобавкой

В готовой продукции был оценен химический состав. По методу Кьельдаля определено содержание белка - 14,6 г в 100 г соуса, из них 13,5 г являются низкомолекулярными пептидами с молекулярной массой от 10 до 100 кДа. Пептиды с такой ММ обладают повышенной усвояемостью, регенерирующей способностью восстанавливать коллагеновые ткани опорно-двигательного аппарата. [3]

Расчетным методом определено содержание витамина Е – 19,5 мг в 100 г соуса, что составляет 39% от суточной нормы потребления витамина Е, при потреблении в сутки 30 г соуса [4].

Калориметрическим методом определено содержание бета-каротина – 28,4 мг на 100 г соуса, что составляет 170,4 % от суточной нормы потребления бета-каротина при потреблении в сутки 30 г соуса [4].

Приведенные исследования свидетельствуют о функциональности высокобелкового соуса по содержанию витамина Е, бета-каротина. Соус обладает высоким содержанием белка, обогащен низкомолекулярными пептидами массой до 10 кДа, обладающими ценными физиологическими свойствами.

На технологию и качество высокобелкового соуса разработаны проекты технических документы (ТИ и ТУ), регламентирующие процесс изготовления, качество и безопасность продукции: ТУ и ТИ 10.20.25.119-004-00471544-2023 «Высокобелковый соус «SMART PASTA».

Полученный соус рекомендуется к употреблению широким слоям населения в качестве обогатителя вкуса и источника высоко усвояемого белка.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.

2. Мезенова, О. Я. Математическое моделирование в пищевой биотехнологии / О. Я. Мезенова – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021 – 131 с.

3. Мезенова, О. Я., Андреева, Е. В. Соусная продукция с использованием пептидов шпротного сырья и облепихового масла / О. Я. Мезенова, Е. В. Андреева // LifeSciencePolytech. – 2023. – С. 17.

4. МР 2.3.1.1915-04 рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ

## HIGH-PROTEIN SAUCE WITH SMOKED FLAVOR: TECHNOLOGY, QUALITY, APPLICATION

<sup>1</sup>Andreeva E.V., student of the direction "Biotechnology"

<sup>2</sup>Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, professor

<sup>1,2</sup>Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,  
e-mail: andreeva.lizonka@gmail.com; mezenova@klgtu.ru

*The biopotential of a high-protein sauce based on a sprat supplement from smoked sprat heads is discussed. The chemical composition of the sauce is investigated and its functionality is justified. The optimal values of the main ingredients in the recipe of high-protein sauce have been determined by mathematical modeling. An assessment of the quality of the finished protein product is given and the possibilities of its application are evaluated.*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЕЛУХИ ЧЕСНОКА В АКТИВНОЙ УПАКОВКЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

<sup>1</sup>Борисова Анна Викторовна, канд. тех. наук, доцент, доцент Высшей биотехнологической школы

<sup>2</sup>Шабанова Полина Васильевна, магистрант

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,  
г. Самара, Россия, e-mail: anna\_borisova\_63@mail.ru

*Приведены данные экспериментальных исследований, посвященных разработке активной антиоксидантной и антимицробной пленки с использованием экстракта шелухи чеснока и бактериальной целлюлозы в качестве иммобилизационной матрицы. Показано преимущество технического решения по сравнению с контролем, в частности, пленка получилась более тонкой, прочной, не растворимой в воде, с низким значением паропроницаемости.*

Актуальность вторичного использования пищевых отходов на сегодняшний день набирает все большую популярность. Стремительное развитие промышленности, демографические изменения и растущая осведомленность населения о проблемах экологии и устойчивости привели к тому, что люди все чаще ищут пути рационального использования ресурсов.

Пищевые отходы – это те компоненты пищи, которые остаются после ее приготовления и употребления. Они могут быть разного вида, например, овощные и фруктовые остатки, мясные кости, яичные скорлупы, чесночная шелуха и т.д. Вместо того, чтобы выбрасывать их на свалку, можно использовать для производства биогаза, удобрений, животного корма, а также в других отраслях производства.

Одной из перспективных областей, где могут быть применены пищевые отходы, является производство активной упаковки для пищевых продуктов. Активная упаковка – это технология упаковки пищевых продуктов, которая помогает увеличить срок их хранения и защитить от различных негативных факторов, таких как кислород, влага, свет и др.

Одним из способов создания активной упаковки является использование антибактериальных агентов. Они предназначены для уничтожения или ингибирования роста бактерий, которые могут привести к распаду и порче продукта. В настоящее время существует множество антибактериальных агентов, как химических, так и натуральных. Однако, большинство химических антибактериальных агентов являются опасными для здоровья человека и окружающей среды.

В такой ситуации чесночная шелуха может стать уникальным антибактериальным агентом для активной упаковки пищевых продуктов. Шелуха чеснока обладает высоким содержанием антиоксидантов и фенольных соединений, которые способны уничтожить множество бактерий, в том числе и тех, которые вызывают пищевые инфекции. Более того, чесночная шелуха является натуральным продуктом и не имеет потенциально опасных для здоровья человека и окружающей среды химических веществ.

Антибактериальный эффект чесночной шелухи может быть обусловлен наличием в ней фитонцидов. К фитонцидам относят антибактериальные вещества сложного химического строения, которые содержатся в эфирных маслах и экстрактах таких растений как чеснок (*Allium sativum*), лук (*Allium cepa*), горчица (*Sinapis alba*), хрен (*Armoracia rusticana*), редька (*Raphanus sativus*) и др. [1]. Фитонциды оказывают антибактериальное, антивирусное, антисептическое действие, они активны в отношении спор и бактерий, низших грибов, простейших [2].

Действующим веществом чеснока, проявляющим антимицробную и фунгицидную активность, является сульфоксид аллицин, образующийся при механическом разрушении клеток растения. При хранении чеснока без охлаждения его антибактериальная активность снижается по сравнению с чесноком, хранившимся при температурах от 0 до +4 °С, что свидетельствует о нестабильности активных компонентов при повышенных температурах [3].

Фитонциды чеснока проявляют широкий диапазон антимикробной активности в отношении грамотрицательных и грамположительных бактерий включая виды *Escherichia*, *Salmonella*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Proteus*, *Klebsiella*, *Bacillus clostridium*, а также кислотостойких бактерий типа *Mycobacterium tuberculosis* [4].

Аллицин выделяют не только из луковиц чеснока, но и из малоиспользуемых частей растения: шелухи, стеблей, зеленых листьев. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии определено содержание аллицина в зеленых листьях чеснока – 0,48±0,01 мг/мл, в стеблях и молодых луковицах – 0,44±0,01 и 0,26±0,01 мг/мл, соответственно [5].

В качестве объекта исследования была выбрана шелуха луковицы чеснока (семейство Амариллисовые, *Allium sativum*) выращенного на территории Самарской области и собранного в период начала по конец сентября 2022 года;

В качестве объекта исследования был выбран биоразлагаемый материал: гранулы PLA торговой марки Bestfilament, ИП Берчук Д.Ю, Россия.

В качестве пластификатора был выбран полисорбат: ТВИН-80 марки А&Т Cosmetics, ИП Чайников И.П.

В качестве матрицы для растительного водно-спиртового экстракта выбрана бактериальная целлюлоза, предоставленная ИПХЭТ СО РАН.

Биоразлагаемая активная пленка, полученная по следующей технологии:

Для получения пленки гранулы PLA растапливали в течение 2 часов при температуре 50 °С. После полного расплавления гранул PLA, добавлялся антибактериальный агент.

Для получения экстрактов растительные материалы были заранее измельчены в лабораторной мельнице «Вьюга».

Извлечение экстрактивных веществ из растительных экстрактов осуществлялось ультразвуковой экстракцией 75 % этанолом при температуре 37 °С.

Для получения антибактериального агента к бактериальной целлюлозе добавляли профильтрованные спиртовые экстракты, время выдержки – 24 ч при температуре 25 °С, высушивали в сушильном шкафу в течение 2 ч при температуре 40 °С, с последующим измельчением. Измельченную смесь смешивали с пластификатором *Twin-80* при постоянном механическом размешивании до однородного состояния.

Пленкообразующий композит (25 г) экструдировали до получения пленки и сушили при температуре 25±1 °С и относительной влажности 60±2 % в течение 24 часов. Затем высушенные пленки осторожно отделяли от пластины и выдерживали 24 ч в эксикаторах, содержащий порошок безводного хлористого кальция ( $\text{CaCl}_2$ ), при температуре 25 °С перед дальнейшими исследованиями.

Для исследования пленки были изучены следующие показатели: толщина, влажность, паропроницаемость, степень растворимости и набухания, непрозрачность, кинетика высвобождения антиоксидантных объектов.

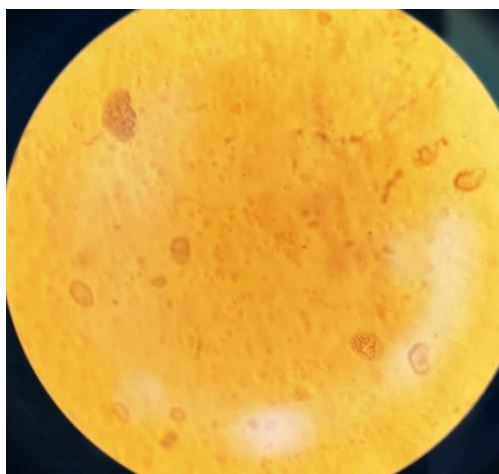
Внешний вид пленки с активным агентом с добавлением твина представлен на рис. 1. Неоднородность введения агента произошла из-за сложности измельчения бактериальной целлюлозы.



Рис. 1. Внешний вид пленки с активным агентом с добавлением твин-80

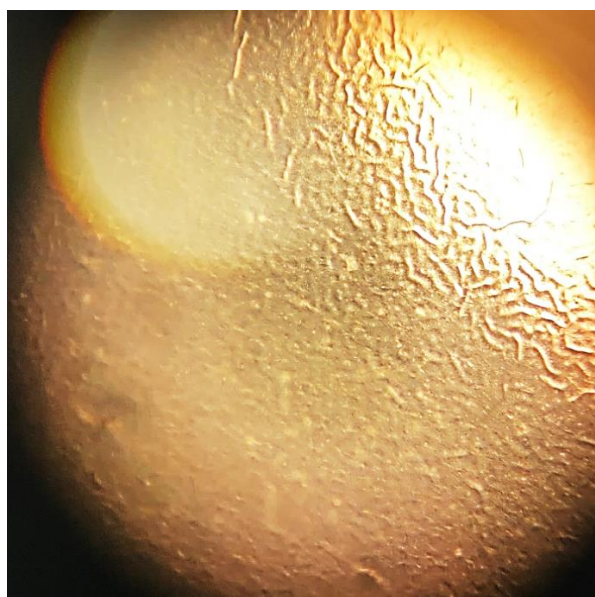
Микроскопирование поверхности активной биоразлагаемой пленки позволяет выявить упорядоченность структуры основы, установить степень ее однородности.

На рисунке 2 представлены результаты микроскопирования поверхности контрольной пленки с добавлением Твин-80.



*Рис. 2. Результаты микроскопирования поверхности контрольной пленки с пластификатором*

На рисунке 3 представлены результаты микроскопирования поверхности пленки с активным агентом с добавлением Твин-80.



*Рис. 3. Результаты микроскопирования поверхности пленки с активным агентом с пластификатором*

Как видно из рисунков 2 и 3, микроструктура пленок с бактериальной целлюлозой и без нее различаются. В частности, на рис. 2 видно наличие центров кристаллизации, которые придают пленке более хрупкие свойства, в то время как на рис. 3 можем наблюдать волокна бактериальной целлюлозы, пронизывающие пленку, отсутствие кристаллов и как следствие более упругие и прочностные свойства.

Результаты измерения физико-химических характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### **Физико-химические показатели пленок**

Материал	Толщина, мм	Влагосодержание, %	Значение оптической плотности
Контроль, твин-80	0,900	13,80	1,150
Чеснок, твин-80	0,043	4,80	0,605



Прозрачность пленки позволяет органолептически анализировать упакованный продукт. Это качество особенно привлекательно для покупателей. Как видим из таблицы, пленка, содержащая бактериальную целлюлозу и экстракт чесночной шелухи обладает меньшей толщиной, меньшим влагосодержанием и меньшей прозрачностью по сравнению с контрольной пленкой.

Паропроницаемость пленки важный показатель для упаковочных материалов. Паропроницаемость позволяет поддерживать специальную газовую среду и оптимальную влажность для продуктов питания.

Результаты представлены на диаграмме (рис. 4).

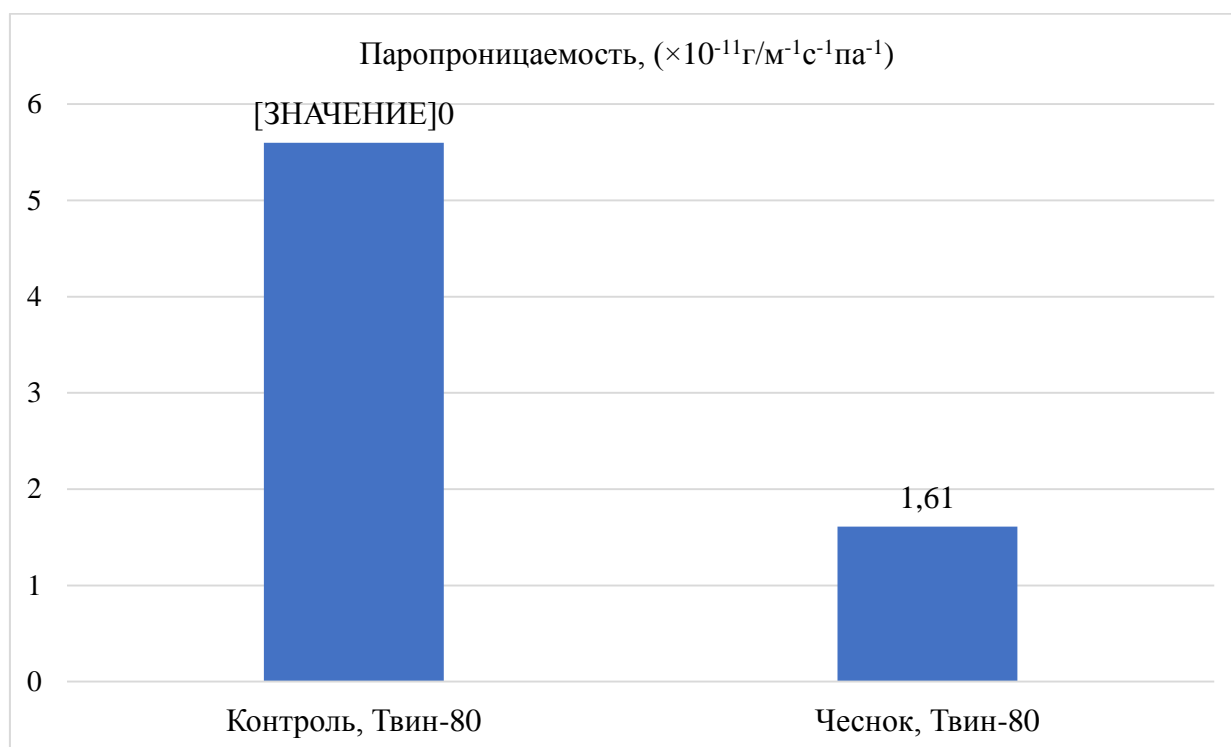


Рис. 4. Паропроницаемость пленок

Результаты степени растворимости и набухаемости образцов пленок представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Результаты растворимости образцов пленок

Материал	Растворимость	Набухаемость
Контроль, Твин-80	8,20	7,25
Чеснок, Твин-80	-	26,80

Растворимости не наблюдалось у образца с добавлением активного агента. В то время как набухаемость была более чем в 3 раза выше, чем у контроля. Вероятно это связано со свойствами бактериальной целлюлозы впитывать воду, но в связи с ее сложной пространственной структурой не выделять ее в раствор. Также, исходя из рис. 4 можно увидеть, что снизилась паропроницаемость пленки, что явно свидетельствует о благоприятном влиянии бактериальной целлюлозы на свойства активной пленки из полилактида.

На рис. 5 представлены результат ингибирования свободного радикала в зависимости от времени.

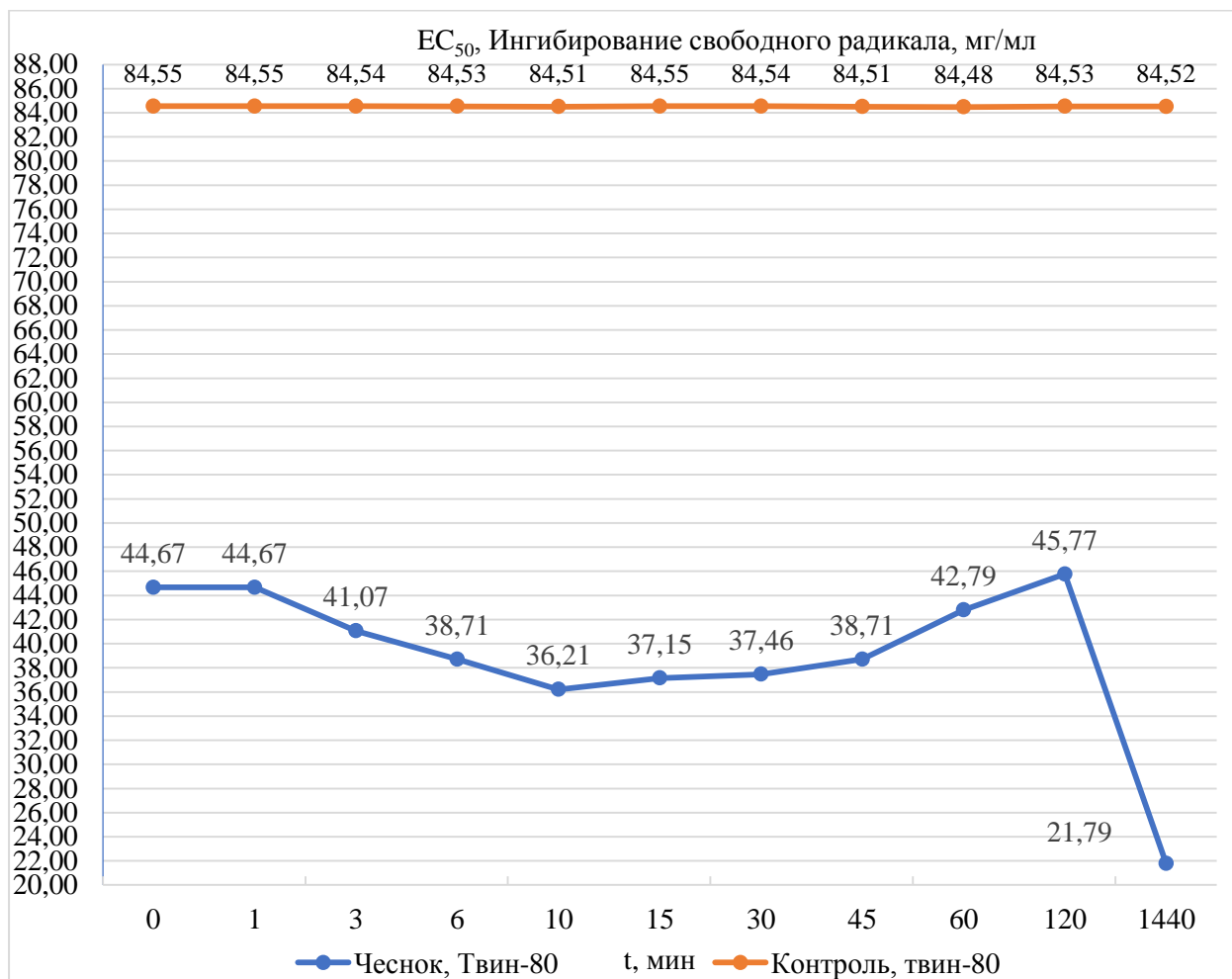


Рис. 5. Зависимость ингибирования свободного радикала пленок с добавлением активного агента от времени

Результаты, представленные на графике, подтверждают гипотезу о более медленном высвобождении активного агента по сравнению с пленками без бактериальной целлюлозы [6].

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о положительном опыте использования шелухи чеснока в качестве антимикробного агента и бактериальной целлюлозы в качестве иммобилизационной матрицы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Duka R., Ardelean D. Phytoncides and phytoalexins-vegetal antibiotics //Jurnal Medical Aradean (AradMedical Journal). – 2010. – Т. 13. №. 3. – P. 19-25.
2. Sakagami Y. Antibacterial activity of a-mangostin against vancomycin resistant Enterococci (VRE) and synergism with antibiotics // Phytomedicine. – 2005. – Т. 12. №. 3. – P. 203-208.
3. Augusti K.T., Mathew P.T. Lipid lowering effect of allicin (diallyldisulphide-oxide) on long-term feeding to normal rats // Cellular and Molecular Life Sciences. –1974. – Т. 30. №. 5. – P. 468-470.
4. Olusanmi M.J., Amadi J.E. Studies on the antimicrobial properties and phytochemical screening of garlic (*Allium sativum*) extracts // Ethnobotanical Leaflets. – 2010. – Т. 2010. №. 4. – P. 16.
5. Arzanlou M., Bohlooli S. Introducing of green garlic plant as a new source of allicin // Food chemistry. – 2010. Т. 120. №. 1. – P. 179-183.
6. Борисова А.В., Шабанова П.В. Разработка активных биоразлагаемых упаковочных пленок с эфирными маслами // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы X Международного Балтийского морского форума 26 сентября – 1 октября 2022 года [Электронный ресурс]: в 7 томах. Т. 4. «Пищевая и морская биотехнология», XI Национальная научно-практическая конференция с

## THE USE OF GARLIC HUSKS IN ACTIVE FOOD PACKAGING

<sup>1</sup>Borisova Anna Viktorovna, Candidate (Ph.D.) of Engineering Sciences, Associate Professor, As-sociate Professor at the High Biotechnology School

<sup>2</sup>Shabanova Polina Vasil'evna, magistrate of the High Biotechnology School

<sup>1,2</sup>Samara State Technical University, Samara, Russia, e-mail: anna\_borisova\_63@mail.ru

*The article presents data from experimental studies devoted to the development of an active anti-oxidant and antimicrobial film using garlic husk extract and bacterial cellulose as an immobilization matrix. The advantage of the technical solution in comparison with the control is shown, in particular, the film turned out to be thinner, stronger, insoluble in water, with a low vapor permeability value.*

УДК 664.951.2

## АКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИНСТРУКЦИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СОЛЕННОЙ ПИЩЕВОЙ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ

<sup>1</sup>Бредихина Ольга Валентиновна, доктор техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник Отдела инновационных технологий

<sup>2</sup>Гриневич Александра Ивановна, канд. техн. наук, старший научный сотрудник Отдела инновационных технологий

<sup>3</sup>Поротикова Елена Юрьевна, канд. техн. наук, старший научный сотрудник Отдела технического регулирования и стандартизации

<sup>4</sup>Дяченко Мария Михайловна, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник Отдела технического регулирования и стандартизации

<sup>1,2,3,4</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Москва, Россия, e-mail: bredihinaov@rambler.ru

*Действующий сборник технологических инструкций по обработке рыбы, разработанный более тридцати лет назад, не учитывает произошедших изменений в нормативной и технологической базах, а также не отвечает запросам современного потребителя на производство мало-соленой продукции. Цель работы заключалась в анализе действующих инструкций для выявления несоответствий техническому регулированию и исключения устаревшей информации для последующего объединения и формирования единой инструкции по изготовлению соленой пищевой рыбной продукции.*

В последние годы у населения Российской Федерации вызывает интерес здоровый образ жизни (ЗОЖ). Он становится все более популярен как у молодых людей, так и людей среднего и старшего возраста, поскольку помогает отсрочить наступление старости для одних и обеспечить активное долголетие для других [1]. Одним из составляющих ЗОЖ является рациональное питание. Рацион при организации здорового питания должен быть подобран так, чтобы отвечать индивидуальным особенностям организма человека с учетом состояния здоровья, характера его труда, половых и возрастных особенностей, климатических условий проживания, исторически сложившихся традиций питания.

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации рациональные нормы потребления пищевой продукции – рацион, представленный в виде набора продуктов,

включающего в себя пищевую продукцию в объемах и соотношениях, отвечающих современным научным принципам оптимального питания, учитывающий сложившуюся структуру и традиции питания большинства населения [2]. Согласно теории сбалансированного питания академика А.А. Покровского в организм человека должны поступать белки, жиры, углеводы и другие вещества. Большая роль отводится белкам животного происхождения. Одним из важнейших источников белков животного происхождения является рыба и другие водные биоресурсы и объекты аквакультуры. В соответствии с рекомендуемыми нормами физиологических потребностей в пищевых веществах доля белков животного происхождения от общего их количества в суточном рационе для взрослых – 50%, для детей – 60-70% [3]. Согласно Приказу Минздрава установленная рациональная норма потребления рыбной продукции, отвечающая современным требованиям здорового питания, установлена на уровне 28 кг в год на человека [4]. Фактическое потребление пищевой рыбной продукции в нашей стране снижено – 22,6 кг в 2022 г. Этим обусловлено возросшее внимание профильных министерств и главы государства к популяризации потребления пищевой рыбной продукции, в частности, обсуждается возможность возрождения практики «рыбного четверга» [5].

Одним из традиционных видов рыбной продукции для нашей страны является соленая рыба. Соленая рыба занимает особое место в структуре производства и потребления пищевой рыбной продукции, а также в традициях русской кулинарии. Начиная с XIX века выпуск крепкосолёной пищевой рыбной продукции был обусловлен сохранением сырья, так как разработка и внедрение искусственных холодильных технологий произошли только в XX веке. До этого периода времени для сохранения сырья использовали естественное замораживание или поваренную соль [6].

Действующий технический регламент устанавливает, что соленой пищевой рыбной продукцией является рыбная продукция, обработанная поваренной или морской солью, с добавлением или без добавления пряностей, их экстрактов, сахара, пищевых добавок, готовая к употреблению [7]. Наиболее часто используемым сырьем для ее производства являются сардины, ставриды, анчоусовые и сельдевые, скумбриевые, лососевые и сиговые виды рыб.

Фактически с 80-х годов и до настоящего времени существует классификация, разработанная профессором Шендерюком В.И., которая нашла отражение в стандартах на соленую рыбу и делит ее на группы по массовой доле поваренной соли в продукции: малосолёная – 4,0 – 6,0 %; слабосолёная – 6,0 – 9,0 %; среднесолёная – 9,0 – 13,0 %; крепкосолёная – более 13 % [8, 9]. Однако она морально устарела и не соответствует действительности. В настоящее время население нашей страны, в связи с интересом к ЗОЖ, предпочитает употреблять в рационе меньше соли и ориентируется при выборе в основном на малосолёную и слабосолёную пищевую рыбную продукцию. Исследование потребительских предпочтений по содержанию соли в соленой пищевой рыбной продукции, проведенное учеными Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» (АтлантНИРО), показало, что подавляющее большинство респондентов предпочитают соленую рыбу с содержанием соли в пределах 2,0–3,9 %, с приоритетным диапазоном около 2,5–3,5 %. Что еще раз подтверждает тот факт, что вкусовые пристрастия потребителя изменились, и существует устойчивый спрос на снижение поваренной соли в готовой продукции. [10]. Вместе с тем, согласно Приказу Минздрава в 2020 г. снижена и приведена в соответствие с рекомендациями ВОЗ норма потребления пищевой поваренной соли с 4 до 1,8 кг/чел/год (с 11 до 5 г в сутки) [4]. Кроме того существует тенденция замены соли на сользаместители, с целью замещения ионов натрия на другие макроэлементы. Приоритетным заместителем является хлорид калия, рекомендованный Всемирной организацией здравоохранения из-за способности выводить из организма человека лишнюю жидкость, и роли калия в работе сердечно-сосудистой системы человека. Появление горького привкуса при использовании солей калия и магния маскируется добавлением солей глутаминовой кислоты [10].

Государственная политика в области производства пищевой рыбной продукции в Российской Федерации направлена на обеспечение качества и безопасности производимой продукции, в т.ч. посредством соблюдения требований технических регламентов [7, с. 11-15]. С введением технических регламентов, в области производства пищевой продукции, актуализированы и действуют национальные и межгосударственные стандарты на соленую пищевую рыбную продукцию [9, с. 16-20].

В связи с наметившимися тенденциями изменения спроса на пищевую соленую рыбную продукцию и разработанными национальными и межгосударственными стандартами встал вопрос актуализации действующих в настоящее время технологических инструкций. Вместе с тем действующие технологические инструкции, разработанные более 30 лет назад, не гармонизированы с современной нормативной и правовой базой, а также не учитывают изменений, произошедших в

отрасли за последние годы. Технологические инструкции по посолу рыбы входят в раздел III «Производство соленой, пряной и маринованной рыбы» сборника технологических инструкций по обработке рыбы который состоит из 38 инструкций (№21–№59) [21].

В процессе анализа действующих технологических инструкций для дальнейшего объединения и разработки общей технологической инструкции по производству соленой пищевой рыбной продукции, ряд инструкций были исключены из рассмотрения на первом этапе объединения. Это касается маринованной, пряной пищевой рыбной продукции, а также рыбной продукции специального посола. Они будут выделены в отдельные инструкции по производству рыбы маринованной, пряного и специального посола. Таким образом, были исключены из рассмотрения следующие технологические инструкции: № 23 «Инструкция по изготовлению пряной и маринованной рыбы океанического промысла»; № 25 «Инструкция по специальному бочковому посолу тихоокеанской жирной сельди, сельди иваси и курильской скумбрии»; № 28 «Инструкция по изготовлению сельди пряного посола и маринованной (бочковой); № 36 «Инструкция по специальному бочковому посолу кильки балтийской и североморской, салаки и жирной мойвы»; № 37 «Инструкция по пряному бочковому посолу кильки, мелкой сельди, салаки»; № 40 «Инструкция по изготовлению сайры атлантической пряной и маринованной и мойвы жирной пряной»; № 44 «Инструкция по пряному бочковому посолу тугуна, сосвинской сельди, ряпушки и пеляди»; № 51 «Инструкция по изготовлению пряной курильской и дальневосточной скумбрии»; № 57 «Инструкция по приготовлению пряных смесей и заливок и хранению пряностей».

Кроме того, ранее были разработаны проекты окончательных редакций технологических инструкций: № 21 «Инструкция по изготовлению соленой рыбы (общие положения)» (ВНИРО 2021); № 30 «Инструкция по изготовлению мойвы жирной соленой и пряного посола» (ПИНРО 2020); № 43 «Инструкция по посолу сиговых рыб» (Госрыбцентр 2020).

Не актуальными в настоящее время являются технологические инструкции в области производства соленой пищевой рыбной продукции в судовых условиях, так как на судах рыбопромыслового флота производится в основном мороженая пищевая рыбная продукция [22]. Также в настоящее время производство соленого полуфабриката из рыбы в судовых условиях для дальнейшего использования на береговых предприятиях не осуществляется. Одновременно при анализе технологических инструкции № 22, 24, 41, 50 было выявлено, что наряду с изготовлением соленой рыбы на судах содержат технологии посола на береговых предприятиях и поэтому данные инструкции могут быть включены в общую инструкцию по производству соленой пищевой рыбной продукции.

При рассмотрении технологических инструкций № 42 «Инструкция по посолу рыбы в циркулирующих тузлуках на линиях Н10-ИПА и Н10-ИПА-1»; № 42а «Инструкция по посолу рыбы в пульсирующих тузлуках на линиях Н10-ИЛП-5 и Н10-ИЛП-5М» было выявлено, что посол продукции осуществлялся на технологическом оборудовании, которое в настоящее время не выпускается отечественной промышленностью и является устаревшим. Поэтому данные технологические инструкции были исключены.

Технологическая инструкция № 53 «Инструкция по изготовлению соленых молок лососевых и крупных частиковых рыб» предусматривает принципиально отличающийся процесс посола сырья. Поэтому целесообразно данную инструкцию актуализировать отдельно, учитывая требования соответствующей нормативной документации.

Прием, хранение и расходование соли на каждом предприятии регламентируется внутренней документацией, поэтому технологическая инструкция № 56 «Инструкция по приему, хранению и расходованию соли на рыбообрабатывающих предприятиях» является частной и может быть разработана непосредственно предприятием изготовителем.

Было выявлено, что не подлежат актуализации следующие технологические инструкции: № 58 «Инструкция по предохранению соленой рыбы от образования фуксина и по обработке рыбы, пораженной фуксином»; № 59 «Инструкция по обработке рыбы, имеющей порок «омыление», и по предохранению от этого порока. Это связано с тем, что требования безопасности ТР ТС 040/2016, ТР/ТС 021/2011, регламентирующие микробиологические, паразитологические, гигиенические показатели, допустимые уровни содержания остатков ветеринарных препаратов, стимуляторов роста животных, лекарственных средств в сырье и готовой продукции, а также производ-

ство соленой пищевой рыбной продукции в соответствии с нормативной базой, исключают возможность появления таких дефектов соленой рыбы как поражение фуксином и омыление.

При разработке объединенной технологической инструкции на производство соленой пищевой рыбной продукции требуется актуализация зоологических наименований видов сырья с перечнем видов водных биологических ресурсов [23]. Следует гармонизировать и виды разделки в соответствии с ГОСТ 34884-2022 [24].

Претерпело изменение технологическое оснащение процесса посола. Так, получил распространение новый способ – инъекционный посол, с применением пищевых добавок (комплексных смесей), являющихся объектом регулирования соответствующего технического регламента [15]. Посол осуществляется шприцеванием (инъектированием) посолочного раствора с помощью рабочей головки с иглами (от 50 до 200 шт.) на инъекционном оборудовании. Способ обеспечивает равномерность посола, увеличивает выход продукции, уменьшает расход соли и время посола, а также позволяет внести в филе усилители вкуса и аромата, созреватели, красители, консерванты, влагоудерживающие вещества вместе с раствором соли. Инъекционный посол активно применяется в производстве деликатесной слабосоленой рыбной продукции, преимущественно из филе лососевых рыб [25]. Производительность инъекционных машин достигает 3 500 кг/ч [26]. Описанный способ посола и пищевые ингредиенты ранее не применялись на отечественных предприятиях рыбной отрасли. Инъекционный посол займет свое место в объединенной технологической инструкции по производству соленой рыбной продукции наряду с такими широко используемыми видами посола, как сухой, тузлучный и смешанный.

В связи с появлением новых видов упаковки готовой продукции и требований к маркировке в технических регламентах, в процессе актуализации инструкций будут переработано описание процессов упаковывания и маркирования [7,11].

За годы, прошедшие с выхода сборника, широкое применение получили вакуум упаковка и упаковка с использованием модифицированной газовой средой. Кроме того, благодаря современным маркетинговым стратегиям продвижения продукции сокращается время внедрения инновационных видов упаковочных материалов. В изменениях к действующему регламенту [11] предлагается ввести объекты техрегулирования, отражающие появление новых видов упаковки: биоразлагаемая упаковка, многослойный полимерный материал, оксоразлагаемая, оксо-биоразлагаемая упаковка.

Анализ реализуемой пищевой соленой рыбной продукции обнаруживает тенденцию к расфасовке малосоленой продукции в вакуумной упаковке в мелкой расфасовке, массой до 300 г [25]. На время выхода сборника технологических инструкций подобных форматов розничной упаковки не существовало.

Согласно действующим техническим регламентам [7,11] к основным элементам маркировки рыбной продукции относятся наименование продукта, включающее зоологическое наименование, виды разделки и обработки, информация о составе, пищевой ценности, изготовителе, а также о дате изготовления, сроке годности, условиях хранения, информация о количестве упакованной продукции (количество продукта с жидкой средой и количество продукта, помещенного в жидкую среду), информация о подтверждении соответствия, о составе модифицированной газовой среды, рекомендации по использованию/приготовлению, информация об использовании компонентов, полученных с применением ГМО. Кроме того, к дополнительным элементам маркировки относится информация о замораживании/охлаждении пищевой рыбной продукции, в случае производства соленой пищевой рыбной продукции из мороженого рыбного сырья это должно быть отражено в названии: «произведено из мороженого сырья».

В соответствии с требованиями документов по стандартизации, в т.ч. основополагающих, в части оформления ТИ [27-29], объединенная инструкция будет содержать подразделы о метрологическом обеспечении технологического процесса, контроле процесса производства, санитарной обработке, а также требования к оборудованию и безопасности. Кроме того, в разрабатываемую технологическую инструкцию в качестве неотъемлемой части войдет типовая схема контроля технологического процесса производства соленой пищевой рыбной продукции.

Все разделы технологической инструкции будут пересмотрены и актуализированы в соответствии с требованиями действующего законодательства, что позволит выпускать конкурентноспособную соленую пищевую рыбную продукцию на территории стран ЕАЭС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пупыкин, Р. А. Государство и гражданин как основные акторы процесса формирования культуры здорового образа жизни / Р. А. Пупыкин // Власть. – 2020. – Т. 28, № 1. – С. 197-203.
2. Указ президента Российской Федерации от 21.01.2020 № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106> (дата обращения 30 июня 2023 г.)
3. МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах»
4. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 (с изменениями на 31 декабря 2022 г.) «Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания». [Электронный ресурс]. – <https://docs.cntd.ru/document/420374878>
5. Путин поручил подумать, как стимулировать потребление рыбы в России // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://ria.ru/20230816/ryba-1890460181.html> (дата обращения 17.08.2023).
6. Энциклопедия «Пищевые технологии». Технологии рыбной промышленности. В 2-х частях. Ч.1. Ответственный редактор Л.С. Абрамова. – М.: ВНИРО, 2019. – 405 с.
7. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» ТР ЕАЭС 040/2016, [Электронный ресурс]. – URL: [https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/TR\\_EEU\\_040\\_2016.php](https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/TR_EEU_040_2016.php) (дата обращения: 06.06.2023).
8. Шендерюк, В.И. Производство слабосоленой рыбы – М.: Пищевая промышленность. – 1976. – 175с.
9. ГОСТ 7448-2021 Рыба соленая. Технические условия. – Введ. 2022-03-01. – М.: Стандартинформ, 2021. – 17 с.
10. Степаненко, Е. И. Определение возможного уровня снижения хлористого натрия в соленой рыбе на основании потребительской оценки и исследование влияния солезаменяющих пищевых добавок на показатели качества продукции / Е. И. Степаненко, Б. Л. Нехамкин, И. О. Шалимова // Известия КГТУ. – 2023. – № 69. – С. 89-102.
11. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности упаковки» ТР ТС 005/2011 [Электронный ресурс]. – URL: <https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/bezorupakovki.php> (дата обращения 06.06.2023).
12. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции, [Электронный ресурс]. – URL: <https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/PischevayaProd.php> (дата обращения 06.06.2023).
13. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 010/2011, [Электронный ресурс]. – URL: <https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/bezopMashines.php> (дата обращения 18.08.2023).
14. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 022/2011 Пищевая продукция в части ее маркировки, [Электронный ресурс]. – URL: <https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/PischevkaMarkirovka.php> (дата обращения 06.06.2023).
15. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 029/2012 Требования к безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств, [Электронный ресурс]. – URL: <https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/bezopPischDobavok.php> (дата обращения 06.06.2023).
16. ГОСТ 815-2019 Сельди соленые. Технические условия. – Введ. 2020-07-01. – М.: Стандартинформ, 2019 – 12 с.
17. ГОСТ 7449-2016 Рыбы лососевые соленые. Технические условия. – Введ. 2018-01-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 14 с.
18. ГОСТ 16080-2019 Рыбы лососевые тихоокеанские соленые. Технические условия. – Введ. 2020-07-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.

- 19 ГОСТ 28698-90 Рыба мелкая соленая. Технические условия. – Введ. 01.01.92. – М.: Стандартинформ, 2007. – 7 с.
- 20 ГОСТ 32807-2014 Рыбы анчоусовые и мелкие сельдевые соленые и пряного посола. Технические условия. – Введ. 2016-01-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 12 с.
- 21 Сборник технологических инструкций по обработке рыбы. Под редакцией Белогурова А.Н., Васильевой М.С. М.: Колос. Том 1 1992 г., 255 с., том 2 1994 г. - 589 с.
- 22 Колончин К.В. Состояние, проблемы и перспективы развития рыбопромыслового флота России. Часть I // Пищевая промышленность. – 2019. – №11. – С. 35-39
- 23 Распоряжение Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2017 года № 2569-р «Об утверждении перечней видов водных биологических ресурсов, в отношении которых осуществляются промышленное и (или) прибрежное рыболовство во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации, Каспийском море и районах действия международных договоров Российской Федерации в области рыболовства и сохранения водных биологических ресурсов» (с изменениями на 10 февраля 2021 года) <https://docs.cntd.ru/document/555677258> (дата обращения 30 июня 2023 г.)
- 24 ГОСТ 34884-2022 Рыба, водные беспозвоночные, водные млекопитающие, водоросли и продукция из них. Термины и определения. – Введ. 2023-08-01. – М.: Стандартинформ, 2022. – 18 с.
- 25 Лукина Е. В. и др. Анализ комплексных изменений при посоле лососевых инъектированием с использованием пищевой добавки PRE-LACKS // Вестник МГТУ. – 2022. – Т. 25. – № 3. – С. 183–196.
- 26 Салтанова Н.С., Верба Е.Н. Изменение белковых веществ сельди тихоокеанской при использовании нового способа биохимического созревания // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. – 2012б. – №3(63). – С. 98-105
- 27 ГОСТ Р 53619-2009 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Технологическая инструкция. Правила построения, изложения, оформления, обозначения, утверждения и регистрации. – М.: Стандартинформ, 2010. – 23 с.
- 28 ГОСТ 3.1105-2011 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения. – Введ. 01.01.2012. – М.: Стандартинформ, 2020 – 29 с.
- 29 ГОСТ 1.5-2001 Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению. – Введ. 01.09.2002. – М.: Стандартинформ, 2010. – 81 с.

## **UPDATING OF TECHNOLOGICAL INSTRUCTIONS FOR THE PRODUCTION OF SALTED FISH FOOD PRODUCTS**

<sup>1</sup>Bredihina Olga Valentinovna, Doctor of Sciences in Engineering, Assoc. Prof., leading researcher

<sup>2</sup>Grinevich Alexandra Ivanovna, PhD in engineering, senior researcher

<sup>3</sup>Porotikova Elena Yur'evna, PhD in engineering, senior researcher

<sup>4</sup>Dyachenko Maria Mikhailovna, PhD in engineering, leading researcher

<sup>1,2,3,4</sup>Russian Federal Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia, e-mail: bredihinaov@rambler.ru

*The current collection of technological instructions for fish processing, developed more than thirty years ago, does not take into account the changes that have occurred in the regulatory and technological bases, and also does not meet the needs of modern consumers for the production of low-salted products. The purpose of the work was to analyze the current instructions to identify inconsistencies with technical regulation and exclude outdated information for subsequent unification and formation of a single instruction for salted fish food products.*



## ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЗИМОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ИММУНОХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

<sup>1</sup>Гендриксон Ольга Дмитриевна, канд. хим. наук, старший научный сотрудник

<sup>2</sup>Зверева Елена Анатольевна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник

<sup>3</sup>Бызова Надежда Алексеевна, старший научный сотрудник

<sup>4</sup>Жердев Анатолий Виталиевич, д-р. хим. наук, ведущий научный сотрудник

<sup>5</sup>Дзантиев Борис Борисович, д-р хим. наук, профессор, заведующий лабораторией

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

*Контроль качества пищевой продукции является актуальной проблемой современного общества. Требуется разработка и совершенствование экспрессных методов контроля состава и контаминации пищевого сырья и продуктов питания. В данном исследовании для увеличения чувствительности быстрых иммунохроматографических тест-систем (ИХТС) предложены подходы, основанные на применении нанозимных меток. Разработанные форматы усиленных ИХТС использованы для детекции миоглобина как биомаркера свинины и клеток *Salmonella typhimurium* как распространенного возбудителя пищевых инфекций. Предложенные ИХТС с нанозимным усилением позволяют снизить пределы обнаружения миоглобина и клеток *S. typhimurium* в 4–100 раз. ИХТС успешно апробированы для выявления миоглобина и бактериального патогена в пробах молока, куриного мяса и колбас различного состава.*

### 1. Введение

Рост мирового населения и повышенный спрос на продукты питания приводит к интенсификации пищевых производств, что создает не только новые возможности, но и новые угрозы для безопасности продуктов питания [1]. К таким угрозам относятся фальсификация продуктов питания, а также контаминация пищевых продуктов бактериальными патогенами [2, 3]. Проблема фальсификации продуктов питания в настоящее время стоит весьма остро из-за постоянного развития технологических возможностей производства. Производители могут маскировать недоброкачественное сырье различными пищевыми добавками, использовать недеklarированные компоненты или заменители основного сырья для удешевления производства и увеличения прибыли. Так, замена дорогих сортов мяса на более дешевые остается основным способом фальсификации мясных полуфабрикатов и готовых изделий [3]. Загрязнение пищевой продукции бактериальными патогенами, вызывающими инфекционные заболевания и интоксикации, может произойти на любом этапе ее производства и реализации – от кормов для животных и предприятий пищевой промышленности до дома и предприятий общественного питания [4].

Серьезные последствия для здоровья, вызываемые употреблением недоброкачественных продуктов питания, в том числе фальсифицированных или контаминированных опасными микроорганизмами, обуславливают необходимость выявления и устранения рисков, связанных с пищевыми продуктами. Это достигается контролем состава и контаминации пищи на всех этапах – от обработки сырья и производства до реализации готовой продукции. В данном контексте крайне востребованными являются методы быстрой, точной и чувствительной детекции целевых аналитов, позволяющих проводить массовый скрининг пищевой продукции во внелабораторных условиях. К таким методам относятся иммунохроматографические тест-системы (ИХТС), основанные на высокоспецифичном взаимодействии антиген–антитело и принципах хроматографии [5]. До-

стоинства ИХТС – быстрота (время анализа, как правило, составляет 5–15 мин), дешевизна, манипуляционная простота аналитической процедуры. Все реагенты предварительно нанесены на тест-полоску, и проведение анализа заключается в инкубации полоски с тестируемой пробой с последующей возможностью визуально (качественно: есть/нет) или инструментально (количественно: сколько) оценить наличие и концентрацию аналита.

Преимуществом ИХТС также является отсутствие необходимости в сложной пробоподготовке, что вносит дополнительный вклад в экспрессность тестирования. Однако при работе с пищевыми матриксами часто требуется многократное разведение проб. Таким образом, исходно приемлемая чувствительность анализа оказывается недостаточной для точной и воспроизводимой детекции аналитов в реальных пробах. Поэтому создание подходов, направленных на повышение чувствительности анализа, является крайне востребованным при разработке ИХТС. Увеличение чувствительности в ИХТС возможно при использовании различных подходов, один из которых направлен на вариацию свойств метки [6]. Большинство ИХТС основано на колориметрической детекции взаимодействия с помощью окрашенного маркера в составе образующихся иммунных комплексов. Традиционно в качестве таких маркеров используются наночастицы золота (НЧЗ). В настоящее время популярность в качестве меток для ИХТС приобретают нанозимы – металлические наночастицы, обладающие ферментоподобной каталитической активностью [7]. Нанозимы характеризуются высокой активностью и специфичностью, стабильностью и низкой стоимостью [8]. Увеличение интенсивности цвета зон на тест-полосках за счет окрашенного продукта ферментативной реакции, катализируемой нанозимом, приводит к росту колориметрического сигнала и, следовательно, снижению предела обнаружения (PrO) аналита.

В данном исследовании были разработаны усиленные форматы ИХТС на примере двух аналитов – видоспецифичного белка миоглобина (МГ), используемого в качестве молекулярного идентификатора свинины при контроле состава мясной продукции, и бактериального патогена *Salmonella typhimurium* – одного из распространенных возбудителей заболеваний пищевого происхождения. В качестве нанозимов использовались обладающие пероксидазоподобными свойствами биметаллические наночастицы из золотого ядра и платиновой оболочки (Au@Pt), а также наночастицы берлинской лазури (БЛ) – синего пигмента, представляющего собой смесь гексацианоферратов.

## 2. Материалы и методы

В работе использовали клетки *S. typhimurium* (Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии, Оболенск, Московская обл.), МГ, моноклональные антитела (МАт) против МГ клона 7С3, МАт против липополисахарида клеток *S. typhimurium* клона 1Ебсс (ООО «Хайтест», Москва), МАт против МГ клона МуоА6 (Всероссийский научный центр молекулярной диагностики и лечения, Москва), золотохлористоводородную кислоту (ЗХВК), гексахлороплатинат (IV) натрия, Тритон X-100, Твин-20, бычий сывороточный альбумин (БСА), цитрат натрия, аскорбат натрия, хлорид (III) железа, гексацианоферрат (II) калия, 1-этил-3-(3-диметиламинопропил)карбодиимид, сульфо-N-гидроксисукцинимид (Sigma-Aldrich, США), антитела козы против иммуноглобулинов мыши (АК, Arista Biologicals, США), 3,3'-диаминобензидин (ДАБ) (Servicebio, Китай).

НЧЗ синтезировали восстановлением ЗХВК цитратом натрия [9]. Биметаллический нанозим «ядро-оболочка» Au@Pt синтезировали восстановлением соли платины аскорбатом натрия на поверхности НЧЗ, как описано в [11]. Нанозим на основе БЛ синтезировали по методике [12]. Конъюгаты меток с антителами получали по методикам, описанным в работе [12] – для МАт–НЧЗ и МАт–Au@Pt и в работе [11] – для МАт–БЛ. Структурную характеристику частиц и их конъюгатов проводили методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) с помощью микроскопа CX-100 (Jeol, Япония) как описано в [13].

Для получения иммунохроматографических тест-систем на основе НЧЗ, нанозимов Au@Pt и БЛ использовали нитроцеллюлозные рабочие мембраны CNPC-SS15 (Advanced Microdevices, Индия). В качестве мембраны под пробу и впитывающей мембраны применяли носители GFB-R4 и APO45 (Advanced Microdevices, Индия), соответственно. В качестве мембраны для меченых МАТ использовали стекловолоконную мембрану PT-R7 того же производителя. Аналитические (А) зоны формировали, нанося на рабочую мембрану анти-МГ МАТ (2.5 мг/мл) или анти-*S. typhimurium* МАТ (2 мг/мл) в 50 мМ фосфатно-солевом буфере, pH 7.4, содержащем 100 мМ NaCl (ФБС), с помощью автоматического диспенсера Iso-Flow (Imagene Technology, США). Контрольную (К) зону формировали нанесением АК (0.5 мг/мл) в ФБС. Собранные мультимембранные композиты нарежали на тест-полоски шириной 3 мм с помощью автоматической гильотины (KinBio, Китай).

Для реализации ИХТС с НЧЗ в качестве метки (здесь и далее называемой стандартной ИХТС) в растворы МГ опускали тест-полоски и инкубировали 15 мин. Затем тест-полоски извлекали, промокали жидкость с поверхности и сканировали. Интенсивность окрашивания зон определяли с помощью программы TotalLab (Великобритания). В усиленной ИХТС МГ с нанозимом на основе БЛ укороченные тест-полоски (обрезанные под нижний край рабочей мембраны) опускали в растворы МГ и инкубировали 10 мин. Затем тест-полоски извлекали и опускали в 5% раствор БСА в ФБС с 1% Твин-20 (ФБС<sub>ТВ</sub>) на 5 мин для блокирования неспецифических взаимодействий. После этого на нижний край рабочей мембраны наносили аликвоту конъюгата МАТ–БЛ. После инкубации в течение 5 мин тест-полоски опускали в ФБС<sub>ТВ</sub>, промывали в течение 5 мин и наносили ДАБ в область А-зоны. После инкубации в течение 1.5–2 мин тест-полоски сканировали и обрабатывали изображения, как описано выше.

Стандартная ИХТС клеток *S. typhimurium* проводили аналогично стандартной ИХТС МГ. При реализации усиленной ИХТС с нанозимом Au@Pt тест-полоски извлекали и промывали в ФБС с 0.1% Triton X-100 (ФБСТ) в течение 3 мин. Далее в область А-зоны наносили ДАБ и инкубировали 1.5–2 мин. Получение и обработка изображений проводились, как описано выше.

Графики интенсивности окрашивания А-зон в зависимости от концентраций МГ либо клеток *S. typhimurium* строили с использованием программного обеспечения Origin (OriginLab, США). За визуальный предел обнаружения (вПрО) принимали минимальную концентрацию аналита, обеспечивающую достоверно обнаруживаемое невооруженным глазом окрашивание А-зоны.

В качестве реальных проб использовали молоко с жирностью 3.2%, сырое куриное мясо, а также вареную колбасу состава говядина-свинина, варено-копченую колбасу из говядины и веганскую колбасу на растительной основе, приобретенные в супермаркетах г. Москвы. Пробы молока перед анализом разбавляли в 20 раз ФБСТ. Пробоподготовку мяса и колбас проводили, как описано в [14].

### 3. Результаты и обсуждение

#### 3.1. Получение и характеристика иммунореагентов

В качестве маркеров для ИХТС были синтезированы НЧЗ и два нанозима – биметаллический нанозим с золотым ядром и платиновой оболочкой (Au@Pt) и нанозим на основе наночастиц БЛ (смесь гексацианоферратов  $KFe[Fe(CN)_6]$ ,  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ ), а также их конъюгаты с антителами. Результаты электронно-микроскопической характеристики маркеров представлены на рис. 1. Согласно ПЭМ, препарат НЧЗ (рис. 1 а) содержал сферические неагрегированные наночастицы диаметром около 30 нм. Нанозим Au@Pt представлял собой сферические частицы с игольчатой поверхностью диаметром 20–50 нм (рис. 1 б), а нанозим на основе БЛ визуализировался в виде наночастиц квадратной формы с размерами сторон от 30 до 70 нм (рис. 1 в).

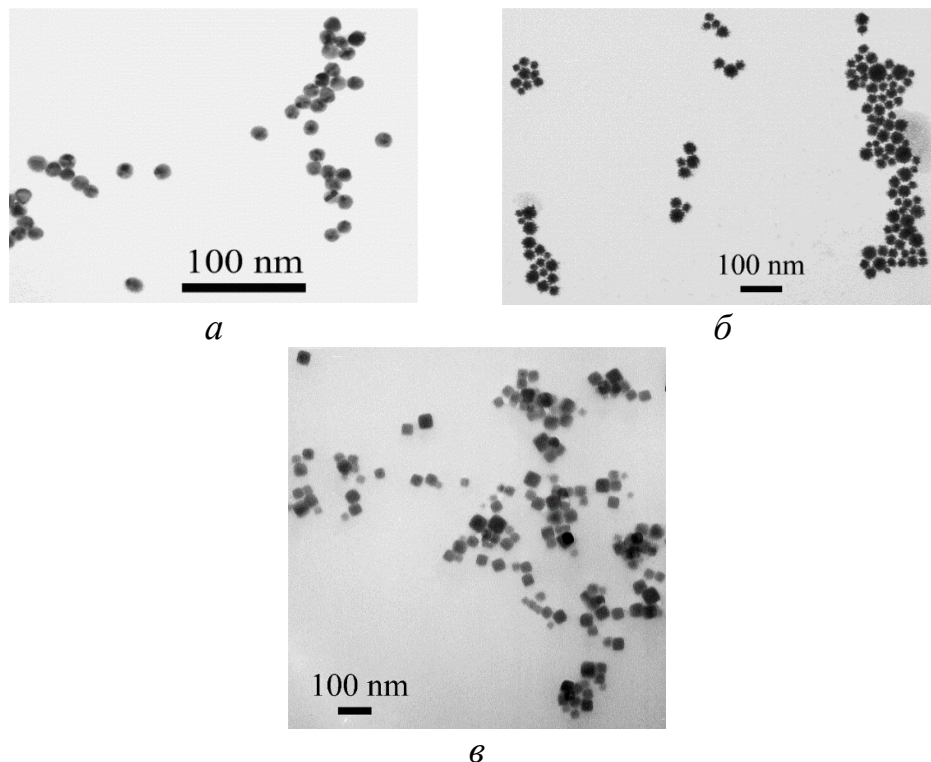


Рис. 1. Микрофотографии НЧЗ (а), нанозима Au@Pt (б) и нанозима на основе БЛ (в)

В качестве рецепторов МГ и клеток *S. typhimurium* использовали специфические МАт. Иммунологические свойства МАт характеризовали методом иммуноферментного анализа (ИФА). ПрО МГ в ИФА составил 6 нг/мл, клеток *S. typhimurium* –  $2 \times 10^4$  КОЕ/мл. ИХТС (как стандартные, так и усиленные форматы) проводили по «сэндвич»-схеме, традиционно используемой для высокомолекулярных антигенов, имеющих несколько эпитопов. Для реализации сэндвич-ИХТС были синтезированы конъюгаты специфических антител со всеми маркерами. Конъюгирование с НЧЗ и нанозимом Au@Pt проводилось физической абсорбцией, с наночастицами БЛ – методом карбидимидного синтеза.

### 3.2. Стандартные ИХТС миоглобина и клеток *Salmonella typhimurium* с использованием НЧЗ

Сферические НЧЗ являются традиционным маркером в ИХТС, характеризующимся простотой получения и конъюгирования с белками, стабильностью, интенсивностью и воспроизводимостью колориметрического сигнала на тест-полосках [15]. «Сэндвич»-ИХТС может проводиться в нескольких форматах с разной последовательностью взаимодействий реагентов, приводящих к образованию окрашенных комплексов МАт – аналит – МАт–маркер в аналитической зоне и АК – МАт–маркер – в контрольной зоне, соответственно. При этом интенсивность окрашивания А-зоны пропорциональна концентрации аналита в пробе. Для стандартной ИХТС на рабочей мембране тест-полоски формировали А- и К-зоны с иммобилизацией специфических МАт и АК, соответственно; меченые антитела наносили на стекловолоконную мембрану.

Детекцию МГ проводили в одну стадию – инкубировали готовые тест-полоски с пробой. Протокол стандартной ИХТС МГ оптимизировали для достижения минимального вПрО при высокой амплитуде аналитического сигнала, для чего варьировали концентрации иммобилизованных специфических реагентов и продолжительность анализа. Согласно полученной в оптимизированных условиях калибровочной кривой (рис. 2 а), вПрО МГ составил 15 нг/мл, рабочий диапазон определяемых концентраций – 42–735 нг/мл. Время анализа – 15 мин. Изображение тест-полосок после анализа представлено на рис. 2 б.

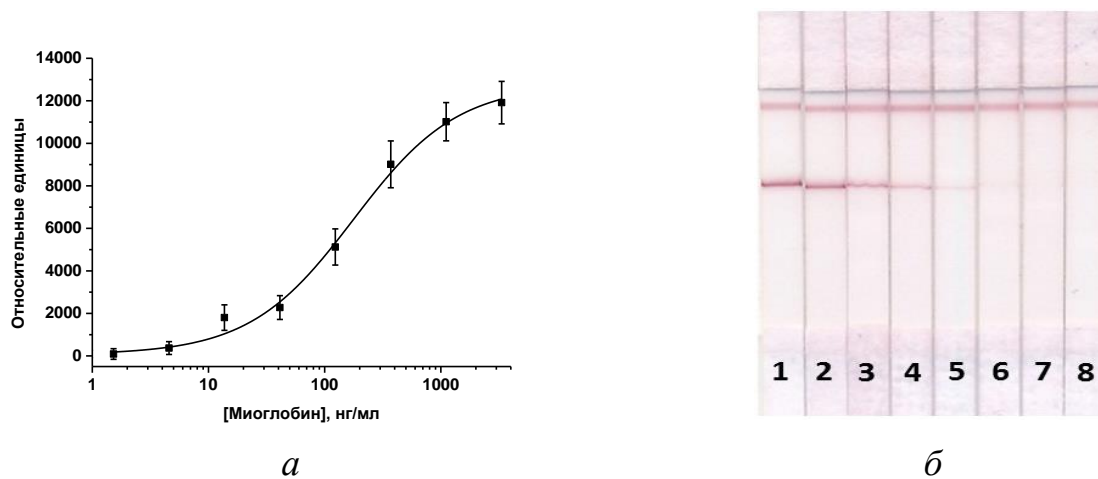


Рис. 2. Калибровочная кривая в стандартном ИХТС МГ (а) и вид тест-полосок (б).  
Цифрами на тест-полосках обозначены концентрации МГ в пробах (нг/мл):  
1 – 3333, 2 – 1111, 3 – 370, 4 – 124, 5 – 41.2, 6 – 13.7, 7 – 4.6, 8 – 1.5.

Анализ с использованием стандартной ИХТС клеток *S. typhimurium* проводили аналогично анализу МГ. Аналитическую процедуру также оптимизировали, что позволило достичь вПрО *S. typhimurium*, равного  $2 \times 10^4$  КОЕ/мл. Рабочий диапазон определяемых концентраций составил  $5.6 \times 10^5 - 10.8 \times 10^6$  КОЕ/мл, время анализа – 15 мин. Калибровочная кривая определения *S. typhimurium* и изображение тест-полосок представлены на рис. 3.

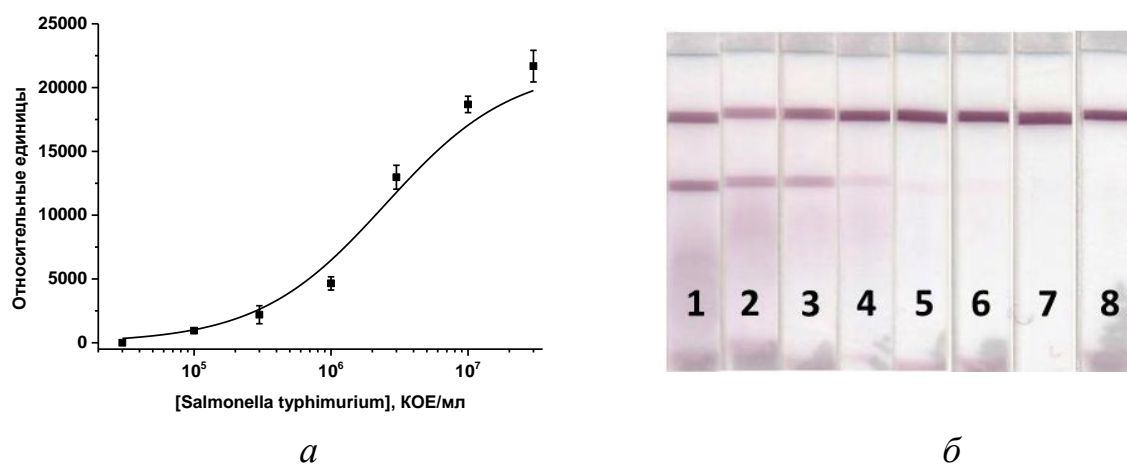


Рис. 3. Калибровочная кривая в стандартной ИХТС клеток *S. typhimurium* (а) и вид тест-полосок (б).  
Цифрами на тест-полосках обозначены концентрации клеток в пробах (КОЕ/мл):  
1 –  $3 \times 10^7$ , 2 –  $10^7$ , 3 –  $3 \times 10^6$ , 4 –  $10^6$ , 5 –  $3 \times 10^5$ , 6 –  $10^5$ , 7 –  $3 \times 10^4$ , 8 – 0.

### 3.3. Усиленная ИХТС клеток *Salmonella typhimurium* с использованием биметаллического нанозима

Усиленная ИХТС *S. typhimurium* с использованием нанозима Au@Pt методически не отличался от стандартной ИХТС клеток, за исключением дополнительной стадии катализа (инкубации тест-полоски с субстратом пероксидазы), проводимой по окончании иммунохроматографии. Для этого использовали коммерческую субстратную смесь на основе ДАБ, которая обеспечивала образование нерастворимого темно-коричневого продукта ферментативной реакции. В результате интенсивность окрашивания в зонах тест-полоски возрастала (без усиления нанозим, имеющий черный цвет, обеспечивает образование темно-серых полос). Следует отметить, что при использовании тест-полосок в обычной комплектации – с бумажной мембраной под образец, как в стандартной ИХТС, – нанозимные частицы задерживались на данном носителе, что приводило к снижению

интенсивности сигнала и ухудшало чувствительности анализа. Поэтому бумажную мембрану заменили на стекловолоконную, предварительно пропитанную ФБСТ для повышения подвижности меченого конъюгата и устранения неспецифических взаимодействий. Такая замена обеспечивала свободное движение меченых антител по тест-полоске. Кроме того, перед стадией каталитического усиления была добавлена короткая стадия промывки тест-полоски для устранения остатков меченых антител на поверхности рабочей мембраны и, соответственно, ее фонового окрашивания. Как видно из калибровочной кривой в усиленной ИХТС клеток *S. typhimurium* (рис. 4 а), стадия усиления обеспечила увеличение интенсивности сигнала и снижение вПрО на два порядка по сравнению со стандартной ИХТС – до  $2 \times 10^2$  КОЕ/мл. Рабочий диапазон определяемых концентраций составил  $2.6 \times 10^5 - 8.8 \times 10^7$  КОЕ/мл. Изображение тест-полосок после усиленной ИХТС представлено на рис. 4 б. Время анализа составило 15 мин (10 мин – на иммунохроматографию, 3 мин – на промывку тест-полосок и 2 мин – на проведение каталитической реакции).

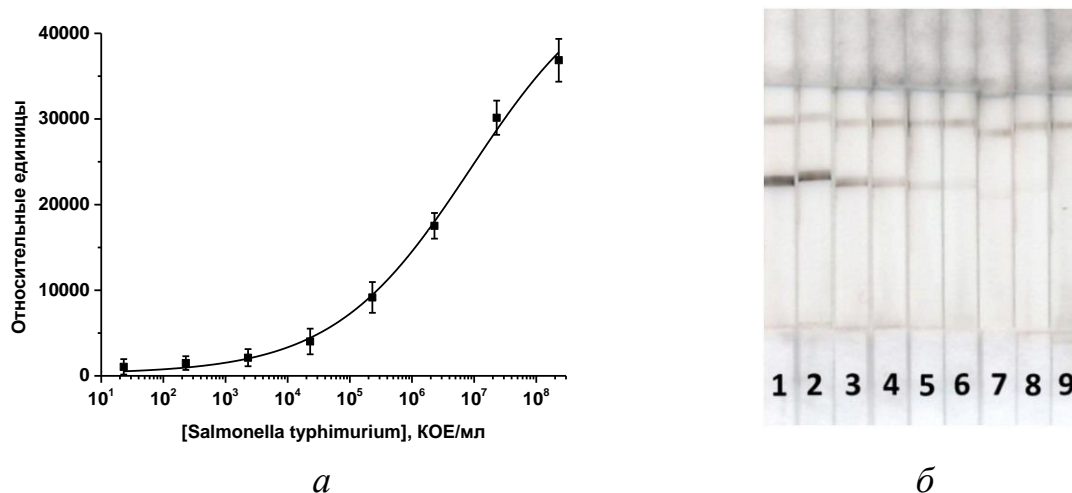


Рис. 4. Калибровочная кривая в усиленной ИХТС клеток *Salmonella typhimurium* с нанозимом  $Au@Pt$  (а) и вид тест-полосок (б). Цифрами на тест-полосках обозначены концентрации клеток в пробах (КОЕ/мл): 1 –  $2.3 \times 10^8$ , 2 –  $2.3 \times 10^7$ , 3 –  $2.3 \times 10^6$ , 4 –  $2.3 \times 10^5$ , 5 –  $2.3 \times 10^4$ , 6 –  $2.3 \times 10^3$ , 7 –  $2.3 \times 10^2$ , 8 – 23, 9 – 2.3, 10 – 0.

### 3.4. Усиленная ИХТС миоглобина с использованием берлинской лазури

Усиленную ИХТС МГ с нанозимом на основе БЛ реализовали по схеме с последовательным взаимодействием иммунореагентов, минимизирующей неспецифическое связывание маркера: инкубация тест-полоски с пробой → блокирование мембраны → инкубация тест-полоски с мечеными антителами → промывка тест-полоски. Были использованы укороченные полоски (обрезанные под нижний край рабочей мембраны), что, как и для нанозима  $Au@Pt$ , устраняло задержку движения маркера по рабочей мембране. Кроме того, применение коротких полосок способствовало уменьшению объема тестируемой пробы и ускорению четырех стадий анализа, что позволило сохранить экспрессность детекции. Перед нанесением конъюгата МАТ–БЛ по тест-полоскам пропускали ФБСТ<sub>ТВ</sub> с 5% БСА для предотвращения неспецифических взаимодействий. Перед нанесением субстрата ДАБ полоски промывали ФБСТ<sub>ТВ</sub> для снижения фонового окрашивания. При реализации последовательной сэндвич-ИХТС время тестирования увеличивается из-за введения дополнительных стадий, достигая 27 мин. Калибровочная кривая усиленной ИХТС МГ и вид тест-полосок представлены на рис. 5. Согласно полученным результатам, вПрО МГ равнялся 4 нг/мл, рабочий диапазон определяемых концентраций – 242–3290 нг/мл. Таким образом, применение каталитического усиления колориметрического сигнала позволило снизить вПрО МГ почти в 4 раза по сравнению со стандартной ИХТС на основе НЧЗ.

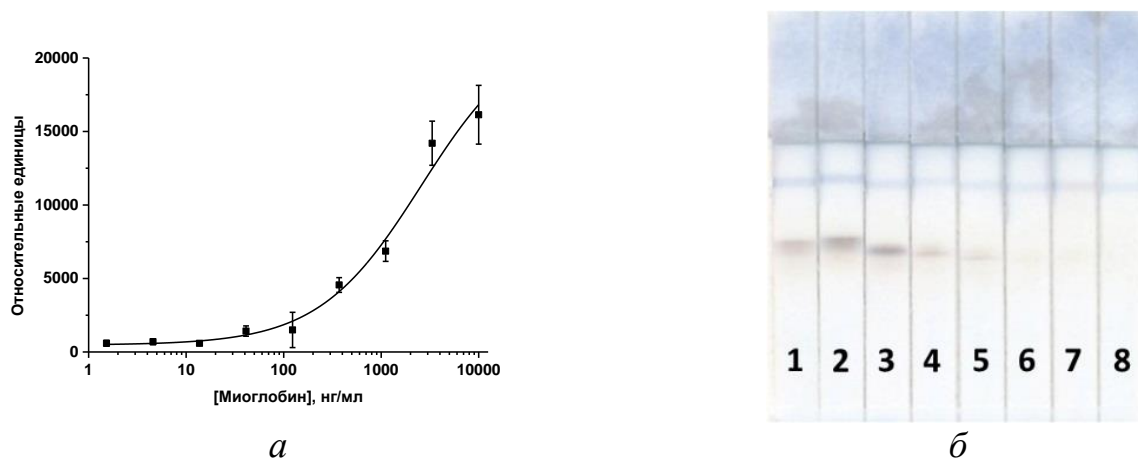


Рис. 5. Калибровочная кривая в усиленной ИХТС МГ на основе БЛ и вид тест-полосок (б). Цифрами на тест-полосках обозначены концентрации МГ в пробах (нг/мл): 1 – 3333, 2 – 1111, 3 – 370, 4 – 124, 5 – 41.2, 6 – 13.7, 7 – 4.6, 8 – 1.5.

### 3.5. Апробация усиленных ИХТС для контроля пищевых продуктов

Разработанные усиленные ИХТС МГ и клеток *S. typhimurium* были апробированы для детекции аналитов в пробах готовой пищевой продукции – молока с жирностью 3.2%, куриного мяса (определение бактериального патогена) и колбас, содержащих и не содержащих свинину (определение МГ). Поскольку молоко и мясные продукты являются многокомпонентными матриксами, требовалась разработка методик пробоподготовки, обеспечивающих снижение матричного эффекта и (для проб колбас и куриного мяса) эффективное извлечение аналитов. Обработка проб сырого мяса и готовой мясной продукции перед анализом проводилась по разработанной нами ранее методике, заключающейся в экстракции МГ из измельченных проб специально подобранным экстрагентом и отделении твердого матрикса центрифугированием [14]. При работе с жидким матриксом молока достаточным оказалось простое разбавление проб ФБСТ. Сравнение разных режимов разбавления молока показало, что матричный эффект полностью устраняется при разведении в 20 раз.

Вид тест-полосок после детекции МГ в пробах колбас и клеток *S. typhimurium* в молоке и курином мясе представлен на рис 6. Как видно, для молока и экстрактов куриного мяса наблюдается снижение окрашивания аналитических зон с уменьшением концентрации клеток *S. typhimurium* (рис. 6 б, в). МГ детектируется только в колбасе, содержащей свинину (тест-полоска Б на рис. 6 а); при анализе экстрактов колбас из говядины и растительного сырья окрашенные линии в А-зонах не визуализируются (тест-полоски А, В на рис. 6 а). Таким образом, разработанные ИХТС с усилением позволяют детектировать выбранные аналиты в пробах как жидкой, так и твердой пищевой продукции. Предложенные методы представляются перспективными и конкурентоспособными благодаря высокой чувствительности и экспрессности и могут быть рекомендованы для быстрого массового контроля.

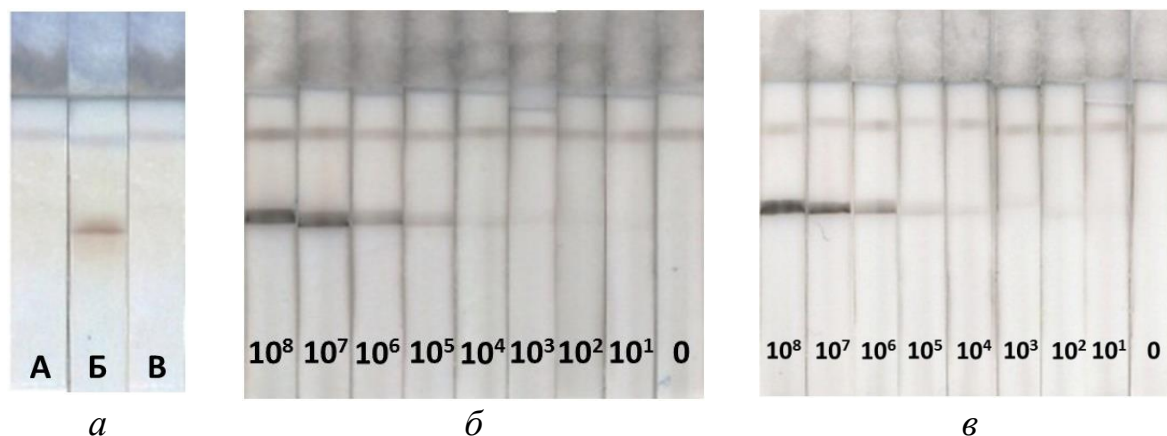


Рис. 6. Вид тест-полосок после усиленных ИХТС МГ в пробах колбас (а) и клеток *S. typhimurium* в пробах молока (б) и куриного мяса (в). Буквами на тест-полосках обозначены типы колбас: А – веганская колбаса на растительной основе, Б – вареная колбаса состава свинина-говядина, В – варено-копченая колбаса из говядины. Цифрами на тест-полосках обозначены концентрации клеток в пробах (КОЕ/мл)

#### 4. Выводы

Разработаны подходы, направленные на повышение чувствительности иммунохроматографического определения миоглобина и клеток *S. typhimurium* при контроле состава и контаминации пищевой продукции. Предложенные подходы основаны на применении наночастиц-маркеров с каталитическими свойствами (нанозимов). Благодаря росту интенсивности аналитического сигнала достигнуто значительное снижение ПрО: в 4 раза для МГ и в 100 раз – для клеточного патогена. Разработаны процедуры пробоподготовки пищевых матриц. Показано успешное применение усиленных ИХТС для определения МГ и клеток *S. typhimurium* в молоке, курином мясе и колбасах. Универсальность предложенного использования каталитических свойств нанозимов в усиленных ИХТС позволяет рекомендовать их для высокочувствительного обнаружения других аналитов в пищевых продуктах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 23-46-10011 – разработка ИХТС клеток *S. typhimurium*; проект 19-16-00108 – разработка ИХТС миоглобина).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Current trends of food analysis, safety, and packaging / B. Modi, H. Timilsina, S. Bhandari, A. Achhami, et al. // International Journal of Food Science. – 2021. – V. 2021. – Article 9924667.
2. Reducing foodborne pathogen persistence and transmission in animal production environments: challenges and opportunities / E.D. Berry, J.E. Wells // Microbiology Spectrum. – 2016. – V. 4. No. 4.
3. Food adulteration: Sources, health risks, and detection methods / S. Bansal, A. Singh, M. Mangal, A.K. Mangal, et al. // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2017. – V. 57. – P. 1174–1189.
4. Relationships between food and diseases: What to know to ensure food safety / M. Gallo, L. Ferrara, A. Calogero, D. Montesano, et al. // Food Research International. – 2020. – V. 137. – Article 109414.
5. Multiplexed detection of biomarkers in lateral-flow immunoassays / L. Huang, S. Tian, W. Zhao, K. Liu, et al. // Analyst. – 2020. – V. 145. – P. 2828–2840.
6. 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.
7. 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.
8. Rational design strategies for nanozyme / Z. Chen, Y. Yu, Y. Gao, Z. Zhu // ACS Nano. – 2023. – V. 17. – No 14. – P. 13062–13080.



9. Controlled nucleation for the regulation of the particle size in monodisperse gold suspensions. / G. Frens // *Natural Physical Science* – 1973. – V. 241. – P. 20-22.
10. Platinum-decorated gold nanoparticles with dual functionalities for ultrasensitive colorimetric in vitro diagnostics / Z. Gao, H. Ye, D. Tang, J. Tao, et al. // *Nano Letters*. – 2017. – V. 17. – No. 9. – P. 5572–5579.
11. A sensitive lateral flow immunochromatographic strip with Prussian blue nanoparticles mediated signal generation and cascade amplification / Tian M., Xie W., Zhang T., Liu Y., et al. // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2020. – V. 309. – Article 127728.
12. G.T. Hermanson. *Bioconjugate Techniques*, 3rd ed.; Pierce Biotechnology. – Rockford, IL, USA: Thermo Fisher Scientific, 2013. – 1200 p.
13. 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.
14. 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.
15. 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.

## **APPLICATION OF NANOZYMES TO INCREASE SENSITIVITY OF IMMUNOCHROMATOGRAPHIC CONTROL OF FOOD PRODUCTS**

<sup>1</sup>Hendrickson Olga Dmitrievna, Ph.D., Senior Researcher

<sup>2</sup>Byzova Nadezhda Alekseevna, Senior Researcher

<sup>3</sup>Zvereva Elena Anatol'evna, Ph.D., Senior Researcher

<sup>4</sup>Zherdev Anatoly Vitalievich, Doctor of Science, Leading Researcher

<sup>5</sup>Dzantiev Boris Borisovich, Doctor of Science, Prof., Head of Laboratory

<sup>1,2,3,4,5</sup>A.N. Bach Institute of Biochemistry, Research Center of Biotechnology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: odhendrick@gmail.com

*The control of food products' quality is an urgent problem in modern society. The development and improvement of rapid methods for monitoring the composition and contamination of raw materials and food products is required. In this study, approaches based on the use of nanozyme labels are proposed to increase the sensitivity of rapid immunochromatographic test systems. The developed formats for enhanced immunochromatographic analysis (ICA) were used for the detection of myoglobin as a biomarker of pork and Salmonella typhimurium cells as the most common pathogen causing foodborne infections. The proposed ICAs with enhancement allow reducing the detection limit of myoglobin and S. typhimurium cells by 4–100 times. The ICAs were successfully approved for the detection of myoglobin and the bacterial pathogen in samples of milk, chicken meat, and sausages of various compositions.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПЕПТИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ И ИЗОМАЛЬТООЛИГОСАХАРИДА В СПОРТИВНОМ ПИТАНИИ

<sup>1</sup>Горбачева Анастасия Владимировна, магистрантка 2-го курса

<sup>2</sup>Мезенова Ольга Яковлевна, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой пищевой биотехнологии

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: gorbachewa.anastasiia@yandex.ru; mezenova@klgtu.ru;

*Рассматривается применение пептидной добавки из чешуи сардинеллы и изолята сывороточного белка в качестве источника аминокислот в питании спортсменов скоростно-силовых видов спорта. Обосновано применение изомальтотриосахаридов в качестве подсластителя и регулятора гликемической реакции в целевом продукте. Предложена рецептура печенья и описаны органолептические показатели его различных образцов с применением биологически активных добавок.*

Важную роль в подготовке спортсменов к соревнованиям играет правильное питание, сбалансированное по основным биологически активным веществам, помогающее восстанавливать силы спортсмена после тренировок. Приоритетными компонентами для таких продуктов могут служить белковые источники, отвечающие требованиям сбалансированности по аминокислотному составу. Спортивное питание в настоящее время зачастую преподносится под брендом «перекусы», что предопределяет в них высокую энергетическую ценность и приятные органолептические свойства. Ценным компонентом в составе спортивного питания представляется гидролизат коллагеновых тканей, как источник аминокислот для синтеза опорно-двигательных тканей спортсмена. Для этих целей предлагается использовать гидролизат чешуи рыб, как концентрат низкомолекулярных пептидов коллагеновой природы [1].

В Калининградской области чешуя таких рыб, как сардина и сардинелла, в значительных количествах накапливающаяся на рыбконсервных заводах, при этом она не используется даже на кормовые нужды. Доказана рациональность использования её биопотенциала в спортивном питании в качестве источника активных пептидов [1]. Белки чешуи рыб представлены преимущественно коллагеном, в состав которого входят аминокислоты, участвующие в строительстве и регенерации опорно – двигательного аппарата человека, несущего основную нагрузку в скоростно – силовых видах спорта [1, 2]. Получаемые по технологии глубокого гидролиза из чешуи рыб короткие пептиды обладают многими физиологическими эффектами, востребованными в спортивном питании. Биологически активные низкомолекулярные пептиды положительно апробированы в качестве биологически активной добавки в питании спортсменов в составе желированных изделий и протеиновых батончиков [3].

Короткие пептиды имеют размер 2 – 20 аминокислот и молекулярную массу менее 60 КДа. Аминокислотный состав и их последовательности определяют вид и влияют на активность биопептидов. Основываясь на их структурных свойствах, аминокислотном составе и последовательности, эти пептиды могут играть физиологически различные роли, такие как опиатоподобные, связывающие минералы, иммуномодулирующие, противомикробные, антиоксидантные, антитромботические, гипохолестеринемические и антигипертензивные функции [4].

Наиболее важным компонентом белков чешуи рыб является белок коллаген, который состоит из аминокислот, участвующих в строительстве и регенерации опорно – двигательного аппарата человека, имеет аминокислоты (глицин, аргинин, лизин), оказывающие положительное нейрогуморальное воздействие, востребованное в спорте [1].

Для получения добавки с низкомолекулярными активными пептидами использовали мороженую чешую сардинеллы ауриты (*Sardinella auruta*) с небольшим количеством прирезей мышечной ткани и мелких косточек. Пептидная добавка получалась методом высокотемпературного термолиза в лаборатории кафедры пищевой биотехнологии КГТУ [5].

Для получения полезной для спортсменов композиции пептидный продукт обогащали изолятом сывороточного белка. Сывороточный изолят представляет собой изолированный белок из молочной сыворотки, как побочного продукта при производстве творога и/или сыра. Сывороточный изолят имеет сбалансированный аминокислотный состав белков, оказывают положительное влияние на симбиозное пищеварение кишечника, что обеспечивает неиммунную защиту от патогенов, а также пребиотические эффекты. Изолят сывороточного белка содержит более 90% белков, которые состоят из  $\beta$ -лактоглобулина,  $\alpha$ -лактальбумина, иммуноглобулинов в количественном соотношении соответственно 50–55%, 20–25%, 10–15% и 5–10% от общего количества белков [5]. Данный продукт отличается глубокой степенью очистки, включает повышенное количество аминокислот с разветвленными боковыми цепями, а именно лейцина, изолейцина и валина (ВСАА), которые приоритетны в спортивном питании. Сывороточный белок хорошо усваивается организмом, даёт быстрое чувство насыщения и предотвращает переизбыток, что необходимо для питания спортсменов скоростно-силовых видов спорта.

В качестве подсластителя в продукт добавлялся сахарозаменитель – изомальтоолигосахарид (ИМО), который представляет собой смесь короткоцепочечных углеводов, состоящих из молекул глюкозы, соединенных между собой. Гликемический индекс ИМО равен двум единицам. Исследования показали, что различные  $\alpha$ -гликозидные связи в ИМО гидролизуются  $\alpha$ -гликозидазами млекопитающих, в том числе человека. ИМО могут применяться в пищевой промышленности в качестве медленно усваиваемых материалов для регулирования гликемической реакции и доставки энергии в пищеварительную систему человека [7].

Цель работы заключалась в разработке состава печенья с повышенным содержанием белка и активных пептидов, добавлением изомальтоолигосахаридов в качестве подсластителя, а также оценке перспективности использования данного печенья в питании спортсменов.

Сывороточный белок обладает повышенной биологической ценностью, содержит сбалансированный набор аминокислот, приближенный к аминокислотной шкале «идеального белка». Аминокислотный состав сывороточного белка наиболее близок к аминокислотному составу мышечной ткани человека, а по содержанию незаменимых аминокислот и аминокислот с разветвленной цепью превосходят все остальные белки животного и растительного происхождения [1].

Важным показателем активности пептидов, выделенных из чешуи рыб, является аминокислотный состав, который обуславливает пластические, энергетические, репарационные и нейрогормональные функции в организме спортсменов. Основными по массе аминокислотами гидролизата чешуи сардинеллы являются: глицин, аланин, пролин и гидроксипролин [1].

Глицин – это центральный нейромедиатор тормозного действия, улучшает метаболические процессы в тканях мозга, оказывает антидепрессивное действие, обладает антиоксидантным и антитоксическим действием. Аланин является одним из источников «быстрой» энергии, он легко превращается в печени в глюкозу и наоборот, обеспечивая глюконеогенез печени. Пролин и гидроксипролин служат основными «строителями» белка коллагена, они резко изгибают его пептидную цепь, обеспечивая гибкость и прочность [1].

Аминокислотный состав и пищевая ценность компонентов, используемых для обогащения проектируемого печенья, представлен в таблице 1 [1].

Таблица 1

**Пищевая ценность компонентов на 100 г, входящих в состав печенья  
(содержание АК, г/100 г белка)**

Наименование показателя	Чешуя сардинеллы	Изолят сывороточного белка	Изомальтоолигосахарид
Белки		90,0	0
Жиры		1,0	0
Углеводы		3,0	98
Энергетическая ценность		380 ккал/1600 кДж	236 ккал/988 кДж
Аминокислотный состав			
Аланин	5,6	5	
Аргинин	4	2,1	
Аспарагин	0,1	-	

Наименование показателя	Чешуя сардинеллы	Изолят сывороточного белка	Изомальтоолигосахарид
Аспарагиновая кислота	2,5	11,1	
Цистин	-		
Глютамин	0,4	-	
Глютаминовая кислота	4,3	18,2	
Глицин	13,1	-	
Гистидин	0,6	1,7	
Гидроксипролин	4,4	-	
Изолейцин	0,5	6,4	
Лейцин	1,3	10,7	
Лизин	2,0	9,7	
Метионин	0,01	2,2	
Фенилаланин	1,1	3,0	
Пролин	5,9	5,5	
Серин	1,5	4,6	
Треонин	1,1	6,7	
Триптофан	-	1,4	
Тирозин	0,3	2,6	
Валин	0,8	5,9	

Как видно из таблицы 1, использование одновременно пептидной добавки и сывороточного изолята повышает аминокислотную сбалансированность белка и его функциональность применительно к приоритетам для питания спортсменов. Чтобы печенье имело приятный сладковатый вкус, используется сахарозаменитель, который имеет углеводный состав, практически не влияющий на гликемический индекс продукта.

Приготовление опытных образцов проводили по различным рецептурам. Базовую рецептуру образцов обогащали гидролизатом сывороточного белка, сахарозаменителем ИМО и пептидной добавкой в различных количествах. Полученные образцы исследовали по основным органолептическим показателям (таблица 2).

Таблица 2

### Органолептические показатели качества обогащенного печенья

Наименование показателя	Контрольный образец	Образец № 1	Образец № 2	Образец №3
Пептидная добавка	+	-	-	+
Сывороточный изолят	+	-	+	+
Сахарозаменитель	+	-	+	-
Вкус и запах	Приятный аромат выпечки	Свойственный выпечке	Шоколадный	Насыщенный ореховый и сладкий
Цвет	Золотисто – коричневый	Коричневый	Темно – коричневый	Золотистый
Поверхность	Гладкая	Шероховатая	Неоднородная	Ровная
Вид в изломе	Однородный	Неоднородный	Пористый	Пористый
Текстура	Сухая, рассыпчатая	Влажная	Нежная	Влажная
Форма	Круглая	Прямоугольная	Неровная	Круглая

Из данных таблицы 2 видно, что текстура образцов №1 и №3 является влажной, что отрицательно сказывается на стойкости хранения готовых изделий. В ходе исследования было установлено, что данные образцы сохраняют первоначальное качество всего двое суток. Образец №2 имел нежную текстуру и шоколадный привкус, а также неоднородную поверхность и неровную форму, что является недостаточно привлекательным для потребителей. Из анализа представленных данных можно сделать вывод, что контрольный образец является наиболее соответствующим по составу и органолептическим показателям, при этом в его состав входят все добавки, обоснованные в питании спортсменов.

Состав печенья контрольного образца представлен в таблице 3. Помимо функциональных добавок в состав печенья входят яичный белок, измельченные овсяные хлопья и пшеничная мука.

Таблица 3

### Состав печенья, рекомендуемого в спортивном питании

Наименование показателя	Количество (г)
Сывороточный изолят	25
Яичный белок	80
Сахарозаменитель	15
Овсяные хлопья	60
Пептидная добавка	5
Пшеничная мука	15
Выход готового продукта:	150
Энергетическая ценность 100 г, ккал	260

Энергетическая ценность 100 г готового печенья составляет 260 ккал, что является достаточно высоким показателем. С учетом повышенной сбалансированности печенья по аминокислотному составу его рационально применять в качестве перекусов в спортивном питании.

Для приготовления данного печенья все ингредиенты перемешиваются вместе до однородного состояния теста, затем формируются шарики и выкладываются на застеленный пергаментом противень. Затем печенью придается необходимая форма и оно запекается в разогретом до 190°C духовом шкафу. Печенье получается с красивой золотистой корочкой и хрустящей консистенцией.

Таким образом, показана рациональность комбинирования пептидной добавки из чешуи сардинеллы, сывороточного изолята и сахарозаменителя – изомальтоолигосахаридов в составе печенья, рекомендуемого в питании спортсменам скоростно-силовых видов спорта. Кондитерское изделие потенциально обладает повышенным по сбалансированности аминокислот составом, требуемой энергетической ценностью, имеет приятные органолептические показатели. Такой продукт может быть востребован в спортивном питании в качестве гейнера – белково-углеводного изделия, обладающего эффективными энергетическим и пластическим эффектами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенова, Н. Ю. Активные пептиды рыбной чешуи в гейнерах для спортивного питания / Н. Ю. Мезенова, Л. С. Байдалинова, О. Я. Мезенова, J.-T. Moersel, A. Hoeling // Вестник МАХ. – 2014. – № 2. – С. 48–52.
2. Байдалинова Л.С. Оценка степени гидролиза белков вторичного рыбного сырья при ферментативной и гидротермической обработке / Вестник науки и образования Северо-Запада России, 2018, Т.4, №2, С. 1 – 10.
3. Некрасова Ю. О., Мезенова О. Я., Мерзель Й.-Т. Обоснование использования биопотенциала гидролизатов коллагенсодержащего рыбного сырья в протеиновом спортивном питании // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11. N 4. С. 603–616.
4. Sarmadi B.H., Ismail A. Antioxidative peptides from food proteins: a review // Peptides. 2010. V. 31. No. 10. P. 1949 – 1956. DOI: 10.12691/jfnr- 4-6-6.
5. Мезенова О.Я., Волков В.В., Мерзель Т., Гримм Т., Кюн С., Хелинг А., Мезенова Н.Ю. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении пептидов и исследование их аминокислотной сбалансированности // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8, N 4. С. 83–94.
6. Oxidation of whey protein isolate after thermal convection and microwave heating and freeze-drying: Correlation among physicochemical and NIR spectroscopy analyses // 2023. V. 9. No. 7. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c07946
7. Young-Bo Song, Lisa M Lamothe, New insights suggest isomaltooligosaccharides are slowly digestible carbohydrates, rather than dietary fibers, at constitutive mammalian  $\alpha$ -glucosidase levels DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.13245

# RESEARCH AND APPLICATION OF PEPTIDE COMPOSITIONS AND ISOMALTOOLIGOSACCHARIDE IN SPORTS NUTRITION

<sup>1</sup>Gorbacheva Anastasia Vladimirovna, 2st year graduate student

<sup>2</sup>Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, Professor,  
Head Department of Food Biotechnology

<sup>1,2</sup>Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,  
e-mail: gorbachewa.anastasiia@yandex.ru; mezenova@klgtu.ru

*The use of secondary fish raw materials isolated from a mixture of Sardinella aurata scales (Sardinella aurata) as a biologically active additive is described. The prospects of using whey protein isolate and isomaltooligosaccharide (IMO) in the nutrition of athletes have been determined. The cookie recipe has been developed and the organoleptic parameters of various samples with the use of biologically active additives have been described.*

УДК 665.213.9

## ЖИР ИЗ ВТОРИЧНОГО РЫБНОГО СЫРЬЯ В АСПЕКТЕ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА

Дамбарович Леонид Васильевич, аспирант кафедры пищевой биотехнологии

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

*Исследованы показатели выхода жира, выделенного из вторичного рыбного сырья, образующегося на рыбоперерабатывающих предприятиях Калининградской области. Исследовано содержание жира во вторичном сырье. Рыбный жир, полученный из вторичного сырья, предложено использовать в производстве биотоплива.*

### Введение

Рыбные отходы представляют собой массу вторичного сырья, которая содержит белковые, жировые и минеральные компоненты. Переработка вторичных рыбных ресурсов вызывает большой интерес в регионах с мощным рыбоперерабатывающим комплексом, в которых их накапливается существенное количество. Белковые и минеральные компоненты отходов находят применение для переработки на пищевую и кормовую продукцию [1]. Жиры вторичного сырья также обладают высоким потенциалом для использования в технологии пищевых продуктов и добавок за счет высокого содержания полиненасыщенных жирных кислот ряда омега-3 [2]. Однако, будучи высоконеустойчивыми соединениями, полиненасыщенные жирные кислоты быстро окисляются, из них образуются низкомолекулярные токсичные соединения. Поэтому часть рыбных отходов содержит жиры неудовлетворительного качества, пригодные исключительно для технических целей.

Территория Калининградской области насчитывает большое количество рыбоперерабатывающих предприятий, вторичное сырье которых может использоваться для получения жира. По полученным данным от Федерального агентства по рыболовству средняя переработка и производство рыбы составляет около 362 тыс. тонн в год [2], отходы жиросодержащего сырья составляют от 10 до 50 % при переработке. Малая доля отходов направляется на производство рыбной муки (не более 5 %), большая же их часть не находит применения.

Рыбный жир-полуфабрикат может быть получен из целых или разделанных некондиционных рыб, внутренних органов или образующихся при разделке голов, хребтов или хвостов рыб. Максимально увеличить выход рыбного жира-сырца позволяет использование ферментативной обработки сырья. Различные коммерческие протеазы приводят к глубокой деструкции белков рыбного сырья, разрушают жировые клетки и липопротеидные комплексы, в результате чего значительно облегчается отделение жира. Такой подход является целесообразным с точки зрения комплексности и экономической эффективности использования сырья [3].

Актуальным направлением переработки рыбных жиров неудовлетворительного качества видится использование жира в аспекте разработки биотоплива [3].

Одним из видов биотоплива является биодизель, который получают из триглицеридов (реже свободных жирных кислот) реакцией переэтерификации (этерификации) одноатомными спиртами (метанол, этанол и др.). По сравнению с минеральным дизельным топливом, биодизель является более экологичным топливом, не увеличивается выброс в атмосферу углекислого газа, так как растение или животное, из которого его получили, использовало его из окружающей среды [4]. Биодизель получают с помощью реакции переэтерификации, которая представляет собой взаимодействие жирных кислот со спиртами. Реакция переэтерификации жира этиловым спиртом (этанолом)  $C_2H_5OH$  в присутствии катализатора (серной кислоты  $H_2SO_4$ ) представлена на рисунке 1. Она протекает в три стадии: с распадом триацилглицеридов и образованием диацилглицеридов, затем моноацилглицеридов и, наконец, с расщеплением последних с образованием этиловых эфиров жирных кислот и глицерина.

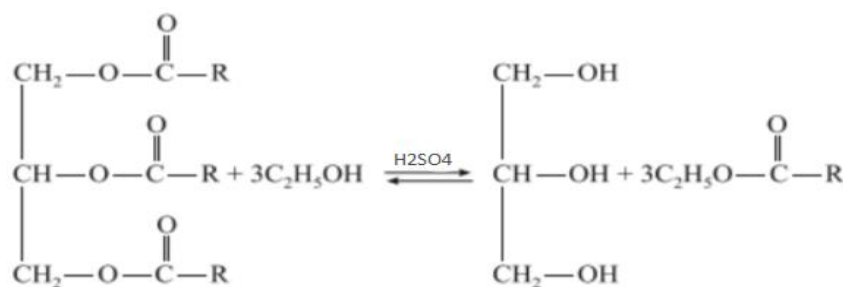


Рис. 1. Реакция переэтерификации

Содержание серы в биодизеле на порядок меньше, чем в минеральном аналоге – менее 0,001 %, тогда как в минеральном дизтопливе – менее 0,2 %. При производстве биодизеля побочным продуктом является глицерин, который в свою очередь может использоваться для химической, медицинской, пищевой, текстильной и других промышленности [6].

### Объекты и методы исследований

Жир для получения биодизеля получали из вторичного рыбного сырья, образующегося на рыбоперерабатывающих предприятиях Калининградской области. Вторичным сырьем для переработки являются головы, хребты, хвосты и внутренние органы. Жир получали из измельченного сырья, подвергнутого ферментативному гидролизу, а после выделяли гидротермическим способом и очищали от примесей центрифугированием. Для ферментативной обработки использовали ферментный препарат Алкалаза (Novozymes).

Получение биодизеля осуществлялось на лабораторной установке с обратным холодильником с последующим анализом его выхода. Вторичные рыбные отходы головы и хребты скумбрии измельчались, после заливались дистиллированной водой в соотношении 1:1 с добавлением ферментного препарата Алкалаза. Температура гидролиза составляла 50 °С, при времени 60 минут. После ферментативной обработки из сырья отделяли жир. Полученный жир заливался в установку, добавлялся этиловый спирт в соотношении 4:1 с катализатором  $H_2SO_4$  к общей массе реагентов в 1 %. Реакция протекала при присоединенном обратном холодильнике для недопущения испарения спирта из реакционной смеси при температуре 80 °С на протяжении 6 часов. После окончания

реакции полученный биодизель отделялся от глицерина, и промывался горячей дистиллированной водой для удаления остатков серной кислоты и других примесей.

### Результаты исследований

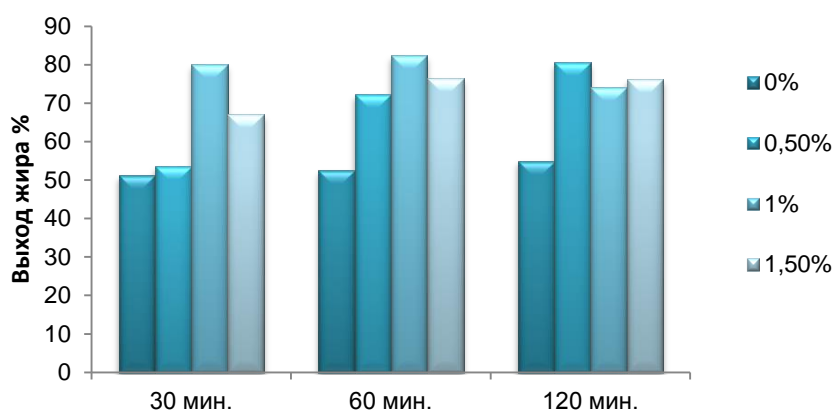
Отходы при производстве шпрот из копченой кильки, а так же головы и хребты скумбрии ежедневно образуются на рыбоперерабатывающих предприятиях Калининградской области. Ежедневное количество таких отходов доходит до 20-22 тонн. В таблице 1 указан общий химический состав рыбных отходов, %

Таблица 1

**Общий химический состав вторичного сырья скумбрии**

Объект	Влага	Жир	Белок	Зола
Головы и хребты скумбрии	58,7	19,2	18,3	4,8

Содержание жира в объектах является приемлемым для дальнейшего извлечения и использования. На рисунке 2 представлен выход жира при ферментном катализе вторичного рыбного сырья с использованием ферментного препарата Алкалаза. При этом за контрольный образец были взяты навески без ферментного препарата.



*Рис. 2. Зависимость выхода жира скумбрии из вторичного сырья от дозировок ферментного препарата Алкалаза: 0; 0,5; 1,0; 1,5 %*

Исходя из полученных данных, представленных на рисунке 2, были установлены оптимальные условия извлечения жира из вторичного рыбного сырья. Максимальный выход жира составил 82,4 % при содержании ферментного препарата Алкалаза 1 % от исходного сырья и гидролизе 60 минут.

Технологические режимы получения биодизеля зависят от типа жира-сырца. Нами было проведено ряд экспериментов для выбора наиболее оптимальных процессов и режимов, а также реагентов при получении биодизеля. В каждом случае в первую очередь осуществлялась предварительная фильтрация жира для удаления белковых примесей и воды. При недостаточной очистке жира-сырца и несоблюдении технологических режимов есть вероятность протекания гидролиза триглицеридов с образованием солей жирных кислот вместо их эфиров.

В таблице 2 представлены технологические режимы получения биодизеля из жира вторичного рыбного сырья.



### Варианты технологических условий получения биодизеля

Гидролиз	Спирт	Катализатор	Время	Температура °С	Выход
Кислотный	Этанол 95,6 %	серная кислота	6 часов	75-80	65-70%
Щелочной	Этанол 95,6 %	гидроксид натрия	6 часов	75-80	60-70%
Щелочной	Этанол 95,6 %	гидроксид калия	6 часов	75-80	60-70%

При получении биодизеля кислотным катализом, процесс проходит с минимальными техническими сложностями. При использовании гидролиза на щелочном катализаторе требуется технически сложные установки с отделением получившейся воды в реакторе.

Хотя гомогенный кислотный катализатор реже применяется для процесса получения биодизельного топлива, чем щелочной катализатор, в связи с тем, что реакция трансэтерификации, катализируемая кислотой, протекает медленнее, кислотно катализируемая трансэтерификация, имеет важное преимущество по сравнению с основно-катализируемой: производительность кислотного катализатора не сильно зависит от наличия и количества свободных жирных кислот в сырье. Кислотные катализаторы могут одновременно катализировать как реакцию этерификации, так и трансэтерификации. Таким образом, большим преимуществом кислотных катализаторов является то, что они позволяют производить биодизель непосредственно из недорогого липидного сырья, обычно содержащего высокие концентрации свободных жирных кислот. Полученный биодизель должен соответствовать требованиям документов, представленным в таблице 3.

Таблица 3

### Сравнение требований показателей качества биодизельного топлива Европейских и Российских стандартов и методы их определения

Показатель	Требования EN590:2009	Требования ГОСТ 52368-2005	Метод определения
Температура воспламенения, °С	-	-	ГОСТ 12.1.044-89
Температура вспышки, °С	более 55	более 55	ГОСТ 34238-2017
Температура застывания, °С	-	-	ГОСТ 20287-91
Цетановое число	не менее 51	не менее 51	ГОСТ 32508-2013
Плотность при 15°С, кг/м <sup>3</sup>	820-845	820-845	ГОСТ 8.599-2010
Содержание серы мг/кг	менее 50	менее 350	ГОСТ ISO 20884-2016
Зольность %	0,01	0,01	ГОСТ 1461-75
Содержание воды, мг/кг	200	200	ГОСТ Р 52368-2005
Вязкость при 40°С, мм <sup>2</sup> /с	2-4,5	2-4,5	ГОСТ 32511-2013

Полученный в лабораторных условиях образец представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Биодизель, полученный в ходе кислотного гидролиза из жира скумбрии, не очищенный (слева) и очищенный (справа)

## Выводы

Вторичное рыбное сырье скумбрии содержит большое количество жира. Использование ферментного катализа для выделения из рыбного сырья жира является перспективным, поскольку позволяет наиболее полно извлечь жир. Кислотный катализ в получении биодизеля является наиболее приемлемым в лабораторных условиях способом обработки жирового сырья.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенова, О.Я. Исследования по комплексной переработке рыбных отходов и использование получаемых продуктов/ Мезенова О.Я., Агафонова С.В., Романенко Н.Ю., Волков В.В., Калинина Н.С., Киселев Е.Г., Жила Н.О.,// - Керчь: Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. - 2023. С.-195-199.

2. Дамбарович, Л.В. Жир из вторичного сырья скумбрии в технологии обогащенных эмульсионных продуктов/ Дамбарович, Л.В. Агафонова С.В.// - В сборнике: БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. материалы VIII Международного Балтийского морского форума : в 6 т.. -2020. С. 24-29.

3. Дамбарович, Л.В. Ферментативная экстракция жира из вторичного сырья атлантической скумбрии и его использование в функциональном питании / Дамбарович, Л.В. Агафонова С.В.// - Вестник международной академии холода -2022. -№2 С.- 48-54.

4. Дубровин, В.А. Технология и технические средства производства биодизельного топлива из растительного масла / Дубровин В.А., Драгнев С.В. // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. - 2012. С. - 98-102.

5. Статистика и аналитика Федерального агентства по рыболовству [Электронный ресурс] // Федеральное агентство по рыболовству [Официальный сайт]. – Режим доступа: <http://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika> (дата обращения: 2.08.2023 г.).

6. Федоренко, В.Ф. Состояние и развитие производства биотоплива / Федоренко В.Ф., Колчинский Ю.Л., Шилова Е.П.// – М.: ФГНУ «Росинформротех», -2007.С. - 130.

## OIL FROM SECONDARY FISH RAW MATERIALS IN THE BIOFUEL ASPECT

Dambarovich Leonid, postgraduate student of the Department of Food Biotechnology

Kaliningrad, Russia, e-mail: LeoDambarovich@yandex.ru

*The indicators of the yield of fat isolated from secondary fish raw materials formed at fish processing enterprises of the Kaliningrad region are investigated. The fat content in secondary raw materials was investigated. Fish oil obtained from secondary raw materials is proposed to be used in the production of biofuels. The article summarizes the literature data covering the key aspects of biofuels in the production of secondary fish raw materials.*

## ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА ПИВНОЙ ДРОБИНЫ

<sup>1</sup>Дикалова Елена Сергеевна, старший преподаватель кафедры  
«Технология бродильных производств и виноделия»

<sup>2</sup>Колесниченко Марина Николаевна, канд. техн. наук,  
доцент кафедры «Технология бродильных производств и виноделия»

<sup>3</sup>Каменская Елена Петровна, канд. биол. наук, доцент,  
доцент кафедры «Технология бродильных производств и виноделия»

<sup>4</sup>Кожемякин Денис Сергеевич, магистрант кафедры  
«Технология бродильных производств и виноделия»

<sup>1,2,3,4</sup> ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия, e-mail: <sup>1</sup>des\_1983@mail.ru;  
<sup>2</sup>mar.kolesnichenko2012@yandex.ru; <sup>3</sup>ekam2007@yandex.ru; <sup>4</sup>denkzm1998@mail.ru

*Цель работы – исследование влияния комплексных ферментных препаратов на процесс гидролиза пивной дробины. Объекты исследования: пивная дробина, комплексные ферментные препараты производства ООО ПО «Сиббиофарм» (г. Бердск), обладающие целлюлолитическим, ксиланазным,  $\beta$ -глюканазным и протеолитическим действиями. В результате установлены дозировки ферментных препаратов, обеспечивающих оптимальное совместное накопление редуцирующих сахаров и аминного азота. Полученные данные могут быть использованы при оптимизации состава мультиэнзимных композиций для гидролиза пивной дробины с применением методов математического моделирования.*

### Введение

Ухудшение экологической обстановки, интенсивное развитие предприятий различных отраслей, популяризация продуктов, полученных из вторичных сырьевых ресурсов, снижение затрат на производство, снижение стоимости продукции – факторы, способствующие активному созданию и внедрению малоотходных и безотходных технологий. Предприятия пищевой промышленности являются источниками вторичного сырья для создания новых видов продукции. Среди предприятий данной отрасли следует выделить пивоваренные производства.

В технологических циклах предприятий пивоваренной промышленности образуется большое количество отходов, которые могут быть переработаны или утилизированы: отработанные дрожжи и кизельгур, хмелевая дробина, углекислота. Наибольшую долю отходов пивоваренных производств составляет пивная дробина, которая вывозится на полигоны или используется на корм скоту. Данный подход является иррациональным не только с экологической, но также и с экономической точки зрения. Пивная дробина может быть использована в качестве субстрата для культивирования различных микроорганизмов, подвергнута переработке на биогаз, а также является кормовым сырьем. При должной подготовке дробины, например, гидролизе, повышается усвояемость различных питательных веществ, она является хорошей питательной средой для микроорганизмов – продуцентов белка, что может послужить основой для получения высокобелковых, высокоуглеводных концентратов [1].

Таким образом, исследования возможностей применения пивной дробины в качестве сырья для получения углеводных и белковых кормовых добавок являются актуальными.

## Основная часть

Объекты исследования в данной работе: сырая пивная дробина (полученная при производстве светлого пива по классической технологии на АО «Форштадтская пивоварня», г. Барнаул), ферментные препараты «Целлолюкс А», «Протосубтилин», «Целлолюкс БГК», обладающие целлюлолитическим, протеолитическим, ксиланазным,  $\beta$ -глюканазным действиями (ООО ПО «Сиббиофарм», г. Бердск). Характеристика ферментных препаратов представлена в таблице 1 [2].

Таблица 1

### Характеристика ферментных препаратов

Наименование	Активность основного фермента	Оптимальные условия действия	
		t, °C	pH
«Целлолюкс А»	Целлюлолитическая активность 2000±200 ед/г	45-60	3,5-6,0
«Целлолюкс БГК»	Ксиланазная активность, не менее 6000 ед/мл; $\beta$ -глюканазная активность, не менее 2000 ед/мл	45-60	4,5-6,0
«Протосубтилин»	Протеолитическая активность 70±7 ед/г	45-55	6,0-7,0

В качестве субстрата для ферментов использовали суспензию пивной дробины, гидро модуль 1:5. Дозировки ферментных препаратов варьировали с учетом рекомендаций производителя: «Целлолюкс А» вносили в количестве 1 – 3 г/100 г сырья, «Протосубтилин» – 0,5 – 1,5 г/100 г, «Целлолюкс БГК» – 0,2 – 0,4 мл/100 г. Ферментативный гидролиз проводили в течение 6 часов при температуре 50 °С и периодическом перемешивании. Каждый час отбирали пробу суспензии и анализировали по выбранным показателям.

Эффективность ферментативного гидролиза оценивали по накоплению редуцирующих веществ, содержание которых определяли методом Бертрана, и аминного азота (медный метод).

Перед проведением ферментализации определили содержание редуцирующих веществ и аминного азота в суспензии пивной дробины, которые составили 1,5 г/дм<sup>3</sup> и 4,2 мг/100 см<sup>3</sup> соответственно.

Полученные данные о влиянии ферментных препаратов на содержание редуцирующих веществ и аминного азота представлены на рисунках 1 – 6.

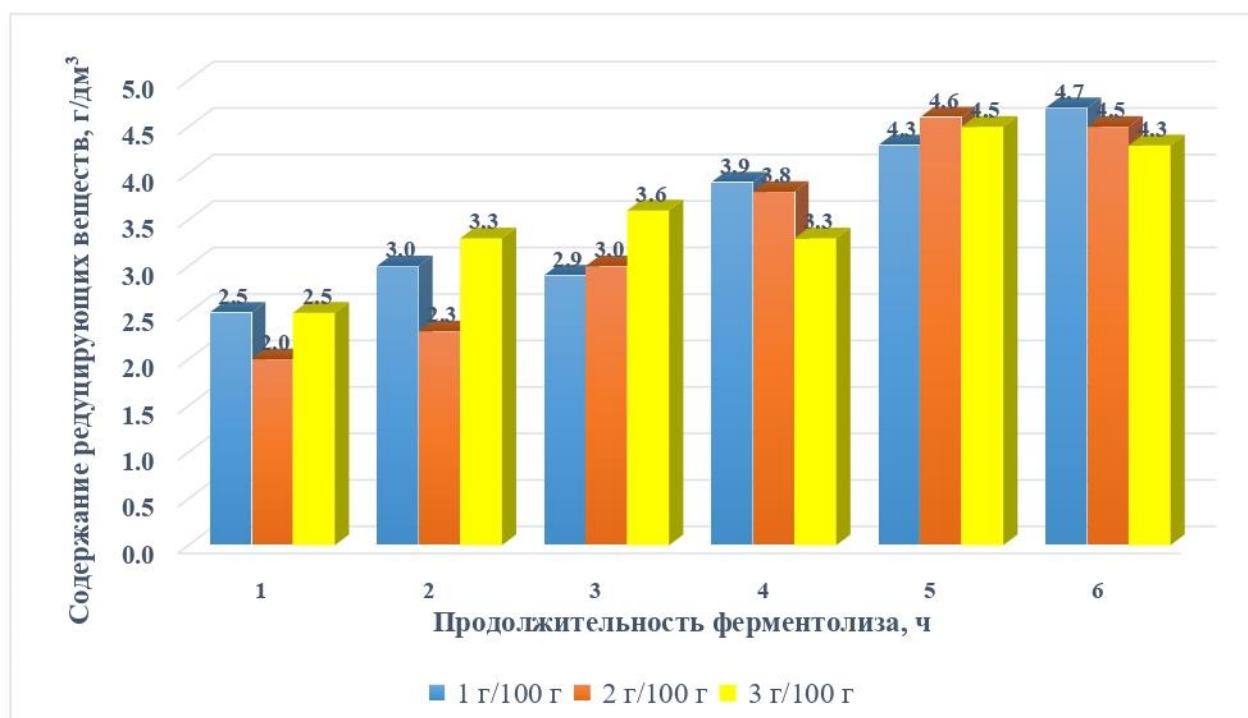


Рис. 1. Влияние препарата «Целлолюкс А» на содержание редуцирующих веществ

Результаты эксперимента, представленные на рисунке 1, демонстрируют рост содержания редуцирующих веществ в зависимости от продолжительности гидролиза при всех дозировках препарата «Целлолюкс А» и достигают максимальных значений при продолжительности процесса 6 часов: прирост по сравнению с контролем составил от 2,8 г/дм<sup>3</sup> до 3,2 г/дм<sup>3</sup>.

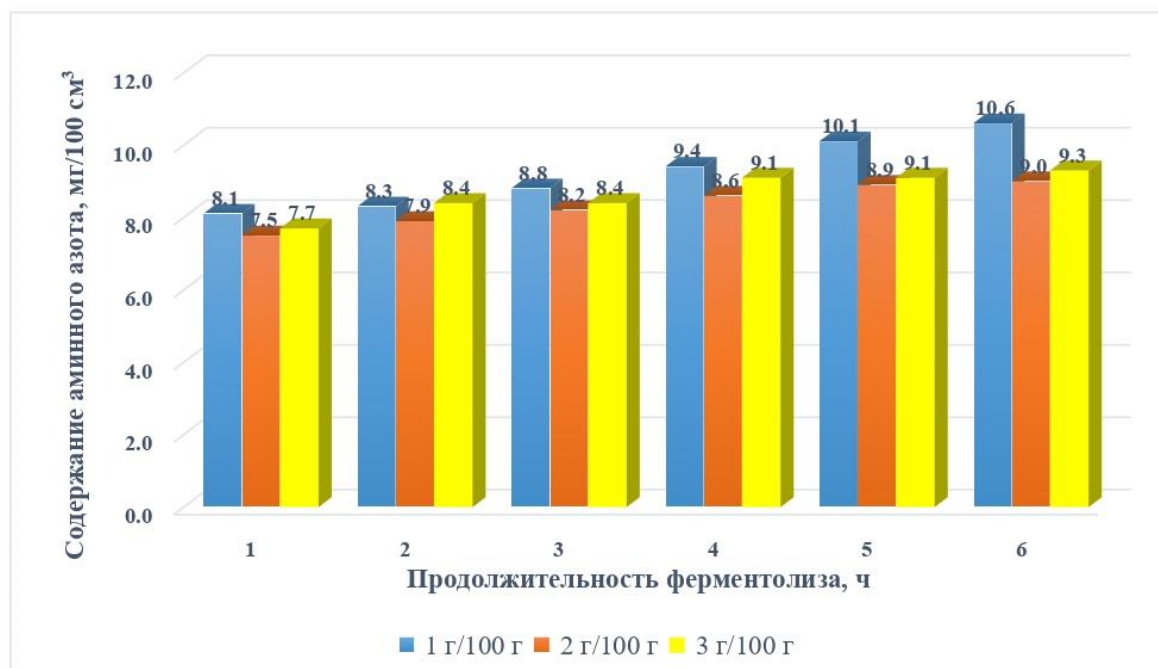


Рис. 2. Влияние препарата «Целлолюкс А» на содержание аминного азота

Данные рисунка 2 показывают, что наибольший прирост аминного азота произошел в течение первого часа ферментации для всех дозировок препарата «Целлолюкс А» и составил от 3,3 мг/100 см<sup>3</sup> до 3,9 мг/100 см<sup>3</sup> по сравнению с начальным значением. Далее темпы прироста показателя снижаются, и к шестому часу процесса накапливается 9,0 – 10,6 мг/100 см<sup>3</sup> аминного азота. Кроме того, стоит отметить, что при ферментации препаратом «Целлолюкс А» динамика содержания редуцирующих веществ и аминного азота больше связана с длительностью процесса, чем с дозировкой препарата.

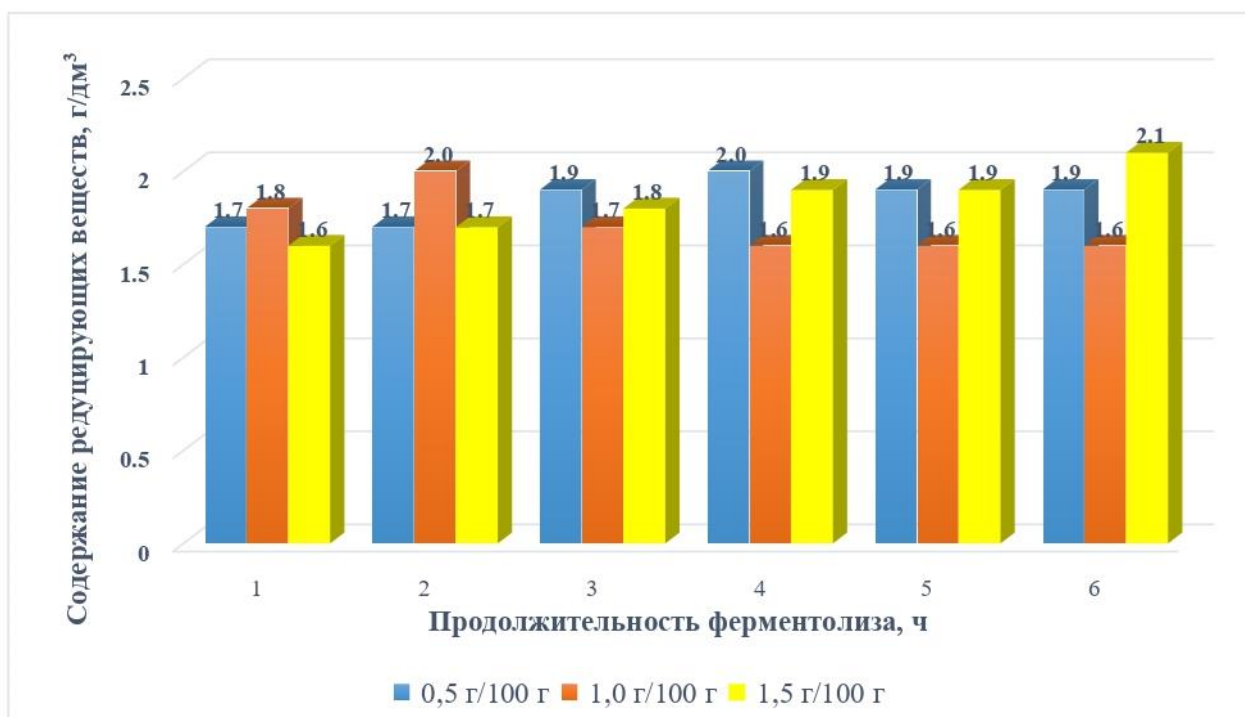


Рис. 3. Влияние препарата «Протосубтилин» на содержание редуцирующих веществ

Данные рисунка 3 отмечают незначительный прирост редуцирующих веществ, который составляет от 0,1 г/дм<sup>3</sup> до 0,6 г/дм<sup>3</sup>, на протяжении всего процесса ферментализации для всех дозировок препарата «Протосубтилин». Такой низкий результат ожидаем и объясняется тем, что данный ферментный препарат обладает преимущественно протеолитическим действием.

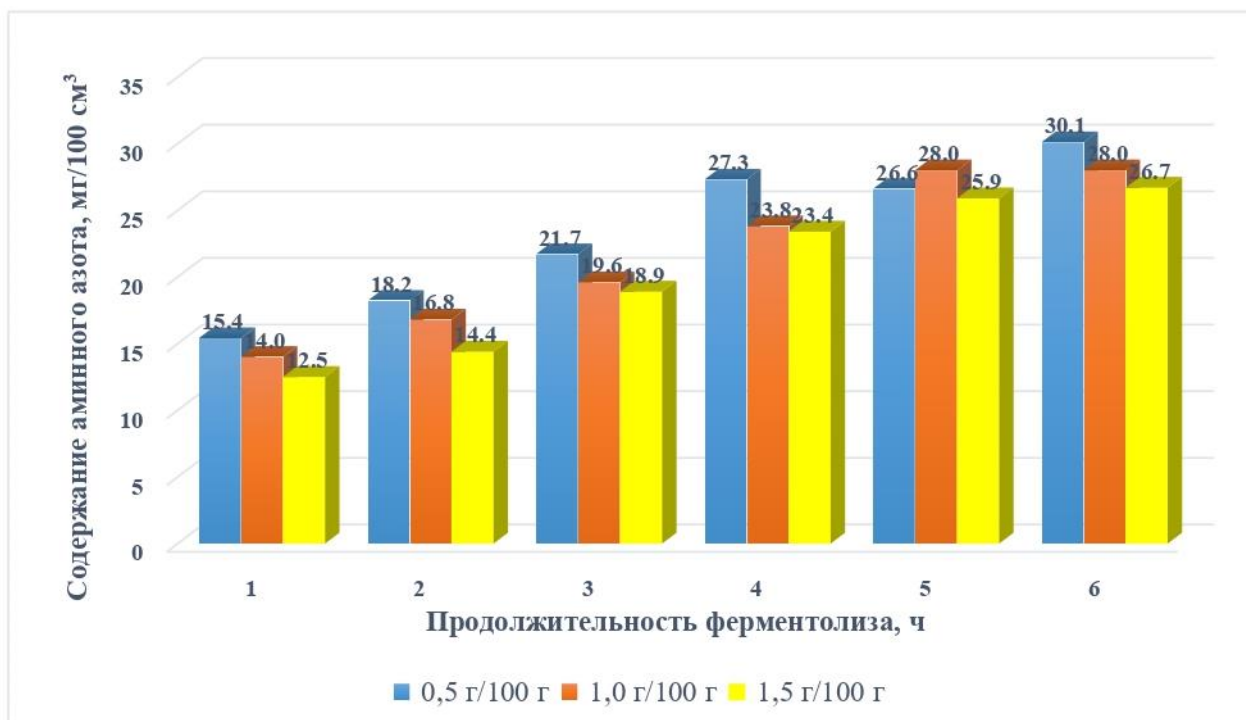


Рис. 4. Влияние препарата «Протосубтилин» на содержание аминокислот

По данным рисунка 4 видно, что содержание аминокислот значительно возрастает на протяжении всего ферментализации препаратом «Протосубтилин» и достигает максимальных значений на шестой час процесса. Прирост показателя в сравнении с суспензией пивной дробины составил от 22,5 мг/100 см<sup>3</sup> до 25,9 мг/100 см<sup>3</sup>.

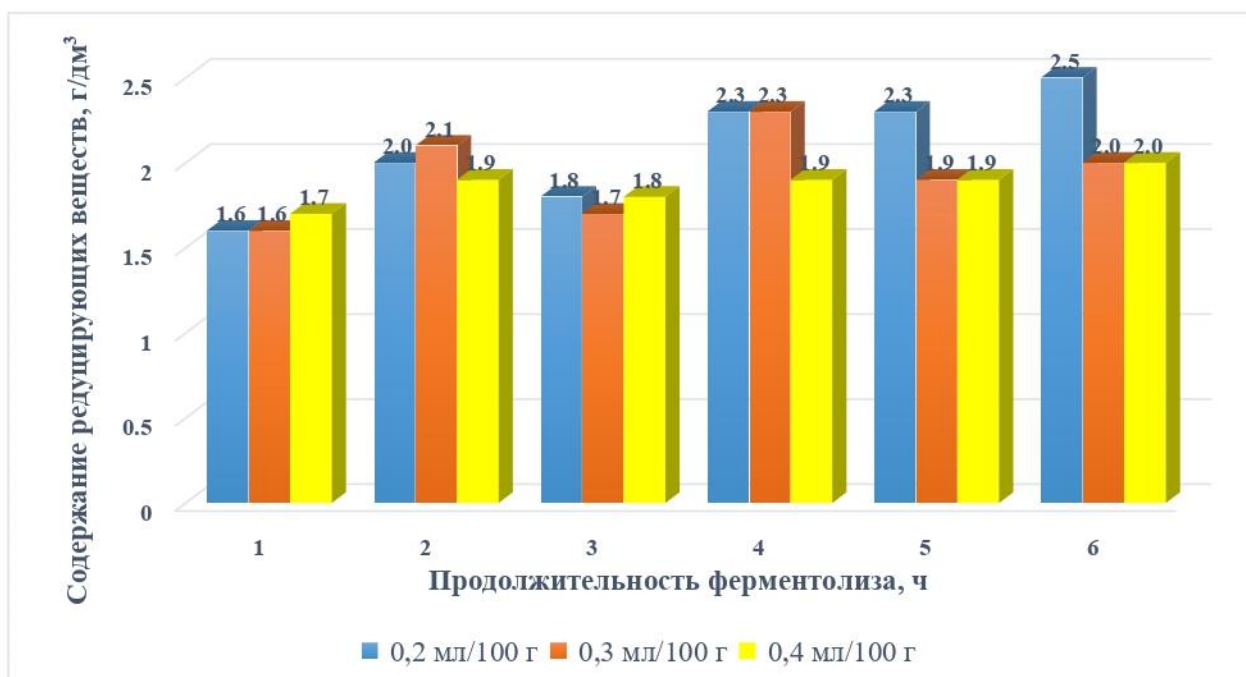


Рис. 5. Влияние препарата «Целлолюкс БГК» на содержание редуцирующих веществ

Из данных, представленных на рисунке 5, установлено, что значительного увеличения содержания редуцирующих веществ при обработке суспензии пивной дробины ферментным препаратом «Целлолюкс БГК» не происходит: показатель возрастает на протяжении всего процесса при всех дозировках препарата, но итоговый прирост составляет от 0,5 г/дм<sup>3</sup> до 1,0 г/дм<sup>3</sup>.

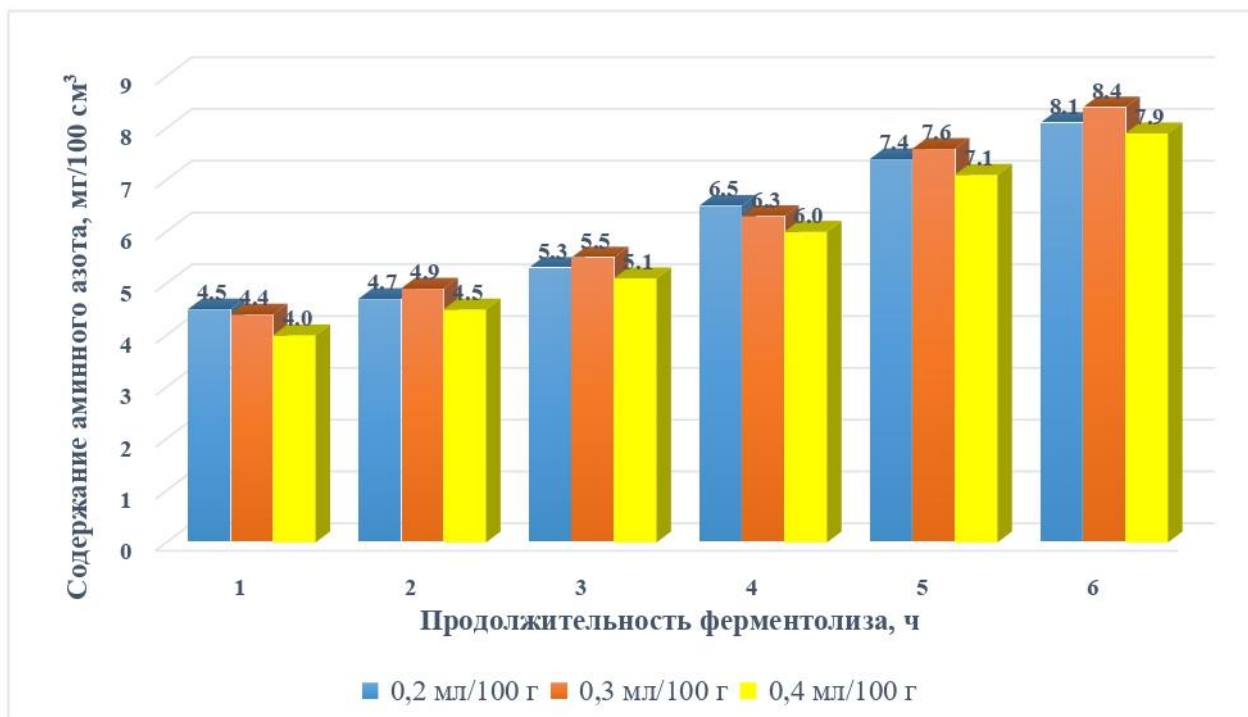


Рис. 6. Влияние препарата «Целлолюкс БГК» на содержание аминного азота

Данные рисунка 6 показывают, что применение ферментного препарата «Целлолюкс БГК» не приводит к значительному росту содержания аминного азота в суспензии пивной дробины: для всех дозировок показатель достигает максимума на шестой час ферментализа и составляет от 7,9 мг/100 см<sup>3</sup> до 8,4 мг/100 см<sup>3</sup>. Таким образом, прирост находится в пределах от 3,7 мг/100 см<sup>3</sup> до 4,2 мг/100 см<sup>3</sup>.

### Выводы

В эксперименте гидролиз пивной дробины осуществлялся ферментными препаратами «Целлолюкс А», «Протосубтилин» и «Целлолюкс БГК» в условиях, оптимальных для их действия. Полученные экспериментальные данные подтверждают специфику каждого препарата: «Целлолюкс А» обладает выраженными целлюлолитическими свойствами (наибольшее накопление редуцирующих веществ), «Протосубтилин» – протеолитическими (наибольшее накопление аминного азота), «Целлолюкс БГК» показал промежуточный результат.

Поскольку гидролизат пивной дробины рассматривается в качестве питательной среды для культивирования микроорганизмов-продуцентов белка, в его составе необходимо наличие достаточного количества редуцирующих веществ и аминного азота.

Использованные в работе ферментные препараты обладают выраженной направленностью действия. Поэтому для получения из пивной дробины питательной среды необходимого состава для микроорганизмов нужно составлять и использовать мультиэнзимные композиции, ферменты в составе которых обладают разными свойствами и способны обеспечить нужный результат.

Полученные на данном этапе работы результаты могут быть использованы при оптимизации состава мультиэнзимных композиций для гидролиза пивной дробины с применением методов математического моделирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожемякин Д.С. Анализ способов гидролиза пивной дробины / Д.С. Кожемякин, Е.П. Каменская // Ползуновский альманах. – 2023. – №2. – Т.2. – С. 23–25.
2. Официальный сайт ООО ПО «Сиббиофарм» // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.sibbio.ru/> (дата обращения 25.07.2023)

### **SPECIAL ASPECTS OF THE OPTIMIZATION PROCESS OF BREWER'S SPENT GRAIN ENZYMATIC HYDROLYSIS**

<sup>1</sup>Dikalova Elena Sergeevna, senior lecturer of the department of "Technology of fermentation and winemaking"

<sup>2</sup>Kolesnichenko Marina Nikolaevna, candidate of technical sciences, docent of the department of "Technology of fermentation and winemaking"

<sup>3</sup>Kamenskaya Elena Petrovna, candidate of biological sciences, associate professor, docent of the department of "Technology of fermentation and winemaking"

<sup>4</sup>Kozhemyakin Denis Sergeevich, master's degree student of the department of "Technology of Fermentation and Winemaking"

<sup>1,2,3,4</sup>Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia, e-mail: <sup>1</sup>des\_1983@mail.ru; <sup>2</sup>mar.kolesnichenko2012@yandex.ru; <sup>3</sup>ekam2007@yandex.ru; <sup>4</sup>denkzm1998@mail.ru

*The object of this paper consists in studying the impact of complex enzyme preparations on the process of brewer's spent grain hydrolysis. The units of analysis include brewer's spent grain and complex cellulolytic, xylanasic,  $\beta$ -glucanasic and proteolytic enzyme preparations produced by Production Association Sibbiopharm Ltd. (city of Berdsk). As a result, the dosages of enzyme preparations which achieve the most efficient co-accumulation of reducing sugars and amino nitrogen have been determined. The findings can be used to optimize multienzymatic composition formulae for brewer's spent grain hydrolysis through the use of mathematical modeling methods.*

УДК 664.66.022.39

### **О ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ ХЛЕБОБУЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

<sup>1</sup>Ключко Наталия Юрьевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры пищевой биотехнологии

<sup>2</sup>Позднякова Дарья Александровна, аспирант

<sup>3</sup>Ковалева Екатерина Дмитриевна, магистрант

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: natalya.kluchko@klgtu.ru

*Проведены исследования по расширению ассортимента хлебобулочной продукции специализированного назначения путем введения в её состав белковой и белково-минеральной добавок на основе рыбного и рыбо-молочного сырья. Это позволит рекомендовать обогащенные изделия (хлебцы ржанопшеничные и пшеничная соломка) детям школьного возраста. Исследовано влияние вносимых добавок на реологические характеристики образцов теста при добавлении белково-минеральной добавки, а также белковой добавки – на выпеченные хлебобулочные изделия пониженной влажности. Показано незначительное влияние вносимых сырьевых компонентов на реологические характеристики изделий.*



## Введение

Хлебобулочные изделия (ХБИ) традиционно считаются одним из главных пищевых продуктов в структуре питания населения России. В настоящее время хлебопекарная промышленность выпускает большое количество разнообразных хлебных, булочных, бараночных, сухарных, диетических и национальных изделий, различающихся рецептурой, видами сырья, способами выпечки, сроками хранения [1].

ХБИ – это преимущественно углеводный продукт, поэтому целесообразно повышать биологическую ценность этих продуктов, обогащая их как добавками растительного (шроты маслических культур, концентраты и изоляты белков семян сои, нута, гороха, фасоли), так и животного происхождения (белковые концентраты и гидролизаты рыбных и нерыбных объектов водного промысла, сурими, творожную и подсырную закваски, молочную сыворотку) [1, 3 - 8].

В структуре питания современного человека все большее место занимают перекусы, к которым, в первую очередь, прибегают наиболее мобильные слои населения: школьники, учащаяся молодежь и другие. Сформировалась отдельная группа продуктов, предназначенных для перекусов, – это снеки. Пищевая промышленность, следуя за этой тенденцией, все больше расширяет ассортимент данной продукции [2]. В это связи, актуально разрабатывать продукты специализированного назначения, направленные на питание определенных групп населения с учетом их энергозатрат и физиологических потребностей в нутриентах и биологически активных веществах. Потенциальными потребителями хлебобулочных изделий, обогащенных рыбным белком, кальцием и фосфором могут дети.

### 1.1 Объекты и методы исследования

В работе проведены исследования реологических показателей различных видов теста для приготовления хлебцев специализированного назначения:

1) образец № 1\_1, приготовленный по стандартной рецептуре хлебцев пшеничных на основе пшеничной муки, соли, дрожжей, растительного масла и воды;

2) образец № 2\_1, приготовленный по стандартной рецептуре с заменой части пшеничной муки на ржаную в соотношении 1:3;

3) образец № 3\_1 - образец № 2\_1, приготовленный с добавлением белково-минеральной добавки (БМД) из трески [11] и заменой воды на молочную сыворотку;

4) образец № 4\_1 - образец № 3\_1, приготовленный с добавлением жидкого ржаного солода.

Белково-минеральную добавку готовили путем кислотно-ферментативного гидролиза измельченной тушки трески в сыворотке молочной подсырной при заданных параметрах [11].

Для исследуемых образцов теста для приготовления хлебцев были определены реологические показатели с помощью прибора анализатора текстуры СТ-3 «Brookfield» на цилиндрическом инденторе при его внедрении в тесто при следующем режиме нагружения:

- усилие касания ( $F_k=5г$ );

- скорость деформации ( $V_d=1мм/с$ );

- глубина внедрения индентора в пробу теста ( $h_v=5мм$ );

- продолжительность стабилизации глубины внедрения ( $t_{ст} =120 с$ ).

Другим объектом исследования выступили образцы пшеничной соломки, обогащенной ферментированным рыбным фаршем [11]. Последний получали путем измельчения мышечной ткани трески балтийской и выдерживания в воде при гидромодуле фарш: вода как 1 : 1, температуре  $20\pm 2^\circ C$  и продолжительности 20 мин. Затем воду удаляли, а полученную рыбную белковую добавку (БД) вводили в тесто.

### 1.2 Результаты исследований

Анализ образцов теста для приготовления хлебцев показал следующее. На рис. 1 представленная кривая изменения усилия нагружения во времени до достижения  $F_n$ , которая показывает, что кривая образца теста 4\_1 и 3\_1 близка контрольному образцу теста из пшеничной муки. Значительно изменяется кривая при внесении ржаной муки в состав теста. На основании полученных данных установлена зависимость между реологическими характеристиками исследуемых образцов.

Структурные изменения мякиша готовых изделий (общая деформация (Нобщ, мм), упругая деформация (Нупр, мм) и пластичная деформация (Нпл, мм)) – один из критериев, с помощью которого можно оценивать реологическое поведение теста, было принято отношение пластической деформации к общей деформации( $\Delta h$ ).

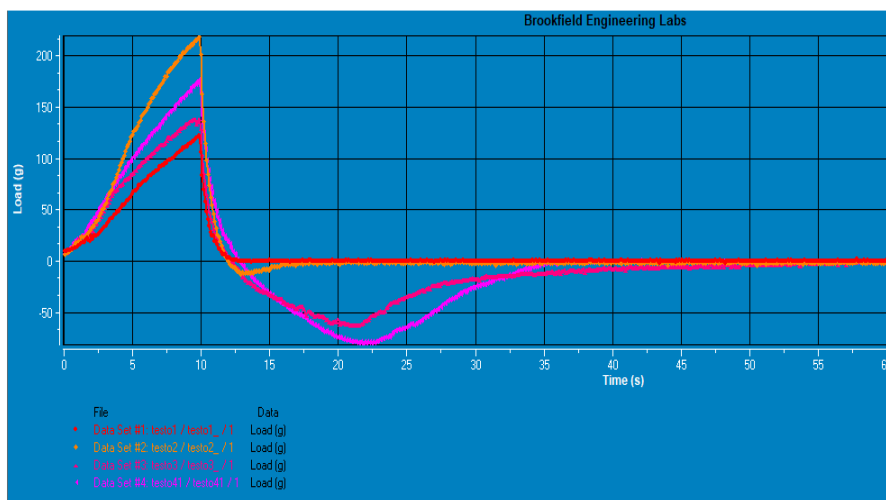


Рис.1. Изменение усилия нагружения во времени до достижения  $F_n = !$  и после фиксации индентора при исследовании четырех образцов теста.

Структурные изменения тестовых заготовок позволяют говорить о незначительном влиянии вносимых сырьевых компонентов на реологические характеристики готовых изделий. Все кривые имели аналогичный характер (рис. 2), результаты измерений также представлены в таблице 1, отражающей динамику упругости исследуемых образцов теста.

Таблица 1

**Динамика изменения упругости исследуемых образцов теста**

Наименование образца	Значение показателя		
	Упругая деформация	Пластическая деформации	Отношение пластической деформации к общей деформации, $\Delta h$
1_1	1,01±0,1	3,97±0,1	4,98±0,1
2_1	0,97±0,1	4,02±0,1	4,99±0,1
3_1	0,97±0,1	4,02±0,1	4,99±0,1
4_1	1,03±0,1	3,95±0,1	4,98±0,1

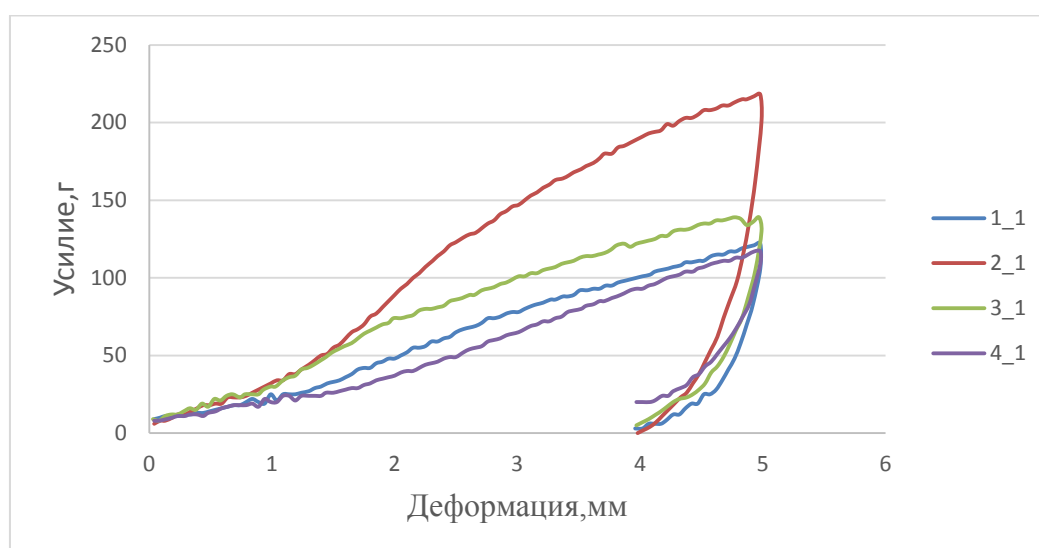


Рис.2. Кривая сжатия четырех исследуемых образцов теста

На кривой сжатия можно выделить два участка: нагружения и разгрузки. При воздействии нагрузки, равной 5 г на материал с постоянной скоростью 1 мм/с, её прирост неравномерен. Скорость изменения усилия к концу процесса значительно выше, чем в начале и нагрузка достигает своей максимальной величины равной 230 г. В этом случае тесто ведет себя как нелинейно упругое тело [12]. При прекращении нагрузки деформация пробы достигает своего максимума (общая деформация). При перемещении индентора в обратном направлении нагрузка уменьшается с постоянной скоростью, равной 1 мм/с. В данном случае тесто проявляет свойства линейно упругого тела. При снижении нагрузки до минимума резко уменьшается скорость изменения нагрузки. При полном отсутствии нагрузки пластическая деформация не равна нулю, т.е. тесто имеет остаточную деформацию, свидетельствующую о его пластических свойствах.

Другая задача работы состояла в разработке хлебобулочных изделий пониженной влажности. Для этого была исследована возможность обогащения соломки белком рыбы. В качестве объекта совершенствования рецептуры была выбрана соломка пшеничная соленая (ГОСТ 11270-88 Изделия хлебобулочные. Соломка. Общие технические условия), которая относится к ХБИ хрупкой структуры с содержанием массовой доли влаги не более 11%, в виде палочек диаметром 5 - 8 мм и длиной 10 - 28 см, золотисто-жёлтого цвета, с глянцевой поверхностью. Изделия можно рассматривать как снековую продукцию.

Традиционная рецептура соломки включает пшеничную муку высшего сорта, воду, соль, сахар, маргарин и разрыхлитель. Для определения вкусовых предпочтений наиболее популярных рецептов соломки были произведены пробные выпечки изделий с использованием химического разрыхлителя (смесь карбоната и гидрокарбоната натрия) и дрожжей хлебопекарных. Путем органолептической оценки дегустационная комиссия отдала предпочтение рецептуре соломки соленой, изготавливаемой с применением дрожжей. Последние не только улучшают структурно-механические свойства теста, но и готовый продукт имеет приятные вкусо-ароматические характеристики по сравнению с изделиями, вырабатываемыми с использованием химического разрыхлителя.

В связи с добавлением в рецептуру соломки рыбной белковой добавки важной задачей являлось сохранение хрупкости готовой продукции. Испытания проводили на текстурном анализаторе СТ-3 «Brookfield», воздействуя на испытуемые образцы соломки путем сжатия. В ходе теста в каждый момент времени измеряется нагрузка, которую необходимо приложить для деформации. Полученные зависимости (рис. 3 - 4) позволяют оценить реологическое свойство образцов – хрупкость [9, 10].

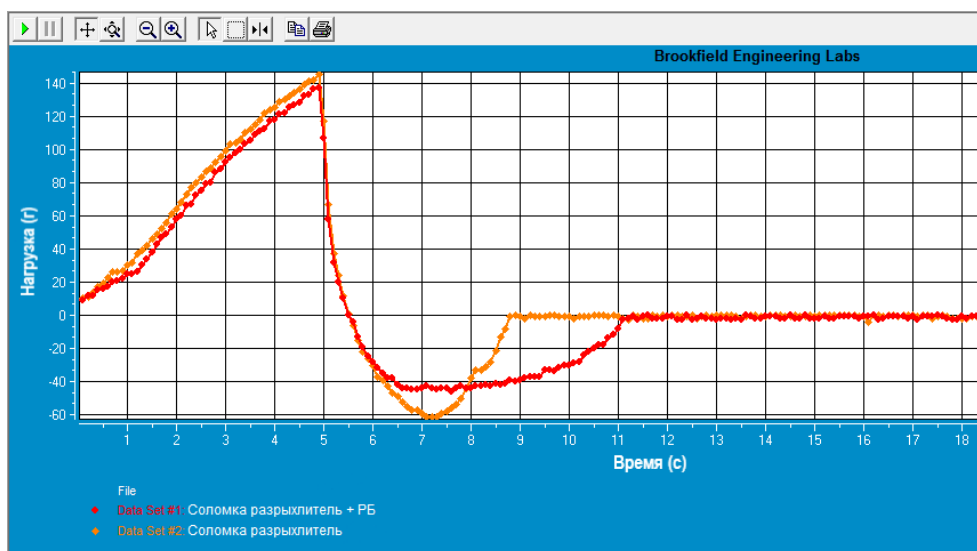
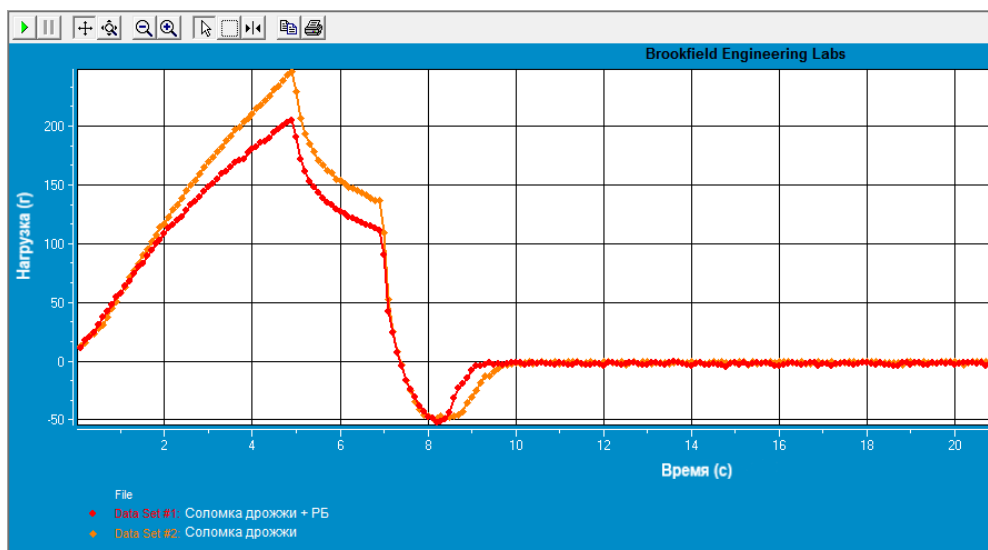


Рис. 3. Изменение усилия нагружения во времени при фиксации положения индентора цилиндрической формы после его внедрения в образцы соломки, изготовленные с использованием химического разрыхлителя и добавлением рыбной БД



*Рис 4. Изменение усилия нагружения во времени при фиксации положения индентора цилиндрической формы после его внедрения в образцы соломки, изготовленные с использованием дрожжей и добавлением рыбной БД*

Исследование реологических характеристик соломки показало, что в процессе определения нагрузка, приложенная для разрушения структуры изделий до образования заметных остаточных деформаций при равном времени, больше у образцов соломки с дрожжами и значительно меньше у образцов соломки с химическим разрыхлителем. Это свидетельствует о более воздушной структуре готовых изделий, а соответственно и их хрупкости, которая сохраняется после добавлении в рецептуру вязкого компонента - рыбного белка.

### Заключение

Анализ полученных результатов показал, что образцы хлебопекарного пшеничного теста можно охарактеризовать как неньютоновские упругопластичные массы, у которых в области малых скоростей преобладают упруговязкие, а в области больших скоростей – упругопластичные свойства после замеса. При этом внесение рыбной белково-минеральной и белковой добавок делает тесто более упругим.

Использование рыбной белковой и белково-минеральной добавок, солода позволяет создать продукты специализированного назначения для детей школьного возраста, так как изделия содержат большое количество полноценного белка и макроэлементов, которые необходимы растущему организму для его нормального функционирования.

При этом отслеживание реологических характеристик теста является наиболее важным, так как позволяет определить влияние вносимых компонентов и стабилизировать высокое качество готовых изделий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чижикова О. Г., Коршенко Л. О. Технология производства хлеба и хлебобулочных изделий. Москва: Издательство Юрайт. 2023. 252 с. URL: <https://urait.ru/bcode/510044> (дата обращения: 23.08.2023).
2. Машкова И. А., Новожилова К. С., Васькина В. А. Современное производство крекеров и галет // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2017. № 3–4. С. 24–29.
3. Skipping breakfast and a meal at school: its correlates in adiposity context. report from the ABC of healthy eating study of polish teenagers / L. Wadolowska et al. // Nutrients. 2019. N. 11 (7). P. 1563.

4. The effect of different levels of protein concentrate silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) to the profiles mineral production test breads / S. Ghaffari et al. // *Journal of Food Science and Technology* (Iran). 2021. N. 18 (111). P. 117–129.
5. Конкурентный потенциал функциональных обогащенных хлебобулочных изделий / Е. П. Викторова, О. В. Федосеева, Т. А. Шахрай, Н. Н. Корнен // *Новые технологии*. 2020. № 2. С. 28–39.
6. Способ производства хлебобулочных изделий, обладающих биологической активностью: пат. 2181543 Рос. Федерация. № 2000107498/13 / Шульгина Л. В., Эпштейн Л. М., Блинов Ю. Г., Гуляков М. Б., Загородная Г. И., Касьяненко Ю. И.; заявл. 27.03.2000; опубл. 27.04.2002. Бюл. № 12. 5 с.
7. Махнач Е. В., Бессмертная И. А. Разработка технологии функционального продукта из пшеничной муки, обогащенного рыбным белково-минеральным наполнителем // *Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. Процессы и аппараты пищевых производств*. 2014. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-funktsionalnogo-produkta-iz-pshenichnoy-muki-obogashchennogo-rybnym-belkovo-mineralnym-napolnitelem> (дата обращения: 23.08.2023).
8. Цыганова, Т.Б. Новая технология производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности / Т.Б. Цыганова, В.П. Ангелюк, В.А. Буховец // *Хлебопечение России*. – 2011. – № 5. – С. 28–30.
9. Болтенко, Ю.А. Управление реологическим поведением пищевых продуктов [Текст] / Болтенко Ю.А., Черных В.Я., Лебедев А.В. // *Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы производства и переработки сельскохозяйственной продукции в условиях рыночной экономики»: г. Алматы, 2-3 ноября 2006 г. В 2-х кн. Алматы, 2006. – с. 29-32.*
10. Кокорина Д. С. Влияние технологии производства обогащенного хлеба из пшеничной муки на его реологические характеристики // *XXXIII Международные Плехановские чтения (8–10 июня 2020): сборник*. Москва. 2020. С. 188–191.
11. Ключко Н.Ю., Позднякова Д.А., Ковалева Е.Д. О возможности использования рыбной белковой и белково-минеральной добавок в технологии хлебобулочных изделий // *Известия КГТУ*. 2023. № 77. С. 88 – 102.
12. Покрашинская А.В. Исследование изменений реологических свойств макаронного теста при внесении порошка Аронии черноплодной/А.В. Покрашинская, Ж.В.Кошак// *Пищевая промышленность: наука и технологии*.-2021.-Т.14.-№4(54).-С.41-48.

## **ABOUT THE POSSIBILITY OF DEVELOPING BAKERY PRODUCTS SPECIAL PURPOSE**

<sup>1</sup>Klyuchko Nataliya Yurievna, PhD, Associate Professor

<sup>2</sup>Pozdnyakova Dariya Alexandrovna, graduate student

<sup>3</sup>Kovaleva Ekaterina Dmitrievna, student

<sup>1,2,3</sup>FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",  
Kaliningrad, Russia, e-mail: <sup>1</sup>natalya.kluchko@klgtu.ru

*The work carried out research to expand the range of specialized bakery products by introducing into its composition protein and protein-mineral additives based on fish and fish-dairy raw materials. This will make it possible to recommend fortified products (rye-wheat bread and wheat straws) to school-age children. The influence of added additives on the rheological characteristics of dough samples with the addition of a protein-mineral additive, as well as a protein additive on baked goods with low humidity, was studied. The insignificant influence of the introduced raw materials on the rheological characteristics of products has been shown.*

## НАДМОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА ХОНДРОИТИНА СУЛЬФАТА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ МОРСКИХ ГИДРОБИОНТОВ

<sup>1</sup>Кучина Юлия Анатольевна, канд. техн. наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Химия и технология морских биоресурсов»

<sup>2</sup>Коновалова Ирина Никандровна, канд. техн. наук, профессор, профессор кафедры химии

<sup>3</sup>Новиков Виталий Юрьевич, канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории химико-аналитических исследований

<sup>4</sup>Долгопятова Наталия Владимировна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры химии

<sup>5</sup>Кесарев Кирилл Александрович, аспирант в лаборатории химии и технологии редкоземельного сырья

<sup>1,2,4</sup> ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет»,  
Мурманск, Россия, e-mail: <sup>1</sup> kuchinayua@mstu.edu.ru, <sup>2</sup> konovalova-mgtu@rambler.ru,  
<sup>4</sup> iranion@yandex.ru

<sup>3</sup>ФГБНУ Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),  
Мурманск, Россия, e-mail: Калининград, Россия, e-mail: powitaly@yandex.ru

<sup>5</sup>ФГБУН «Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева» ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская обл., Россия,  
e-mail: keskirill@yandex.ru

*Свойства хондроитина сульфата зависят от его молекулярной массы и надмолекулярной структуры, в частности, от степени кристалличности, определяющей упорядоченность молекул полисахарида в твердой фазе. Поскольку в частично кристаллическом полимере его аморфные и кристаллические области имеют различные свойства, несмотря на их одинаковую химическую природу, то изучение физико-химических свойств хондроитина сульфата, является актуальным направлением исследований. В работе приведены результаты рентгенофазового анализа образцов хондроитина сульфата из морских гидробионтов.*

### Введение

Одним из важных направлений современной науки и техники является создание и использование новых материалов биологического происхождения. Биополимеры заслуживают особого внимания как экологически безопасные вещества, получаемые из возобновляемых источников. Полисахариды представляют собой высокомолекулярные соединения, построенные из элементарных звеньев моносахаридов, соединенных между собой гликозидными связями. Этот обширный класс биополимеров относится к числу наиболее распространенных в природе органических соединений, которые наряду с белками и жирами необходимы для жизнедеятельности всех живых организмов. Восполнение дефицита биологически активных веществ в организме может осуществляться принятием соответствующих биологически активных добавок к пище или потреблением продуктов, содержащих биополимеры [1–3].

Благодаря биосовместимости с тканями человека, животных и растений, низкой токсичности, биодegradуемости биополимеры представляют большой интерес для медицины. Полисахариды обладают противоядными, ранозаживляющими, иммуностимулирующими, общеукрепляющими, противомикробными свойствами.

Хондроитина сульфат (ХС) – это высокомолекулярный полисахарид, являющийся специфическим компонентом хрящевой ткани. В тканях ХС присутствует в виде комплекса полисахарид-белок, т.е. протеогликана, где цепи полисахарида ковалентно связаны с белковым ядром [4].

Макромолекулы хондроитин сульфата состоят из чередующихся мономерных звеньев сульфатированного N-ацетил-D-галактозамина и D-глюкуроновой кислоты (рис. 1) [4].

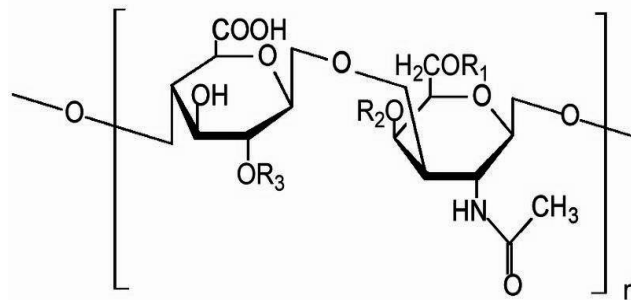


Рис. 1. Мономерное звено хондроитина сульфата

Современные технологии получения хондроитина сульфата предполагают использование сырья из различных источников. В промышленном масштабе, главным образом, ХС получают из трахеи, носовой перегородки крупного рогатого скота, а также из хрящей лососевых рыб. В работах [5–7] представлен способ получения хондроитина сульфата их носового хряща сёмги.

Основные стадии выделения хондроитина сульфата из морских гидробионтов включают в себя подготовку сырья, гидролиз, осаждение хондроитина сульфата из раствора, очистку и сушку полученного препарата. Технологии производства ХС обычно включают стадию ферментализации исходного сырья [8].

Свойства ХС и области его применения зависят от молекулярной массы (ММ) и надмолекулярной структуры, в частности, степени кристалличности (СК), определяющей упорядоченность молекул ХС в твердой фазе. Степень кристалличности оказывает влияние на физико-химические свойства полимеров, такие как плотность, твердость, проницаемость, теплоемкость. Аморфные и кристаллические фрагменты в частично кристаллическом полимере обладают различными свойствами, несмотря на их одинаковую химическую природу. Поскольку плотность кристаллической части биополимера больше, чем его аморфной части, то и растворимость у этих частей разная, т.е. степень кристалличности оказывает влияние на растворимость полисахарида [9]. По литературным данным ХС имеет молекулярную массу, которая находится в пределах от 50 до 100 кДа. Большинство фармацевтических препаратов содержат ХС с меньшей молекулярной массой, примерно 17 кДа. Низкомолекулярный хондроитина сульфат обладает более высокой скоростью усвоения, чем высокомолекулярный. Чем меньше молекулярная масса, тем лучше растворимость ХС и, следовательно, можно получить более широкий спектр лекарственных форм, например, использовать растворы ХС для инъекций [10] или в качестве функциональной пищевой добавки [11].

Следует отметить, что физико-химические свойства хондроитина сульфатов из морских гидробионтов, методы их идентификации и анализа мало изучены и не достаточно разработаны. В связи с этим актуальным является изучение их физико-химических свойств различными методами анализа.

Цель работы – методом рентгенофазового анализа изучить влияние природы хрящевой ткани морских гидробионтов на надмолекулярную структуру хондроитина сульфата.

### Объекты и методы исследования

Хондроитина сульфат был выделен из хрящевой ткани семги (*Salmo salar*), северного ската (*Amblyraja hyperborean*), черноротой акулы (*Deania calceus*) и полярной акулы (*Somniosus microcephalus*) по технологии, приведенной в патенте [8]. Исходное сырьё измельчали, обезжиривали ацетоном и смешивали с 0,2 М раствором гидроксида натрия в массовом соотношении 1:1. Щелочной гидролиз хряща проводили при постоянном перемешивании в течение трёх часов при температуре  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ . Гидролизованную таким образом смесь нейтрализовали ледяной уксусной кислотой до нейтрального значения величины рН. Не гидролизованную часть (не растворившийся осадок) отделяли фильтрованием. Фильтрат, в состав которого входят белки и полисахариды подвергали ферментализации. Ферментализацию проводили под действием гепатопанкреатина, ферментного препарата выделенного из гепатопанкреаса камчатского краба, при температуре  $50 \pm 1^\circ\text{C}$  и концентрации фермента 6 г/ на 1 кг сырья в течении 6 часов. Затем из раствора удаляли негидролизованное сырьё и осаждали хондроитина сульфат этанолом с концентрацией 96 %. Высажива-

ние хондроитина сульфата из водно-спиртового раствора проводили в течение двух суток. Далее выпавший в осадок хондроитина сульфат отделяли и высушивали до постоянной массы при температуре  $55 \pm 5^\circ\text{C}$ . Таким образом получали ХС в виде мелкодисперсного порошка белого цвета, хорошо растворимого в воде.

Рентгенофазовый анализ (РФА) образцов ХС выполняли на приборе Shimadzu LabX XRD-6000 (Япония), излучение рентгеновской трубки –Cu-K $\alpha$ , использовался графитовый монохроматор, длина волны монохроматического рентгеновского излучения 1,54 Å. Исследования проводили в лаборатории физико-химических методов анализа Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева ФИЦ КНЦ РАН. Для сравнения результатов рентгенофазового анализа хондроитина сульфата использовали образцы крабового хитина и хитозана, полученные по технологии [12].

Степень кристалличности определяли как отношение интегральной интенсивности сигнала кристаллических областей на дифрактограмме к общему интегральному сигналу [13–15]. Для вычисления сигнала, обусловленного наличием кристаллических областей в образцах хондроитина сульфата, графически определили общую площадь под кривой дифракционной картины и площадь аморфной составляющей с помощью программы IpSquare.

Степень кристалличности (СК, %) рассчитывали по формуле:

$$СК = \frac{S_{\text{общ}} - S_{\text{аморф}}}{S_{\text{общ}}} \times 100, \quad (1)$$

где  $S_{\text{общ}}$  – общая площадь под кривой дифракционной картины в диапазоне  $2\theta$  от  $6$  до  $36^\circ$ ;  $S_{\text{аморф}}$  – площадь аморфной составляющей дифракционной картины.

### Результаты и их обсуждение

Надмолекулярная структура природных и синтетических полимеров характеризуется упорядоченными (кристаллическими) и неупорядоченными (аморфными) областями, образуемыми макромолекулами полимера. Эти области прочно связаны между собой и образуют единое целое. Для характеристики таких высокомолекулярных соединений используют понятие степени кристалличности, характеризующейся отношением объемов кристаллической и аморфной фаз. Степень кристалличности для большинства полимеров находится в пределах 20–80% [9].

Для проведения рентгенофазового анализа вещества требуется набор справочных стандартов кристаллических фаз. Для природного полисахарида хондроитина сульфата этих данных в литературе нет. Мы проанализировали дифракционные спектры хондроитина сульфата, полученного из хрящевой ткани различных морских гидробитов, и сравнили их с дифрактограммами крабового хитина и хитозана. Дифрактограммы этих полисахаридов описаны в литературе. На дифракционных картинах крабового хитина со степенью деацетилирования менее 71% наблюдаются два рефлекса при  $2\theta = 9,2^\circ$  и  $2\theta = 19,1^\circ$ . В образце хитозана со степенью деацетилирования 95 % эти рефлексы смещаются и располагаются при  $2\theta = 11,2^\circ$  и  $2\theta = 20,1-20,4^\circ$  соответственно [16–19].

Дифрактограмма (рентгенодифракционный спектр) представляет собой кривую зависимости интенсивности дифракционной картины от угла отражения ( $2\theta$ ). Для образца, содержащего аморфную фазу, дифрактограмма содержит рефлексы с линией (галло), угловая ширина которой составляет  $2\theta = 10-20^\circ$ . Такие отражения обусловлены существованием ближнего порядка в расположении атомов аморфной фазы. На рисунке 2 приведены дифрактограммы полученных образцов хондроитина сульфата. В качестве стандартных образцов использовали хондроитина сульфат натрия из акульевого хряща (Chondroitin sulfate sodium salt from shark cartilage «Sigma-Aldrich») и хондроитина сульфат из морских гидробионтов (Chondroitin sulfate sodium (marine), European Pharmacopoeia (EP) Reference Standard «Sigma-Aldrich»).

Дифрактограммы хондроитина сульфатов, полученные из морских гидробионтов, имеют вид, характерный для образцов, содержащих кроме кристаллической и аморфную фазу. На дифрактограммах содержатся пики, имеющие в основании широкую линию с угловой шириной  $2\theta \approx 20^\circ$ .



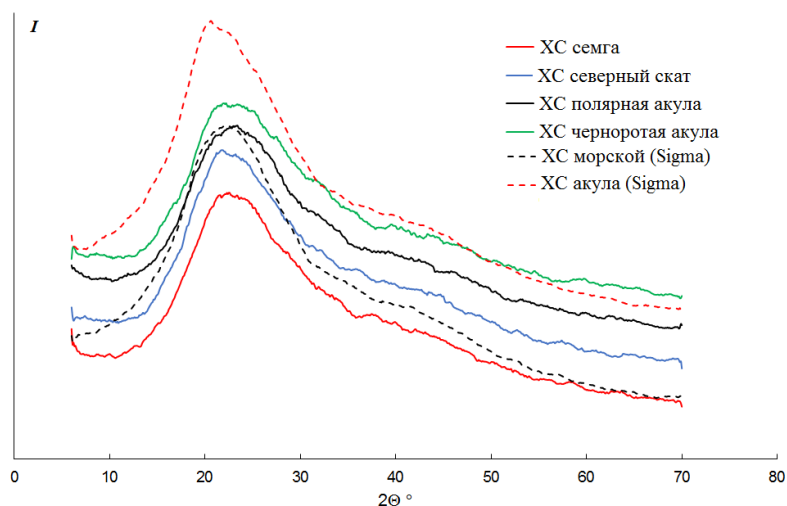


Рис. 2. Дифрактограммы образцов хондроитина сульфата из хрящевой ткани морских гидробионтов

На дифрактограммах образцов хондроитина сульфата, полученных из хрящевой ткани семги, северного ската, черноротой и полярной акулы, и стандартных образцов фирмы Sigma положение пиков с максимальной интенсивностью  $I_0$  находится в области  $2\theta = 20,3-22,9^\circ$  (рис. 2).

Для сравнения на рисунках 3 и 4 приведены дифрактограммы крабового хитина и хитозана.

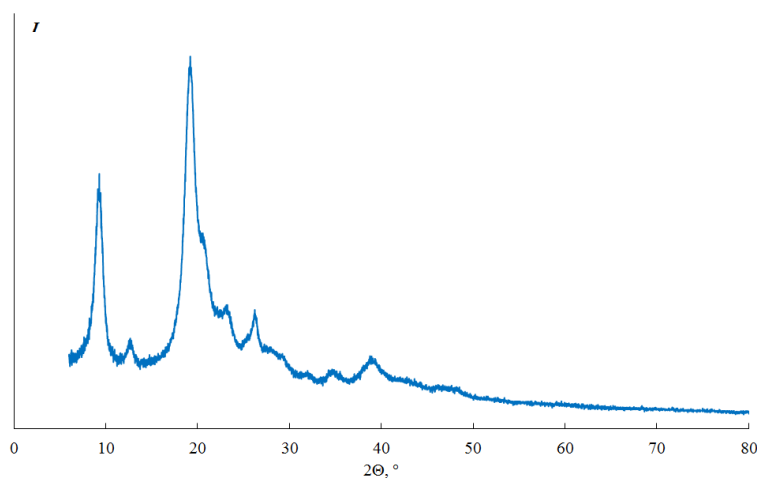


Рис. 3. Дифрактограмма хитина из камчатского краба

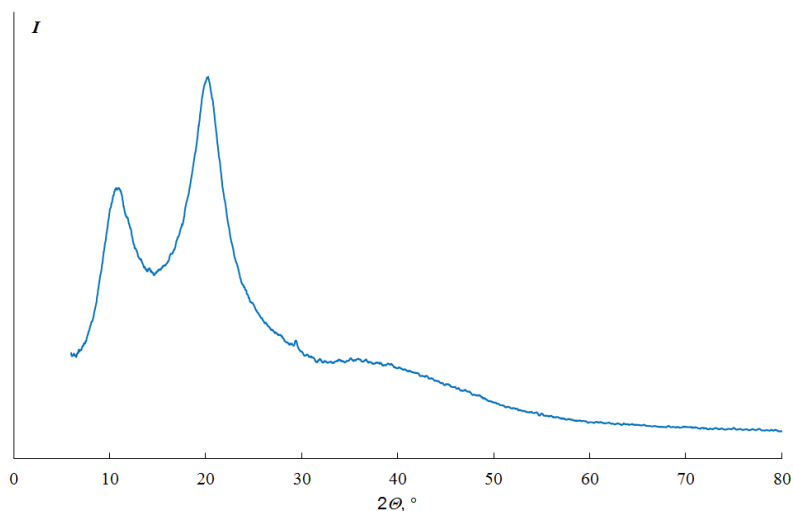


Рис. 4. Дифрактограмма хитозана со степенью деацетилирования 81%

На дифракционной картине хитина (рис.3) наблюдаются два рефлекса при  $2\theta$   $9,2^\circ$  и  $19,1^\circ$ . В хитозане при (СД= 81 %, рис.4) эти рефлексы смещаются и располагаются при  $2\theta$   $11,2^\circ$  и  $20,1-20,4^\circ$  соответственно. Полученные дифрактограммы хитина и хитозана согласуются с данными, приведенными в литературе [17, 20].

Положения пиков с максимальной интенсивностью  $I_0$  у образцов хондроитина сульфатов из хрящевой ткани семги, черноротой акулы, полярной акулы, северного ската и хитина/хитозана из камчатского краба близкие, поскольку это одинаковые по химической природе полимеры – природные полисахариды (рис.2 – 4).

Известные технологии выделения хондроитина сульфата из морских гидробионтов не предусматривают стадию деминерализации. Анализ полученных дифрактограмм хондроитина сульфата свидетельствует о наличии в образцах минеральной составляющей (рис. 5).

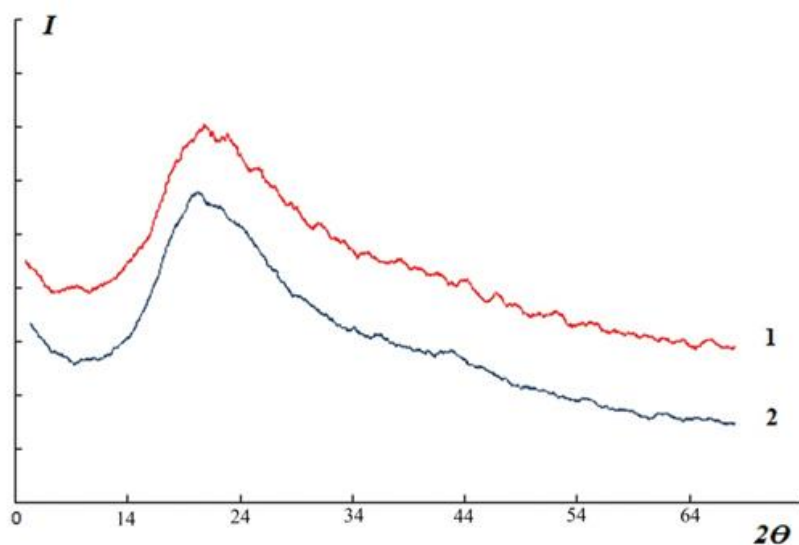


Рис. 5. Дифрактограмма образцов хондроитина сульфата из северного ската.

1 – Технология без деминерализации; 2 – Технология, предусматривающая стадию деминерализации.

Наличие минеральной составляющей подтверждает группа пиков на дифрактограммах в области  $2\theta$  между  $30$  и  $60^\circ$ . Эта группа пиков связана с кристаллической структурой минеральной составляющей – кальцита [21].

На дифрактограмме ХС из северного ската, полученного по технологии, включающей стадию деминерализации (рис. 5), пики в области  $2\theta$  между  $30$  и  $60^\circ$ , связанные с кристаллической структурой кальцита, практически отсутствуют. Стадия деминерализации образцов ХС заключалась в предварительной обработке хрящевой ткани северного ската  $0,1M$  раствором соляной кислоты в течение 10 минут. В данном случае, применение РФА позволяет оценить степень чистоты полученных препаратов, а именно присутствие в образцах минеральной составляющей.

Степень кристалличности образцов хондроитина сульфата находится в пределах  $59,6-61,7\%$ . Полученные образцы хондроитина сульфатов отличаются по молекулярной массе. Молекулярная масса ХС из хрящевой ткани северного ската составила  $50\pm 4$  кДа, из хрящей семги –  $60\pm 4$  кДа; из хрящей черноротой акулы –  $65\pm 6$  кДа; из хрящей полярной акулы  $80\pm 7$  кДа [22].

По всей видимости, молекулярная масса полисахарида не оказывает влияние на степень кристалличности образцов ХС.

### Заключение

Установлено, что дифрактограммы образцов хондроитина сульфата из хрящевой ткани семги, черноротой акулы, полярной акулы и северного ската, имеют вид, характерный для образцов, содержащих кристаллическую и аморфную фазы. Степень кристалличности полученных образцов хондроитина сульфата находится в пределах  $59,6-61,7\%$ .

Положения пиков с максимальной интенсивностью  $I_0$  на дифрактограммах у образцов хондроитина сульфатов из морских гидробионтов и крабового хитина/хитозана близкие (находятся в области  $2\Theta = 20,3\text{--}22,9^\circ$ ), поскольку это сходные по химической природе полимеры-природные полисахариды. Рентгенофазовый анализ позволяет оценить степень чистоты полученных препаратов, а именно присутствие в образцах минеральной составляющей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России (Соглашение № 075-03-2021-088/4).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bana, G., Jamard, B., Verrouil, E., Mazieres, B. Chondroitin sulfate in the management of hip and knee osteoarthritis: an overview // *Advances in Pharmacology*. – 2006. – № 53. – P. 507–522.
2. Valcarcel, J., Novoa-Carballal, R., Pérez-Martín, R.I., Reis, R.L., Vázquez, J.A. Glycosaminoglycans from marine sources as therapeutic agents // *Biotechnology Advances*. – 2017. – 35(6). – P. 711–725.
3. da Cunha, A.L., de Oliveira, L.G., Maia, L.F., de Oliveira, L.F.C., Michelacci, Y.M., de Aguiar, J.A.K. Pharmaceutical grade chondroitin sulfate: Structural analysis and identification of contaminants in different commercial preparations // *Carbohydrate Polymers*. – 2015. – 134. – P.300–308.
4. Hardingham, T. E. Proteoglycans: their structure, interactions and molecular organisation in cartilage / E. T. Hardingham // *Biochemical Society Transactions* – 1981. – 9. – P. 489–497.
5. Lauder, R.M., Huckerby, T.N., Nieduszynski, I.A. A fingerprinting method for chondroitin/dermatan sulfate and hyaluronan oligosaccharides // *Glycobiology*. – 2000. – 10. – P. 393–401.
6. Glucosamine, chondroitin sulfate, and the two in combination for painful knee osteoarthritis / D. O. Clegg [et al.] // *The New England Journal of Medicine* – 2006. – № 354. – P. 795–808.
7. Sodium chondroitin sulfate, chondroitin-sulfate-containing arterial and processes for producing the same: patent WO/2004/039994, МПК А61К 47/36 / ЕТО, Tadashi; заявитель NIPPON BARRIER FREE CO., LTD. - № 2002-319418 ; заявл. 01.11.2002; опубл. 13.05.2004.
8. Takai, M., Kono, H. Salmon-origin chondroitin sulfate: Patent US 20030162744. Int. Cl. А61К 031/737, C08В 037/00. Appl. No. US 10/220539. Appl. 17.12.2002. Publ. 28.08.2003
9. Семчиков, Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. –М:Академия, 2005. – 367 с.
10. Adebowale, A., Cox, D.S., Liang, Z., Eddington, N.D. Analysis of glucosamine and chondroitin sulfate content in marketed products and the Caco-2 permeability of chondroitin sulfate raw materials // *The Journal of the American Nutraceutical Association*. – 2000. – 3. – P. 37–44.
11. Шокина, Ю.В., Щетинский, В.В., Павлова, В.В., Саенкова И.В. Обоснование режимов тепловой обработки полуфабриката из ската звездчатого при производстве рыбной кулинарной продукции функционального назначения // *Вестник ВГУИТ. Серия: пищевая биотехнология : труды Воронежского государственного университета инженерных технологий*. – 2014. – 1(59). –С. 102–107.
12. Новиков, В.Ю., Коновалова, И.Н., Долгопятова Н.В. Химические основы технологии получения хитина и его производных из панцирей ракообразных. –СПб: ГИОРД, 2012. – 208 с.
13. Рабек, Я. Экспериментальные методы в химии полимеров: В 2-х частях. Ч. 2 / Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 480 с.
14. Чеботок, Е.Н., Новиков, В.Ю., Коновалова, И.Н. Влияние кристалличности хитина и хитозана на кинетику щелочного деацетилирования // *Журнал прикладной химии*. – 2007. – 80(10). –С. 1724–1729.
15. Osorio-Madrado, A., David, L., Trombotto, S., Lucas, J.-M., Peniche-Covas, C., Domard, A. Highly crystalline chitosan produced by multi-steps acid hydrolysis in the solid-state. // *Carbohydrate Polymers* – 2011. – 83(4). – P. 1730–1739.
16. Kurita, K., Sannan, T. Iwakura, Y. Studies on chitin, 4. Evidence for formation of block and random copolymers of N-acetyl-D-glucosamine and D-glucosamine by hetero- and homogeneous hydrolysis // *Die Makromolekulare Chemie*. – 1977. – 178(12). – P. 3197–3202.

17. Горбачева, И.Н., Овчинников, Ю.К., Гальбрайт, Л.С., Трофимов, Н.А., Мажоров, В.В. Рентгенографическое изучение структуры хитозана // Высокомолекулярные соединения. Сер. А. – 1988. – 30(12). – С. 2512–2515.
18. Rege, P.R., Block, L.H. Chitosan processing: influence of process parameters during acidic and alkaline hydrolysis and effect of the processing sequence on the resultant chitosan's properties // Carbohydrate Research. – 1999. 321. – P. 235–245.
19. Focher, B., Naggi, A., Torri, G., Cosani, A., Terbojevich, M. Chitosans from *Euphausia superba*: Characterization of solid state structure // Carbohydrate Polymers. – 1992. – 18(1). – P. 43–49.
20. Paralakar, K.M., Balasubramanya, R.H. Electron diffraction study of alfa-chitin // Journal of Polymer Science Part C: Polymer Letters. – 1984. – 22(10). – P. 543–546.
21. Kontoyannis, C.G., Vagenas, N.V. Calcium carbonate phase analysis using XRD and FT-Raman spectroscopy // Analyst. – 2000. – 125(2). – P. 251–255.
22. Новиков, В.Ю., Коновалова, И.Н., Кучина, Ю.А., Долгопятова, Н.В Термическая деструкция хондроитина сульфата, выделенного из гидробионтов баренцева моря. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2020. – 63(1). – С.39–44

## **SUPRAMOLECULAR STRUCTURE OF CHONDROITIN SULFATE, FROM MARINE HYDROBIONTS**

<sup>1</sup> Kuchina Yuliya Anatolievna, Candidate of technical sciences, Senior Researcher in Research Laboratory of Chemistry and Technology of Marine Bioresources

<sup>2</sup> Konovalova Irina Nikandrovna, Candidate of technical sciences, Professor, Professor of the Chemistry Department

<sup>3</sup> Novikov Vitaliy Yurievich, Candidate of chemical sciences, Leading Researcher in Laboratory of Chemical Analytical Research

<sup>4</sup> Dolgopyatova Nataliya Vladimirovna, Candidate of technical sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Chemistry Department

<sup>5</sup> Kesarev Kirill Aleksandrovich, PhD student at the Laboratory of chemistry and technology of rare earth raw materials

<sup>1, 2, 4</sup> FSAEI HE "Murmansk Arctic University",  
Murmansk, Russia, e-mail: <sup>1</sup> kuchinayua@mstu.edu.ru, <sup>2</sup> konovalova-mgtu@rambler.ru,  
<sup>4</sup> iranion@yandex.ru

<sup>3</sup> Polar Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography "VNIRO" ("PINRO" N.M. Knipovich), Murmansk, Russia, e-mail: nowitaly@yandex.ru

<sup>5</sup> Tananaev Institute of Chemistry - Subdivision of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences" Science Centre of Russian Academy of Sciences (ICT KSC RAS), Murmansk region, Apatity, Russia, e-mail: keskirill@yandex.ru

*The properties of chondroitin sulfate depend on its molecular weight and supramolecular structure, in particular on the degree of crystallinity, which determines the orderliness of the polysaccharide molecules in the solid phase. Since in a partially crystalline polymer its amorphous and crystalline regions have different properties, despite their identical chemical nature, the study of the physicochemical properties of chondroitin sulfate is an important area of research. The paper presents the results of X-ray phase analysis of chondroitin sulfate samples from marine hydrobionts.*

## МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ СПРОСА НА СДОБНОЕ ПЕЧЕНЬЕ

<sup>1</sup>Лютова Екатерина Владимировна, канд. техн. наук

<sup>2</sup>Корниенко Арина Алексеевна, студентка группы 23-ПБ/м

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: ekaterina.lyutova@klgtu.ru

*Рассматривается изучение спроса на разрабатываемый новый продукт – сдобное печенье с добавлением растительного сырья местного происхождения. В технологии изготовления печенья используется сырьё, которое может быть выращено в Калининградской области: люпиновая мука, рапсовое масло, тыквенный и морковный жмых. Ассортимент сдобного печенья на рынке Калининградской области сегодня широк, но имеет недостаток изделий, обогащённых полезными компонентами растительного сырья. Анализ потребительского спроса и потребительской готовности купить печенье с добавлением нетрадиционного растительного сырья показал, что разработка нового вида песочного печенья с добавлением люпиновой муки и морковно-тыквенного жмыха имеет актуальность.*

Мучные кондитерские изделия по праву считаются привлекательной группой пищевых продуктов, так как являются источником быстроусвояемых углеводов, которые при переваривании повышают уровень глюкозы в крови и поднимают настроение. Одним из широко распространённых видов мучных кондитерских изделий является печенье. По динамике годовых объёмов выпуска данной группы кондитерских изделий за последние десять лет [1] можно судить, что печенье востребовано среди населения России, причём самыми популярными видами считаются сахарное и сдобное печенье [2].

Как известно, основная задача пищевой биотехнологии – получение продукции повышенной биологической ценности с применением биологических объектов – животных, растительных клеток, клеток микроорганизмов, – а главная цель – более полное использование потенциала живых организмов [3]. Учитывая возможности пищевой биотехнологии, а также ориентированность научно-исследовательской деятельности на создание пищевого продукта с оздоровительными свойствами, представляется возможным усовершенствование состава сдобного печенья. Благодаря поликомпонентному составу данного продукта существует несколько путей повышения его биологической ценности, многие из которых неоднократно удачно опробованы, что отражено в научной литературе.

Для Калининградской области немаловажным достоинством любого продукта является использование сырья местного произрастания, что повышает независимость региона от дорогостоящих поставок из остальной части России. Важность данного вопроса в настоящий момент обуславливает актуальность разработки сдобного печенья с добавлением растительного сырья местного происхождения. В технологии изготовления печенья используется сырьё, которое может быть выращено в Калининградской области: люпиновая мука, рапсовое масло, тыквенный и морковный жмых. По биологической ценности и органолептическим свойствам оно прекрасно вписывается в рецептуру печенья. Технологическая схема разработана с учётом технологии приготовления классического сдобного печенья.

Маркетинговое исследование, проведенное с целью прогнозирования спроса и выявления потребности в новом продукте, включало метод онлайн-опроса, ориентированный на потребителей. Был применён структурированный опрос, означающий, что все респонденты ответили на одни и те же вопросы. В опросе приняли участие 200 жителей Калининграда и Калининградской области, и он проводился с помощью онлайн-анкетирования в социальной сети ВКонтакте.

Участники исследования были разного пола и возрастных категорий. Женщины составляли 74,3% респондентов, в то время как мужчины составляли 25,7% выборки. Возрастной диапазон респондентов составлял от 18 до 45 лет.

Анализ данных опроса показывает, что почти половина респондентов (45,7%) употребляют различные виды печенья с частотой не реже одного раза в неделю. Несмотря на более высокую популярность овсяного печенья и крекеров среди респондентов, 34,3% из них готовы купить сдобное печенье (рис. 1). При выборе печенья основными критериями продукта для многих респондентов (рис. 2) являются вкус и запах (71,4%), цена (57,1%) и внешний вид продукта (54,3%). Более того, почти 43% респондентов интересуются составом печенья, что должно мотивировать производителей к поиску новых натуральных обогащающих ингредиентов.

Результаты опроса дают ценную информацию о потребительских привычках и предпочтениях целевой аудитории, что может помочь компаниям разрабатывать новые продукты или улучшать существующие. Эти данные подчеркивают важность качества, вкуса и цены продукта в сознании покупателей, а также важность натуральных ингредиентов и влияние внешнего вида продукта. Результаты исследования могли бы помочь производителям адаптировать свою продукцию в соответствии с предпочтениями и ожиданиями потребителей, что в конечном итоге привело бы к увеличению продаж и удовлетворенности клиентов.

Предпочтения респондентов в выборе печенья

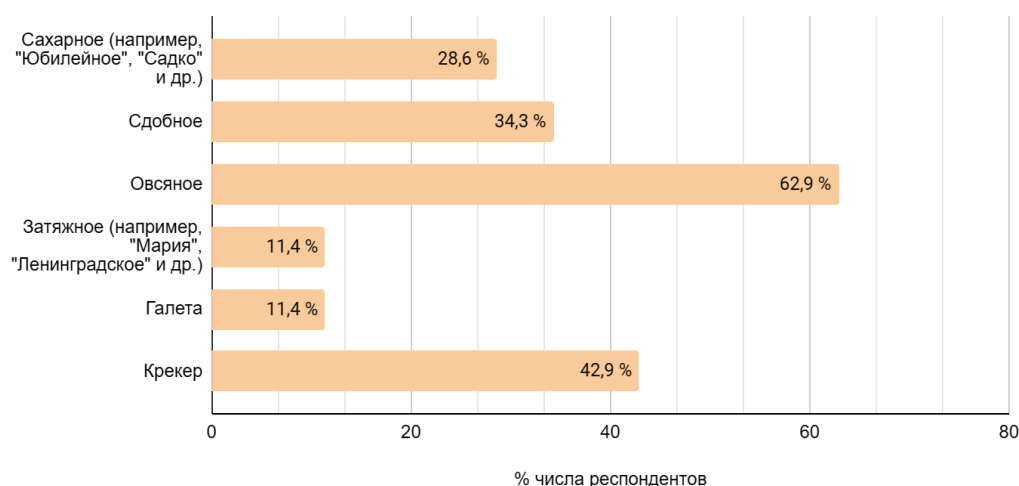


Рис. 1. Предпочтения респондентов в выборе печенья

Критерии, оказывающие наибольшее влияние на выбор печенья

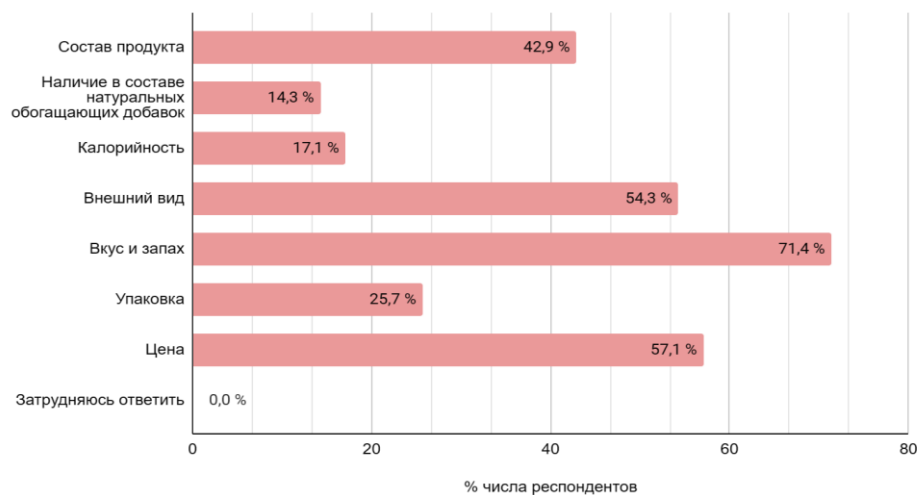


Рис. 2. Критерии, оказывающие наибольшее влияние на выбор печенья

Предпочтения респондентов в выборе сдобного печенья

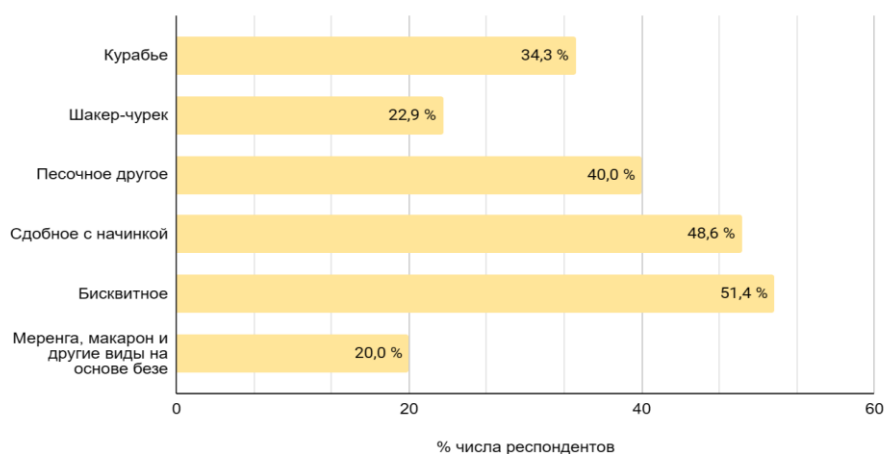


Рис. 3. Предпочтения респондентов в выборе сдобного печенья

Отношение респондентов к введению в состав печенья нетрадиционного растительного сырья

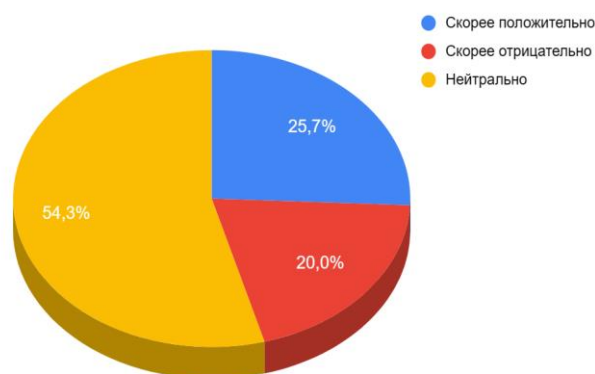


Рис. 4. Отношение респондентов к введению в состав печенья нетрадиционного растительного сырья

Предпочтения респондентов в добавках-обогапителях печенья

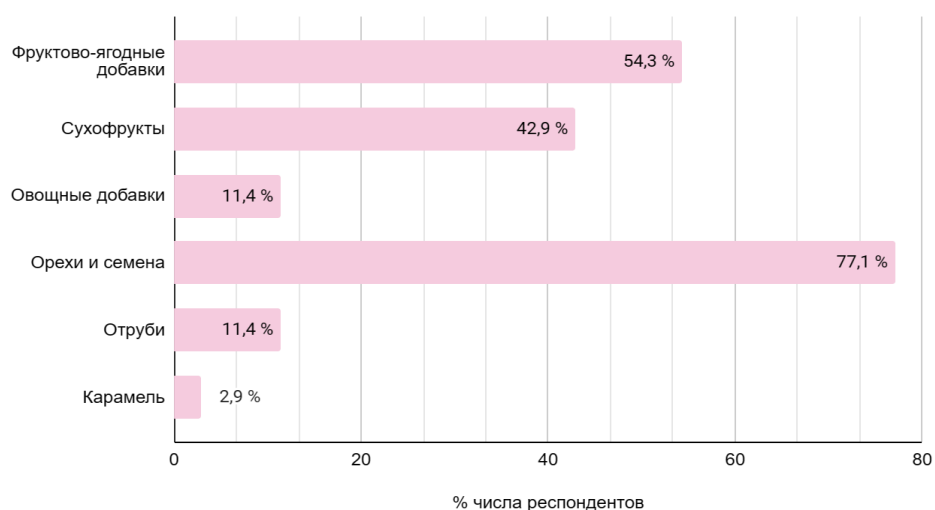


Рис. 5. Предпочтения респондентов в добавках-обогапителях печенья

"Пробовали ли Вы печенье с добавлением других видов муки, кроме пшеничной и овсяной (рисовая, гречневая, кукурузная, полбяная мука, мука из бобовых культур)?"



Рис. 6. Распределение ответов на вопрос «Пробовали ли Вы печенье с добавлением других видов муки, кроме пшеничной и овсяной (рисовая, гречневая, кукурузная, мука из бобовых культур)?»

Мнение респондентов о необходимости создания сдобного печенья с добавлением овощей и муки бобовых культур

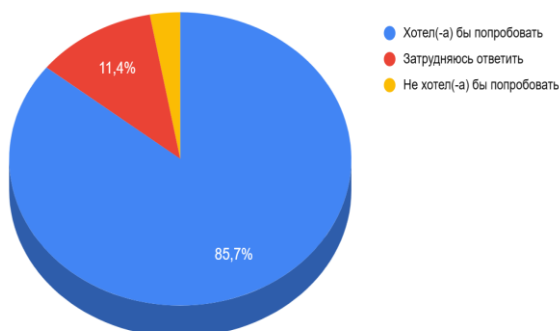


Рис. 7. Мнение респондентов о необходимости создания сдобного печенья с добавлением овощей и муки бобовых культур

Маркетинговые исследования, проведенные в области хлебобулочных кондитерских изделий, позволили получить ценную информацию о предпочтениях и ожиданиях потребителей. Целью опроса было оценить интерес и спрос на новый вид сдобного печенья, обогащенного альтернативным сырьем, таким как люпиновая мука, рапсовое масло и растительные остатки от отжима сока. Результаты опроса показали, что сдобное печенье является популярным выбором среди респондентов (рис.3).

Опрос показал (рис.4), что большинство респондентов (80%) положительно или нейтрально отнеслись к добавлению в состав печенья нетрадиционного растительного сырья. Хотя лишь небольшая часть респондентов (20%) не рассматривали возможность обогащения печенья альтернативным сырьем, наиболее привлекательными потенциальными растительными добавками для обогащения были орехи и семечки (77,1%) (рис.5). Эти ингредиенты являются источниками ценных ненасыщенных жирных кислот и белка и, как таковые, пользуются большим спросом у потребителей, заботящихся о своем здоровье.

Интересно, что опрос показал, что респонденты в целом предпочитают традиционные дополнительные компоненты в печенье, при этом растительные добавки и отруби вызывают интерес лишь у небольшого процента населения (11,4%). Это может свидетельствовать о необходимости расширения ассортимента печенья с овощами и отрубями, чтобы привлечь более широкую аудиторию.

Когда респондентов спросили об их опыте использования различных видов муки (рис.6), большинство респондентов (60%) попробовали печенье, приготовленное из муки, отличной от



пшеничной и овсяной, такой как рисовая, гречневая, кукурузная или мука из бобовых. Кроме того, на вопрос о необходимости разработки рецепта нового сдобного печенья с добавлением овощей и муки из бобовых (рис.7) большинство респондентов (85,7%) ответили положительно, что свидетельствует о высоком уровне интереса к такому продукту.

Основываясь на результатах опроса, можно сделать вывод, что среди респондентов существует значительный интерес к разработке нового вида сдобного печенья, обогащенного альтернативным сырьем. Исследование показало, что орехи и семечки являются наиболее привлекательными овощными добавками, в то время как овощи и отруби не столь популярны среди потребителей. Большинство респондентов пробовали печенье из других видов муки и проявили интерес к рецепту нового печенья с добавлением овощей и муки из бобовых. Таким образом, полученные результаты подтверждают целесообразность разработки технологии нового вида сдобного печенья, обогащенного люпиновой мукой, рапсовым маслом и жмыхом моркови и тыквы. Будут проведены дальнейшие исследования для оптимизации этого рецепта.

В заключение следует отметить, что результаты опроса дают ценную информацию о предпочтениях и ожиданиях потребителей в отношении слоеного теста. Опрос показал, что существует необходимость в расширении ассортимента печенья с овощами и отрубями. Результаты также подтвердили целесообразность разработки технологии нового вида слоеного теста, обогащенного альтернативным сырьем, и продемонстрировали высокий уровень интереса к такому продукту среди потребителей. Эти результаты могут быть использованы для разработки новых продуктов и оптимизации существующих рецептов в соответствии с потребностями и ожиданиями потребителей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_industrial](https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial) (дата обращения: 16.05.2023)

2. Федеральная служба государственной статистики. Промышленное производство в России – 2021. - Режим доступа: [https://gks.ru/bgd/regl/b21\\_48/Main.htm](https://gks.ru/bgd/regl/b21_48/Main.htm) (дата обращения: 16.05.2023)

3. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. 2022: Стат. сб. / Росстат. – М., 2022. – 853 с.

## DETERMINATION OF THE SHELF LIFE OF DRIED FISH-GROWING SNACKS BASED ON MEAT AND BONE FISH RAW MATERIALS

<sup>1</sup>Liutova Ekaterina Vladimirovna, PhD, Associate Professor

<sup>2</sup>Kornienko Arina Alekseevna, student

<sup>1,2</sup>Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,  
e-mail: [ekaterina.lyutova@klgtu.ru](mailto:ekaterina.lyutova@klgtu.ru)

*The article is devoted to the study of the demand for a new product being developed – butter cookies with the addition of vegetable raw materials of local origin. The technology of making cookies uses raw materials that can be grown in the Kaliningrad region: lupine flour, rapeseed oil, pumpkin and carrot cake. The assortment of butter cookies on the Kaliningrad region market today is wide, but there is a shortage of products enriched with useful components of vegetable raw materials. Analysis of consumer demand and consumer willingness to buy cookies with the addition of non-traditional vegetable raw materials showed that the development of a new type of shortbread cookies with the addition of lupine flour and carrot-pumpkin cake is relevant.*

## ВЛИЯНИЕ АНТИБИОТИКОВ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НА СИНТЕЗ ВНЕКЛЕТОЧНОГО БЕЛКА МИКРООРГАНИЗМАМИ АКТИВНОГО ИЛА

<sup>1</sup>Машенко Зинаида Евгеньевна, канд. фармацевт. наук, доцент

<sup>2</sup>Русских Яна Маратовна, магистрант Высшей биотехнологической школы

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,  
Высшая биотехнологическая школа, Самара, Россия, e-mail: <sup>1</sup>mzinaida@yandex.ru

*Попадая в окружающую среду и сточные воды, антибиотики нарушают работу биоценоза активного ила, снижая при этом качество очищенной воды. В работе представлены результаты влияния ампициллина, цефазолина и эритромицина на синтез внеклеточного белка микроорганизмами активного ила.*

В настоящее время тенденция бесконтрольного употребления и неправильной утилизации антимикробных препаратов приводит к развитию антибиотикорезистентности у разных сообществ микроорганизмов, что является существенной проблемой в нынешних реалиях, когда разработка и производство новых антибиотиков – дорогостоящий и длительный процесс [1].

Широкое применение антибиотиков в различных отраслях промышленности приводит к появлению и накоплению данных лекарственных препаратов в окружающей среде [2]. В очищенных сточных водах уже были обнаружены остатки антимикробных препаратов, что говорит о сниженной работоспособности такой экосистемы, как активный ил [3]. Попадание данных препаратов может привести к снижению эффективности очистки и увеличению содержания загрязнений в обработанных сточных водах.

Различные антибиотики могут влиять на синтез внеклеточного белка микроорганизмов активного ила по-разному. Например, аминогликозиды, такие как гентамицин и стрептомицин, блокируют синтез белка на ранних стадиях, связываясь с рибосомами и препятствуя трансляции генетической информации. Макролиды, такие как эритромицин и азитромицин, также влияют на трансляцию, но на более поздних стадиях, блокируя транспорт аминоацил-tРНК к рибосомам.

Цефалоспорины, такие как цефотаксим и цефепим, воздействуют на синтез белка путем разрушения клеточной стенки и увеличения проницаемости мембраны, что приводит к утечке внутриклеточных компонентов. Карбапенемы, такие как имипенем и меропенем, также разрушают клеточную стенку и мембрану, блокируя синтез пептидогликана.

Важно отметить, что использование антибиотиков, таких как ампициллин, цефазолин и эритромицин, остается популярным выбором в различных сферах – медицине, сельском хозяйстве и фармацевтическом производстве.

Ампициллин – бета-лактамный антибиотик группы пенициллинов, который используется для лечения инфекций бактериального происхождения. Он действует на широкий спектр бактерий, включая грамположительные и грамотрицательные микроорганизмы, подавляя их способность синтезировать клеточную стенку. Используется для лечения инфекций мочевыводящих путей, дыхательных путей, кожи и мягких тканей, а также инфекций желудочно-кишечного тракта. Химическая формула ампициллина представлена на рис. 1.

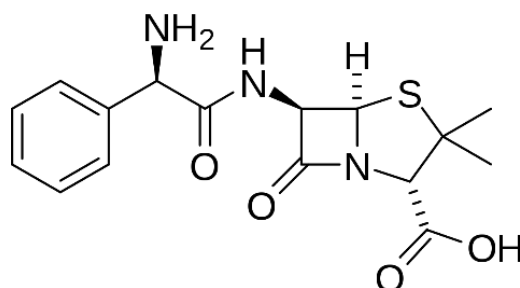


Рис. 1. Структурная формула ампициллина

Цефазолин – бета-лактамный антибиотик цефалоспориновой группы, структура которого представлена на рис. 2. Имея бактерицидное действие, цефазолин принимается перорально или вводится внутримышечно для эффективного уничтожения бактерий, вызывающих инфекционные заболевания. Этот антибиотик эффективен в борьбе с множеством бактериальных возбудителей, включая стафилококки, стрептококки, пневмококки и грамотрицательные микроорганизмы, включая некоторые штаммы, которые резистентны к пенициллинам. Он может применяться для лечения инфекций мочевыводящих путей, кожных и мягких тканей, бронхита, остеомиелита, сепсиса и других серьезных бактериальных инфекций.

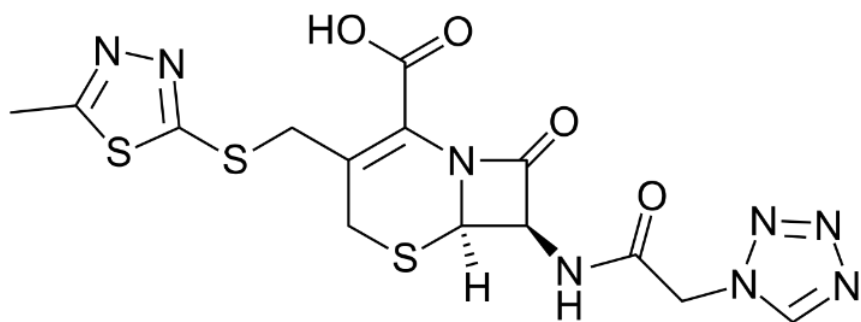


Рис. 2. Структурная формула цефазолина

Эритромицин является макролидным антибиотиком (рис. 3), который используется для лечения инфекций бактериального происхождения. Он действует на грамположительные и грамотрицательные бактерии, включая некоторые штаммы, которые резистентны к пенициллинам и цефалоспорином. В основном используется для лечения инфекций верхних дыхательных путей, таких как бронхит и пневмония.

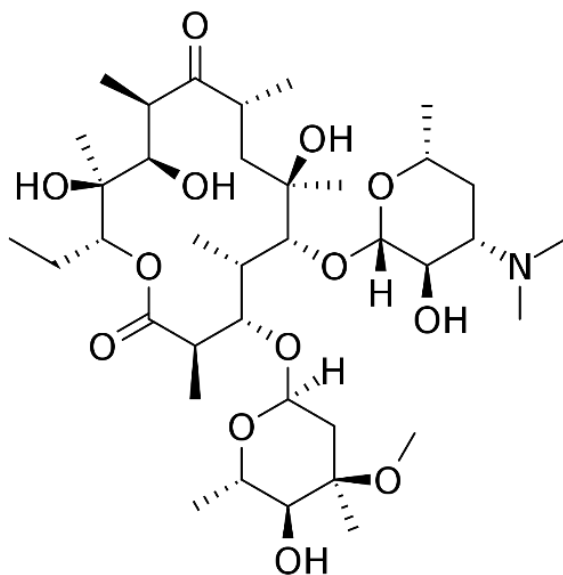


Рис. 3. Структурная формула эритромицина

Активный ил – это особое состояние иловых отложений, в котором содержится большое количество живых организмов и микроорганизмов. Микроорганизмы активного ила способны утилизировать органические вещества, которые содержатся в сточной воде, и превращать их в более простые соединения, такие как аминокислоты и сахара. В результате этого происходит очистка воды.

Однако, при контакте с антибиотиками, которые попадают в активный ил вместе со сточными водами, могут ингибироваться как патогенные, так и полезные микроорганизмы. Это может привести к снижению эффективности очистительного процесса активным илом.

Кроме того, использование антибиотиков может привести к развитию устойчивости бактерий к ним, что усложняет процесс очистки сточных вод и требует дополнительных затрат на обновление биологического состава активного ила. Если некоторые бактерии выживут после контакта с антибиотиками, они могут размножиться и передавать свою устойчивость на следующие поколения бактерий. Это усложнит лечение инфекций в будущем, так как антибиотики перестанут быть эффективными против этих бактерий.

Активный ил содержит органическую часть, которая состоит из клеточного и внеклеточного вещества. Клеточные вещества представлены биополимерами, такими как белки, ДНК, РНК, липиды, липополисахариды, пептидогликан клеточной стенки и запасные вещества (гликоген, полиоксикислоты). Внеклеточные вещества также являются полимерами и включают в себя полисахариды, белки, гуминовые вещества, уоновые и нуклеиновые кислоты [4].

Внеклеточные белки являются необходимыми компонентами активного ила, которые способствуют эффективной биологической очистке сточных вод.

Внеклеточные белки в активном иле выполняют ряд функций, которые способствуют эффективной биологической очистке сточных вод. Например, они могут служить связующим материалом для образования флокул активного ила, улучшая их структуру и стабильность. Кроме того, внеклеточные белки могут участвовать в процессе адгезии микроорганизмов к органическим соединениям в сточной воде, что ускоряет их разложение.

Также внеклеточные белки играют роль в обмене веществ между микроорганизмами в флокулах активного ила, что повышает эффективность процесса очистки, и могут участвовать в защите микроорганизмов от внешних воздействий, таких как изменения температуры, pH или воздействия различных поллютантов, что способствует сохранению стабильности флокул.

Важно, чтобы процесс флокулообразования происходил эффективно и стабильно, так как это позволяет улучшить качество очистки сточных вод. Если флокулы не образуются или образуются неустойчивые формы, то это может привести к недостаточной очистке сточных вод и выходу загрязнений в окружающую среду. Кроме того, неэффективное флокулообразование приводит к увеличению времени задержки сточных вод в активном иле, что грозит переполнением емкостей и снижением производительности очистных сооружений.

Цель работы – определить влияние антибиотиков различной химической структуры на синтез внеклеточного белка микроорганизмами активного ила.

Методика исследований. В 4 конические колбы вместимостью 100 см<sup>3</sup> добавляли 50 см<sup>3</sup> синтетической питательной среды (табл. 1) и 2,5 см<sup>3</sup> надильной жидкости. В качестве контрольной пробы служила колба без внесения антибиотика, в опытные пробы были внесены растворы антибиотиков (ампициллина, эритромицина и цефазолина) в концентрации 5 мг/см<sup>3</sup>. Культивирование проб осуществляли при температуре 37 °С в течение 72 ч в условиях постоянного перемешивания на вибростенде.

Таблица 1

**Состав синтетической питательной среды**

Ингредиенты (на 1000 см <sup>3</sup> дистиллированной воды)	Количество, г/см <sup>3</sup>
Глюкоза	10
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	1
NaCl	3
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,2
CaCl <sub>2</sub>	0,5

Каждые 24 ч спектрофотометрически определяли содержания белка в пробах. Для установления концентрации белка отбирали 2 см<sup>3</sup> накопительной культуры, помещали в пробирки и центрифугировали на лабораторной клинической центрифуге в течение 10 минут при 3000 об/мин. Затем измеряли оптическую плотность супернатанта на спектрофотометре в кюветах с толщиной оптического пути 1 см при длине волны 280 нм [5].

Относительное изменение количества внеклеточного белка рассчитывали по формуле (1):

$$A = \frac{\rho_o - \rho_k}{\rho_k} \times 100, \% \quad (1)$$

где  $A$  – относительное изменение оптической плотности внеклеточного белка, %;

$\rho_o$  – оптическая плотность опытной пробы;

$\rho_k$  – оптическая плотность контрольной пробы.

Значения оптической плотности внеклеточного белка, синтезируемого микроорганизмами активного ила, представлены табл. 2.

Таблица 2

### Оптическая плотность синтезируемого внеклеточного белка при действии антибиотиков

Проба	Время инкубации, ч		
	24	48	72
Контроль	0,707	0,829	0,855
Ампициллин	0,571	0,642	0,733
Цефазолин	0,546	0,774	0,779
Эритромицин	0,484	0,720	0,794

Из данных таблиц видно, что на протяжении эксперимента оптическая плотность синтезируемого внеклеточного белка была больше всего в контрольной пробе.

Относительное изменение количества внеклеточного белка по оптической плотности при действии антибиотиков представлены на рис. 4.

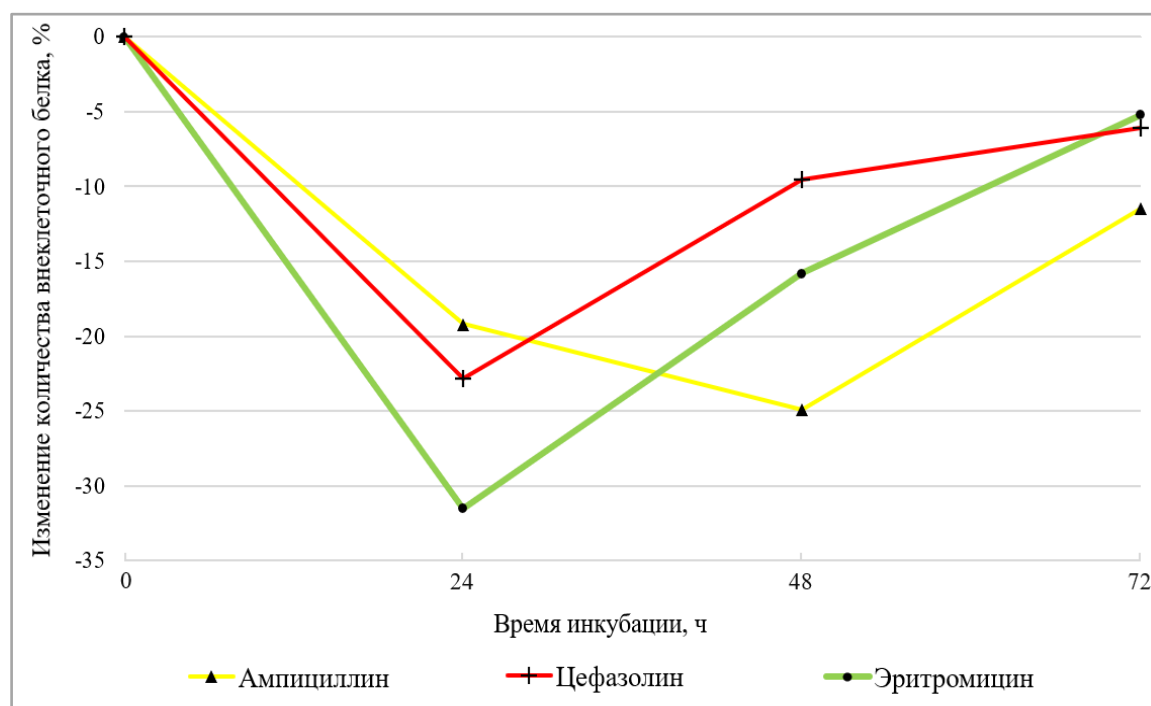


Рис. 4. Относительное изменение количества внеклеточного белка при действии антибиотиков

Установлено, что количество внеклеточного белка в пробах с добавлением антибиотиков было ниже, чем в контрольной пробе. В первые 24 ч инкубирования в пробе с эритромицином отмечали наименьшее количество внеклеточного белка, что может свидетельствовать о том, что этот антибиотик оказал ингибирующее действие на рост микроорганизмов в пробе. В последующие дни количество белка в исследуемых пробах возрастало. Следует отметить, что ампициллин оказывал пролонгированный эффект в сравнении с другими антибиотиками.

Таким образом, данные антибиотики в исследуемой концентрации в разной степени подавляли синтез внеклеточного белка микроорганизмами активного ила. Действие ампициллина было

наиболее продолжительным. Наименьшее количество белка было обнаружено в пробе с эритромицином.

### 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. Мухутдинова А. Н., Рычкова М. И., Тюмина Е.А., и др. Фармацевтические соединения на основе азотсодержащих гетероциклов новый класс загрязнителей окружающей среды (обзор) // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2015. – № 1. – С. 65-76.
4. Щетин А.И. Элементный состав активного ила // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. – № 11. – С. 49-54.
5. Югина Н.А., Хабибрахманова А.И., Шайхиева Е.О., Шулаев М.В. Анализ влияния БАВ на синтез внеклеточного белка сообществом микроорганизмов активного ила городских очистных сооружений МУП «Водоканал» // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 23. – С. 251-252.

### INFLUENCE OF ANTIBIOTICS OF DIFFERENT CHEMICAL STRUCTURES ON THE SYNTHESIS OF EXTRACELLULAR PROTEIN OF ACTIVE SLUDGE MICROORGANISMS

<sup>1</sup>Mashchenko Zinaida Evgenievna, Candidate of Pharmaceutical Sciences,  
Associate Professor of the Higher biotechnology school

<sup>2</sup>Russkikh Yana Maratovna, master student of the Higher school of biotechnology

<sup>1,2</sup>Samara State Technical University, Samara, Russia, e-mail: <sup>1</sup>mzinaida@yandex.ru

*Getting into the environment and waste water, antibiotics disrupt the functioning of the activated sludge biocenosis, while reducing the quality of treated water. The article presents the results of the use of ampicillin, cefazolin and erythromycin on the synthesis of extracellular protein by activated sludge microorganisms.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ БИОПОТЕНЦИАЛА И ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРМОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ГИДРОЛИЗА ОТХОДОВ ОТ РАЗДЕЛКИ КАМЧАТСКОГО КРАБА

<sup>1</sup>Мезенова О.Я., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой пищевой биотехнологии

<sup>2</sup>Кукаев А.В., генеральный директор ООО «Промкорма»

<sup>3</sup>Максимова С.Н., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии продуктов питания

<sup>4</sup>Агафонова С.В., канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

<sup>5</sup>Романенко Н.Ю., канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

<sup>6</sup>Волков В.В., директор Центра передовых технологий использования белков кафедры пищевой биотехнологии

<sup>7</sup>Калинина Н.С., зав. лабораториями кафедры пищевой биотехнологии

<sup>8</sup>Мерзель Й-Т., д-р наук, профессор, генеральный директор UBF GmbH

<sup>1,4,5,6,7</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: mezenova@klgtu.ru; svetlana.agafonova@klgtu.ru; nataliya.mezenova@klgtu.ru; natalya.kalinina@klgtu.ru; vladimir.volkov@klgtu.ru

<sup>2</sup>ООО «Промкорма», Калининград, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Дальневосточный технический рыбохозяйственный университет», Владивосток, Россия, e-mail: maxsvet28@mail.ru

<sup>8</sup>Научно-исследовательская и консультационная лаборатория UBF GmbH, Альтландсберг, Германия, e-mail: thomas.moersel@ubf-research.com

*Исследован химический состав отходов от разделки камчатского краба и биопотенциал продуктов его гидролиза высокотемпературным и ферментативным способами с применением алкалазы и коллагеназы. Все продукты гидролиза содержат повышенное количество белка. Установлен аминокислотный и фракционно-молекулярный состав протеиновых фракций водорастворимых гидролизатов. Показано наличие в них всех незаменимых аминокислот и преобладание пептидов с молекулярной массой менее 50 кДа. Водорастворимые гидролизаты успешно испытаны в составе комбикормов при выращивании молоди форели.*

Мышечная ткань камчатского краба (*Paralithodes Camtschaticus*), содержащаяся в их конечностях, после термической обработки является деликатесным пищевым продуктом. Как правило, разделка крабов проводится на судах сразу после их вылова на промысле. При этом отходы от разделки (голова, гепатопанкреас, карапакс, абдомен, жабры и др.), составляющие 24-36% массы сырья, выбрасываются в море, создавая экологическую проблему. При этом таким образом утилизируется ценный биопотенциал вторичного крабового сырья. В настоящее время гепатопанкреас крабов в небольших количествах используется для получения ферментных препаратов коллагеназной направленности, но это не более 0,1% от массы сырья. Из крабовых отходов также получают крабовую крупку, которая используется как сырье для изготовления биополимеров хитина и хитозана [1,2].

Принимая во внимание известный химический состав крабовых отходов, отличающийся по видам, можно констатировать, что они обладают ценным кормовым потенциалом. Вторичное крабовое сырье в среднем содержит (% сухого вещества): белка 21–27; жира 0,2–0,4; минеральных веществ 34–39; хитина 26–32 [3,4]. Однако, производство кормовой муки из данных отходов, к сожалению, не ведется в промышленных масштабах, а производимая в небольших количествах на малых предприятиях кормовая продукция содержит повышенное количество минеральных веществ и хитина, имеет пониженное содержание протеина, и по этой причине обладает невысокой кормовой ценностью [2].

Представляется перспективным проведение глубокого гидролиза крабовых отходов с последующим обезвоживанием продуктов гидролиза, что позволит повысить кормовую ценность

готовой продукции, увеличить доступность и усвояемость протеиновой составляющей, а также содержание белка, сконцентрировать ценные биологически активные вещества. Такие продукты гидролиза могут быть эффективными компонентами в комбикормах индустриальной аквакультуры (форель, лососевые, сиговые, осетровые) в качестве источника физиологически усвояемых низкомолекулярных пептидов, высокомолекулярных протеинов, пищевого волокна хитина, углеводов и минеральных веществ [5]. В настоящее время современное рыбоводство испытывает нехватку отечественных комбикормов, сбалансированных по составу кормовых компонентов.

Цель работы заключалась в оценке биопотенциала отходов от разделки камчатских крабов *Paralithodes camtschaticus* и их гидролизатов, полученных различными способами, а также перспективности их использования в составе кормов для индустриальной аквакультуры.

Химический состав сырья и гидролизатов (содержание воды, белка, жира, минеральных веществ, аминного или формольно-титруемый азота) определяли по ГОСТ 7636.

Гидролизаты крабового сырья получали высокотемпературным и ферментативным способами при предварительном измельчении сырья. Высокотемпературный гидролиз проводили в термореакторе при температуре 130 °С [6].

Аминокислотный состав протеинов определяли хроматографическим методом ВЭЖХ/УФ-ФД AT 1200 Series Infinity DAD и 1260 FLD в Научно-исследовательской и консультационной лаборатории UBF (Альтландсберг, Германия).

Молекулярно-фракционный состав образующихся при гидролизе пептидов анализировали методом жидкостной хроматографии на приборе LaChrom (Hitachi, колонка Yarra phenomenex) по методике § 64 LFGB (Германия).

В результате исследований на кафедре пищевой биотехнологии КГТУ из отходов от разделки камчатских крабов по двум технологиям гидролиза (высокотемпературный и ферментативный) были получены два основных продукта, представляющих собой композиции органических веществ с достаточно высоким содержанием протеиновых компонентов. Обе композиции после отделения центрифугированием обезвоживались сублимационным и конвекционным способами соответственно.

Биологические испытания по выращиванию радужной форели в аквакультуре проводили на ООО «Промкорма» в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ-установках) в течение 56 суток на молоди массой 90-100 г при трехразовом кормлении экспериментальными и контрольными комбикормами.

Ферментативный способ гидролиза крабовых отходов изучали в экспериментах с применением 2-х видов ферментных препаратов (алкалаза 2,5 L (Novozymes, активность 2,5 AU/г) и коллагеназа (ОАО «Биопрогресс») при одинаковых дозировках (0,5% к массе сырья) и температурах рекомендуемого оптимума. Об эффективности такой обработки судили по накоплению низкомолекулярного аминного азота (формольно-титруемый азот - ФТА) в водорастворимом гидролизате. Установили, что для получения более глубокого уровня гидролиза протеинов сырья рациональнее применять фермент алкалаза, т.к. показатель ФТА (324, 8 мг/100 г) в 1,6 раза превышает соответствующее значение количества аминного азота в гидролизате, полученном с применением коллагеназы (199,0 мг/100 г).

Химический анализ (среднее из 5 определений) показал, что крабовое сырье (мороженые отходы) содержит (в среднем) 15 -17% белка; 8,1-8,6% минеральных веществ; 1,4-1,9% жира; 1,8-2,4% углеводов; 72,6–75,8% воды. Все органические компоненты очень дифференцированно распределены между внутренними органами краба, входящими в его голову, химический состав каждой части существенно отличается друг от друга.

Водорастворимая сублимационно высушенная композиция содержала 45,1-67,3% протеиновых компонентов (продукт термического гидролиза), 62,5-66,3% (продукт ферментативного гидролиза алкалазой) и 57,6-61,8% (продукт ферментативного гидролиза коллагеназой). При этом в ее составе, независимо от способа гидролиза, присутствовало незначительное количество жира (0,25-0,28%), достаточно много минеральных веществ (15,1-16,1%), немного углеводов (2,9-4,0%) при содержании воды 8,0-8,3%.

Водонерастворимая конвекционно высушенная осадочная композиция, получаемая тремя способами гидролиза, включала (в среднем) 34,9-40,4% белков, 36,8 - 39,2% минеральных веществ, частично связанных с хитином, который также вошел в углеводный компонент продукта



(6,2-6,7%). При этом содержание жира было минимальным (0,9-1,6%), а массовая доля воды (13,1-12,9%) свидетельствовала о достаточном обезвоживании продукта.

Таким образом, водорастворимая композиция, получаемая различными способами гидролиза, отличается от сырья и водонерастворимого продукта повышенным количеством протеинов, потенциально находящегося в виде их гидролизованных фрагментов (низкомолекулярных пептидов). Водонерастворимая (осадочная) композиция в протеиновой фракции содержит, по всей видимости, трудно доступные белки, которые потенциально можно отнести к высокомолекулярным и связанным протеинам, в том числе входящим в состав хитина покровных тканей (карапакса) крабов [1, 2, 4, 6].

Полученные данные согласуются с литературными источниками и позволяют сделать вывод о перспективности использования крабовых отходов для получения белковых и белково-минеральных добавок с применением глубокого гидролиза и сушки [1-4, 6].

О биологической ценности водорастворимых фракций крабовых гидролизатов, полученных различными способами, судили по аминокислотному составу белков (табл. 1).

Таблица 1

**Аминокислотный состав белков водорастворимых фракций гидролизатов крабовых отходов, полученных при различных способах гидролиза**

Название аминокислоты	Массовая доля в гидролизате, г/100 г продукта		
	Термический гидролиз	Ферментативный гидролиз с коллагеназой	Ферментативный гидролиз с алкалазой
Аланин	6,4	6,2	5,7
Аргинин	5,	5,5	6,4
Аспарагин	0,3	1,6	1,8
Аспарагиновая кислота	3,2	1,9	2,0
Карнозин	< 0,1	-	-
Цитрулин	0,1	0,1	0,1
Цистин	< 0,1	0,1	0,1
Глутамин	< 0,1	0,8	1,0
Глутаминовая кислота	2,5	4,1	3,7
Глицин	5,7	5,6	4,9
Гистидин	0,8	1,3	1,6
Гидроксипролин	< 0,1	0,1	< 0,1
Изолейцин	4,3	4,0	< 0,1
Лейцин	4,0	4,0	4,0
Лизин	4,5	4,5	4,4
Метионин	2,0	1,9	2,1
Орнитин	0,1	1,0	0,4
Фенилаланин	3,1	3,2	3,9
Пролин	2,7	2,5	1,8
Серин	2,8	2,0	2,4
Таурин	5,3	4,2	3,7
Треонин	2,4	2,9	3,0
Триптофан	0,4	0,5	0,7
Тирозин	3,3	1,1	2,8
Валин	3,7	3,8	3,9

Из данных анализа аминокислотного состава гидролизатов крабовых отходов, полученных различными способами (табл. 1), видна их близость по количественно-качественным показателям. Во всех продуктах гидролиза присутствуют все незаменимые аминокислоты, при этом преобладают аминокислоты, характерные для коллагеновых тканей (аланин, аргинин, глицин, таурин, лейцин, лизин). Повышенное количество аланина (5,6 – 7,4%) объясняется его активным участием в гликогенезе печени, массовая доля которой (гепатопанкреас) в крабовых отходах составляет 23-41% [1, 2]. Содержание пролина на уровне 1,8-2,7 г/100 г свидетельствует о приоритетном присут-

ствии в сырье опорно-структурных тканей, определяющих жесткость карапакса. Лимитирующими аминокислотами являются триптофан и метионин.

Относительную усвояемость водорастворимых продуктов гидролиза крабовых отходов определяли по фракционно-молекулярному составу протеиновых фрагментов, образующихся при гидролизе. Установлено, что все три гидролизата по количественному содержанию низкомолекулярных фракций близки по составу. Основная масса фракций имеет молекулярную массу (ММ) менее 100 кДа (100% - в термогидролизатах и 91,4% в ферментализатах с алкалазой). При термическом гидролизе количество низкомолекулярных пептидов (ММ менее 50 кДа) составляет 96,4%, тогда как при ферментализе массовая доля таких фрагментов достигает всего 88,1%. Важно, что физиологически активные пептиды с ММ менее 5 кДа количественно преобладают в термогидролизатах (41,72% против 38,12%). Это косвенно свидетельствует о физиологическом потенциале получаемых гидролизатов и об их биологической эффективности в составе кормов для рыб [7].

Водорастворимый гидролизат, полученный термическим гидролизом, исследовали на физиологическую усвояемость в составе комбикормов (вместо 5% рыбной муки) при выращивании радужной форели в индустриальной аквакультуре. Эксперименты проводили в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) в ООО «Промкорма» по методике кормовых испытаний [8, 9]. В сравнительных исследованиях по измерению масс рыб в течение 56 дней в конце экспериментов было установлено, что прирост массы в контрольной группе рыб составил 48,3%, а в экспериментальной – 60%, что свидетельствует о повышенной физиологической усвояемости гидролизата крабовых отходов относительно рыбной муки. При этом установлено повышение коэффициента роста рыбы в последнем случае в 1,24 раза.

Таким образом, показана рациональность переработки отходов камчатского краба (*Paralithodes Camtschaticus*) с применением глубокого гидролиза высокотемпературным и ферментативными способами. Это позволяет получать высокобелковые низкомолекулярные водорастворимые пептидно-протеиновые композиции в виде высушенных концентрированных добавок с повышенным содержанием протеинов, обладающие сбалансированным аминокислотным составом и физиологически эффективной кормовой ценностью, что позволяет рекомендовать их применение в составе комбикормов для рыб, выращиваемых в аквакультуре.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потенциал вторичных ресурсов камчатского краба как технологически ценного сырья / С. Н. Максимова, Д. В. Полещук, Е. В. Суровцева, К. К. Верещагина, А. В. Милованов // Пищевая промышленность. 2019. Т. 4. № 4. С. 30–36. DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-4-4.
2. Комплексная переработка камчатского краба при производстве пищевой продукции и биологически активных веществ / А. В. Подкорытова, Н. Г. Строгова, Н. В. Семикова // Труды ВНИРО. Серия «Технология переработки водных биоресурсов». 2018. Т. 172. С. 198–212.
3. Исследование процесса автопротеолиза отходов от разделки синего краба (*Paralithodes platypus*) / С. Н. Максимова, Д. В. Полещук, К. К. Верещагина и др. // Пищевая промышленность. 2021. № 7. С. 20–23. DOI: 10.52653/PPI.2021.7.7.002
4. Bioconversion of shrimp waste *Penaeus merguensis* using lactic acid fermentation: an alternative procedure for chemical extraction of chitin and chitosan / F. Sedaghat, M. Yousefzadi, H. Toiserkani, S. Najafipour // Int. J. Biol Macromol. 2017. V. 104. pp. 883–888. DOI 10.1016/j.ijbiomac.2017.06.099.
5. Способ получения пищевых добавок из вторичного рыбного сырья с применением гидролиза: пат. 2681352 Рос. Федерация. № 2018103795/10 / Мезенова О. Я., Агафонова С. В., Байдалинова Л. С., Городниченко Л. В., Волков В. В., Мезенова Н. Ю., Гримм Т., Хелинг А.; заявл. 31.01.2018; опубл. 06.03.2019. Бюл. № 12.18 с.
6. Мезенова О. Я. Биопотенциал вторичного хитинсодержащего сырья и рациональные направления его использования / Известия КГТУ, 2023, №69, С.74-88. DOI. 10.46845/1997-3071-2023-69-74-88.
7. Короткие пептиды как компоненты питания: молекулярные основы регуляции гомеостаза / В.А. Тутельян, В.Х. Хавинсон, Г.А. Рыжак и др. // Успехи современной биологии. 2014. Т. 134, № 3. С. 227-235.

8. Проектирование сбалансированных кормов для индустриальной аквакультуры с применением протеиновых гидролизатов побочного рыбного сырья / О.Я. Мезенова, Д.С. Пьянов, С.В. Агафонова, Н.Ю. Мезенова, В.В. Волков // Рыбное хозяйство. – 2021. – № 4. – С. 81-88. DOI 10.37663/0131-6184-2021-4-81-88

9. Оценка питательной ценности комбикормов для лососевых с добавлением продуктов гидролиза шпротных отходов / О. Я. Мезенова, Д. С. Пьянов, С. В. Агафонова, Н. Ю. Романенко, В. В. Волков, Н. С. Калинина, Т. Мерзель // Известия КГТУ. 2022. № 67. С. 32–47. DOI 10.46845/1997-3071-2022-67- 32-4.

## **STUDY OF THE BIOPOTENTIAL AND EFFICIENCY OF THE FODDER APPLICATION OF WASTE HYDROLYSIS PRODUCTS FROM CUTTING KING CRAB**

<sup>1</sup>Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, Professor,  
Head Department of Food Biotechnology

<sup>2</sup>Kukaev Alexander Vasilievich, General Director of «Promkorma» LLC

<sup>3</sup>Maksimova Svetlana Nikolaevna, Doctor of technical sciences, Professor,  
Head. Department of Food Technology

<sup>4</sup>Agafonova Svetlana Viktorovna, Ph.D. of tech. Sciences, Associate Professor Department  
of Food Biotechnology

<sup>5</sup>Romanenko Natalya Yurievna, Ph.D. of tech. Sciences, Associate Professor Department  
of Food Biotechnology

<sup>6</sup>Volkov Vladimir Vladimirovich, Director of the Center for Advanced Technologies  
in the Use of Proteins, Department of Food Biotechnology

<sup>7</sup>Kalinina Natalya Sergeevna, Head of laboratories Department of Food Biotechnology

<sup>8</sup>Mörsel Jörg-Thomas, Doctor of Natural Sciences, Professor, Director General

<sup>1,4,5,6,7</sup>Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

<sup>2</sup>Limited Liability Company "Promkorma", Kaliningrad, Russia

<sup>3</sup>Far East Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

<sup>8</sup>UBF-Untersuchungs-, Beratungs-, Forschungslaboratorium GmbH,

e-mail: mezenova@klgtu.ru; maxsvet28@mail.ru; svetlana.agafonova@klgtu.ru;

nataliya.mezenova@klgtu.ru; natalya.kalinina@klgtu.ru; vladimir.volkov@klgtu.ru;

thomas.moersel@ubf-research.com

*The chemical composition of the waste from the cutting of king crab and the biopotential of the products of its hydrolysis by high-temperature and enzymatic methods using alkalase and collagenase have been studied. All hydrolysis products contain an increased amount of protein. The amino acid and fractional-molecular composition of protein fractions of water-soluble hydrolysates has been established. The presence of all amino acids in them and the predominance of peptides with a molecular weight of less than 50 kDa were shown. Hydrolysates have been successfully tested in the composition of feed for growing trout fry.*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ РЫБНОГО ЖИРА ИЗ ЖИРОСОДЕРЖАЩИХ РЫБНЫХ ОТХОДОВ

<sup>1</sup>Мезенова О.Я., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой пищевой биотехнологии

<sup>2</sup>Агафонова С.В., канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

<sup>3</sup>Романенко Н.Ю., канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

<sup>4</sup>Калинина Н.С., зав. лабораториями кафедры пищевой биотехнологии

<sup>5</sup>Волков В.В., директор Центра передовых технологий использования белков кафедры пищевой биотехнологии

<sup>6</sup>Федоров Д.С., студент кафедры пищевой биотехнологии

<sup>7</sup>Федорова О.С., студентка кафедры пищевой биотехнологии

<sup>8</sup>Аншукова А.А., студентка кафедры пищевой биотехнологии

<sup>9</sup>Ячников Д.В., студент кафедры пищевой биотехнологии

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9</sup> ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: mezenova@klgtu.ru; svetlana.agafonova@klgtu.ru; nataliya.mezenova@klgtu.ru; vladimir.volkov@klgtu.ru; natalya.kalinina@klgtu.ru; dmitr.fedorov@inbox.ru; olesya.02inbox.ru@gmail.com; anshukova2002@gmail.com; yachnikov.denis@mail.ru.

*Приведены результаты математического моделирования и оптимизации процесса экстрагирования рыбного жира из голов копченой кильки, голов скумбрии и внутренностей судака – отходов рыбоперерабатывающих производств. Исследованы перекисное и кислотное числа жира, его выход из сырья в зависимости от температуры и продолжительности экстракции. Получены аналитические и геометрические модели процесса, рассчитаны оптимальные значения факторов. Даны рекомендации по использованию жира для микробного синтеза белка и биополимеров.*

Многие рыбные отходы от разделки рыбы (головы, внутренности) содержат значительное количество жира, который имеет высокую биологическую ценность, но отличается повышенной способностью к окислению [1-3]. Жиросодержащие рыбные отходы могут быть перспективным источником для получения рыбного жира, идущего на пищевые, кормовые, технические и другие цели, в зависимости от его качества, уровня гидролитических и окислительных изменений [4].

Отличительной особенностью рыбных отходов (головы, кости, плавники и др.) является повышенное содержание структурно-механических тканей, в состав которых входят коллагеновые белки и минеральные вещества, придающие прочность данным тканям. Для максимального извлечения из них жира требуется разрушение жировых клеток путем механического измельчения и тепловой денатурации коллагеновых тканей, входящих в оболочки жировых клеток. При этом, с учетом повышенной чувствительности жира к различным факторам (температура, кислород, контакты с металлами), условия тепловой обработки должны быть максимально щадящими [5-6].

Целью исследования являлась оптимизация процесса выделения жира из голов копченой кильки (отходов шпротных производств), голов скумбрии (отходов консервных производств) и внутренностей судака балтийского (отходов кулинарных производств) термическим способом.

Сырье для экспериментов было предоставлено рыбоперерабатывающими предприятиями Калининградской области. Организация экспериментов включала операции измельчения жиросодержащего рыбного сырья, добавления к нему воды в массовом соотношении 1 : 1, нагревания полученной системы в диапазоне температур от 40° до 100° С при постоянном перемешивании, фракционном декантировании жировой фракции. В полученных жирах определяли массовую долю выхода жира, кислотное и перекисное числа жира по ГОСТ 7636-85.

Оптимизацию процесса выделения жира проводили с применением математического планирования эксперимента в соответствии с ортогональным центральным композиционным планом (ОЦКП) второго порядка для 2-х факторов. Варьируемыми факторами, наиболее влияющими на

процесс, были взяты температура (40-100 °С) и продолжительность (20-60 мин.) процесса экстракции жира. В качестве параметра оптимизации был выбран обобщенный отклик, рассчитываемый с применением частных откликов (КЧ – кислотное число и ПЧ - перекисное число, выход жира) методом «приближения к идеалу». «Идеалы» частных откликов, принятые с учетом требований стандартов на пищевые рыбные жиры и специфики состава отходов, приведены в табл. 1

Таблица 1

**«Идеальные» значения частных откликов, используемые при расчете обобщенных параметров оптимизации**

Факторы	Головы копченой кильки	Головы скумбрии	Внутренности судака
КЧ – кислотное число, мг КОН/г	9	4	4
ПЧ - перекисное число, ммоль/кг ½ О	4	10	10
Выход жира, % массы сырья	9	9	21

Эксперименты, проведенные по плану в соответствии с матрицей ОЦКП 2-го порядка для 2-х факторов, позволили получить следующие частные отклики, характеризующие качество получаемого жира и его выход из сырья, в зависимости от вида отходов и условий процесса (табл. 2).

Таблица 2

**План эксперимента по моделированию и оптимизации процесса экстракции жира из голов копченой кильки (шпротных отходов) в зависимости от времени и температуры**

№ опыта	Изменяемые факторы эксперимента – процесса экстракции жира		Частные отклики			Безразмерные отклики			Обобщенные параметры оптимизации Y
	Температура, °С	Время, мин	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль/кг ½ О	Выход жира, % массы сырья	$S_{кч}^2$	$S_{пч}^2$	$S_m^2$	
Головы копченой кильки (шпротные отходы)									
1	100	60	11,25	3,98	8,31	0,0625	0,0000	0,0059	0,0684
2	40	60	9,31	15,02	6,2	0,0012	7,5900	0,0968	7,6880
3	100	20	10,77	4,94	7,09	0,0387	0,0552	0,0450	0,1389
4	40	20	9,01	16,42	6,77	0,0000	9,6410	0,0614	9,7024
5	100	40	11,06	4,37	7,66	0,0524	0,0086	0,0222	0,0831
6	40	40	9,41	15,93	5,23	0,0021	8,8953	0,1755	9,0728
7	70	60	10,63	6,49	5,43	0,0328	0,3875	0,1573	0,5777
8	70	20	10,1	7,5	5,69	0,0149	0,7656	0,1353	0,9158
9	70	40	10,34	6,95	5,37	0,0222	0,5439	0,1627	0,7288
Головы скумбрии									
1	100	60	20,47	29,99	8	16,9538	3,9960	0,0123	20,9622
2	40	60	19,67	32,91	7,14	15,3468	5,2487	0,0427	20,6382
3	100	20	21,36	32,37	8,11	18,8356	5,0042	0,0098	23,8495
4	40	20	18,09	47,2	3,31	12,4080	13,8384	0,3997	26,6461
5	100	40	21,32	30,69	7,94	18,7489	4,2808	0,0139	23,0435

№ опыта	Изменяемые факторы эксперимента – процесса экстракции жира		Частные отклики			Безразмерные отклики			Обобщенные параметры оптимизации Y
	Температура, °С	Время, мин	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, ммоль/кг ½ О	Выход жира, % массы сырья	S <sub>кч</sub> <sup>2</sup>	S <sub>пч</sub> <sup>2</sup>	S <sub>м</sub> <sup>2</sup>	
6	40	40	19,87	23,21	8,06	15,7411	1,7450	0,0109	17,4970
7	70	60	19,62	33,57	6,94	15,2490	5,5554	0,0524	20,8569
8	70	20	20,68	33,22	7,83	17,3889	5,3917	0,0169	22,7975
9	70	40	19,63	37,93	6,74	15,2686	7,8008	0,0631	23,1325
Внутренности судака									
1	100	60	7,91	7,7	17	0,9555	0,0529	0,0363	1,0447
2	40	60	15,59	6,51	20,57	8,3955	0,1218	0,0004	8,5177
3	100	20	8,17	11,29	14,29	1,0868	0,0166	0,1021	1,2055
4	40	20	13,38	6,65	19,77	5,4990	0,1122	0,0034	5,6147
5	100	40	8,11	8,39	12,91	1,0558	0,0259	0,1484	1,2301
6	40	40	15,46	2,92	20,74	8,2082	0,5013	0,0002	8,7096
7	70	60	10,42	7,3	11,31	2,5760	0,0729	0,2129	2,8618
8	70	20	12,05	10,6	19,03	4,0502	0,0036	0,0088	4,0626
9	70	40	10,97	5,95	16,14	3,0363	0,1640	0,0536	3,2539

После обработки данных по алгоритму ОЦКП были получены следующие модели процесса экстракции жира из рыбных отходов, связывающие обобщенный параметр оптимизации с основными варьируемыми факторами:

*Кодированные математические модели:*

Головы копченой кильки (шпротные отходы):

$$Y = 0,8807 - 4,3621x_1 - 0,4039x_2 + 0,4860x_1x_2 + 3,6697x_1^2 - 0,1613x_2^2$$

Головы скумбрии:

$$Y = 21,77 + 0,512x_1 - 1,806x_2 + 0,780x_1x_2 - 0,489x_1^2 + 1,068x_2^2$$

Внутренности судака:

$$Y = 3,82 - 3,227x_1 + 0,257x_2 - 0,766x_1x_2 + 0,933x_1^2 - 0,574x_2^2$$

Из анализа кодированных моделей следует, что фактор температуры ( $x_1$ ) при обработке шпротных голов и внутренностей судака гораздо более значимо влияет на выход жира и показатели его безопасности, чем продолжительность экстракции ( $x_2$ ) в указанной области исследования. В случае экстракции жира из скумбриевого сырья фактор продолжительности экстракции больше влияет на обобщенный параметр оптимизации, чем температура.

Математические модели процесса экстракции жира в натуральном выражении, которые могут быть использованы для прогнозирования частных откликов, в зависимости от натуральных значений факторов процесса имеют следующий вид:

*Натуральные математические модели:*

Головы копченой кильки (шпротные отходы):

$$Y = 33,47 - 0,749X - 0,045Z + 0,0008XZ + 0,004X^2 - 0,0004Z^2$$

Головы скумбрии:

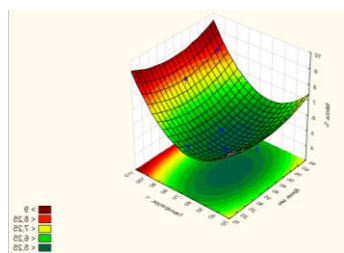
$$Y = 29,44 + 0,041X - 0,395Z + 0,001XZ - 0,0005X^2 + 0,003Z^2$$

Внутренности судака:

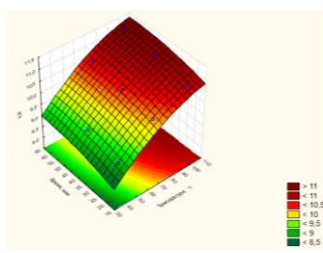
$$Y = 10,04 - 0,202X + 0,217Z - 0,0013XZ + 0,001X^2 - 0,001Z^2$$

Графическая интерпретация полученных моделей в зависимости от вида сырья и частных параметров оптимизации в заданной области исследования приведена на рисунке.

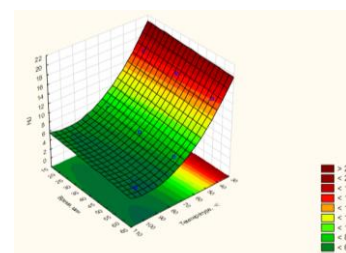
Головы копченой кильки (шпротные отходы)



а)

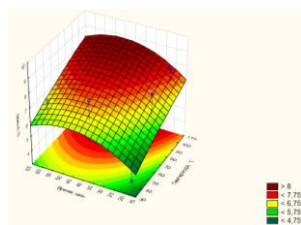


б)

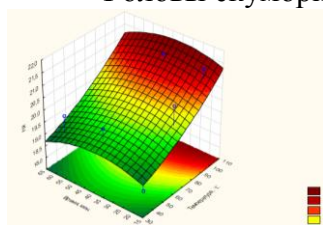


в)

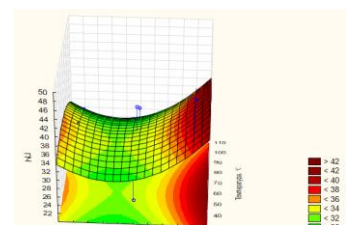
Головы скумбрии



а)

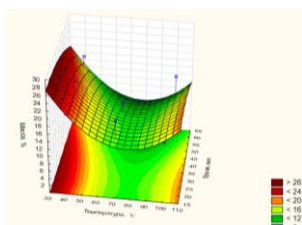


б)

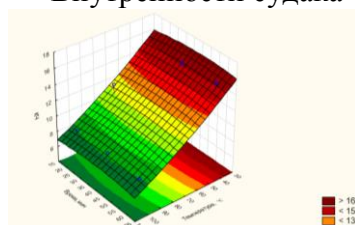


в)

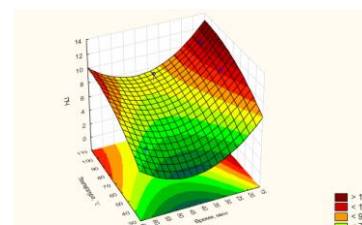
Внутренности судака



а)



б)



в)

Рисунок – Графические модели процесса тепловой экстракции жира из различных рыбных отходов в зависимости от вида частного отклика: а) массовый выход жира; б) кислотное число жира; в) перекисное число жира

Анализ графически представленных моделей процесса экстракции жира (рисунок) показывает прямо пропорциональную зависимость количества выделенного жира от температуры и времени для всех видов отходов, что желательно. При этом также увеличиваются значения показателей кислотного и перекисного чисел, свидетельствующие об интенсификации гидролитических и окислительных процессов, что нежелательно.

Оптимизация процесса экстракции методом Бокса-Уилсона позволила получить следующие расчетные оптимальные значения температуры и продолжительности экстракции жира с учетом минимальных значений параметра оптимизации (табл. 3):

Таблица 3

**Оптимальные расчетные значения факторов процесса экстракции жира из рыбных отходов**

Факторы	Головы копченой кильки	Головы скумбрии	Внутренности судака
Температура экстракции, °С	88	104	116
Продолжительность экстракции, мин.	32	48	24

Таким образом, получение рыбного жира из шпротных голов с показателями КЧ и ПЧ, регламентированными для пищевого жира, рекомендуется при температуре экстракции 88°С в течение 32 мин., из голов скумбрии - при температуре 104°С в течение 48 мин., из внутренностей судака – при температуре 116°С в течение 24 мин. Такой жир будет иметь минимальные значения КЧ и ПЧ (т.е. минимально безопасен) при максимальном экстрагировании из сырья.

Однако, анализ данных табл. 1 показывает, что в большинстве опытов показатели ПЧ и КЧ превышают допустимые для пищевого жира значения, что свидетельствует о высокой лабильности природы рыбного жира и неустойчивости жирных кислот, среди которых 30-40% относятся к полиненасыщенным жирным кислотам, к повышению температуры и времени в исследуемой области [7,8]. При обработке голов скумбрии наблюдаются максимальные значения КЧ (18,1 – 21,4 мг КОН/г) и ПЧ (23,2 – 47,2 ммоль/кг ½ О) во всех экспериментах, что свидетельствует о его непригодности к пищевому использованию. Этот факт объясняется свойствами океанического сырья, которое замораживается на судах и не сразу попадает в обработку, при этом особый временной отрезок проходят рыбные отходы, которые также не сразу, а через некоторый промежуток времени используются для экстракции жира.

Жир внутренностей судака, полученный из свежельовленной рыбы, также характеризовался повышенными значениями КЧ во всех опытах (7,9 - 15,6 мг КОН/г), хотя перекисные числа в большинстве случаев не превышали допустимый для пищевого жира (2,9 - 11,3 ммоль/кг ½ О). Это можно объяснить наличием во внутренностях судака активных пищеварительных ферментов, которые интенсифицируют гидролиз жира. В результате моделирования такого жира с повышенными значениями ПЧ и КЧ оптимальные значения факторов процесса экстракции «вышли» за пределы области исследования и рассчитаны теоретически (табл. 3). Следует уточнить на практике аналитически полученные оптимальные значения температуры и времени экстракции.

Жир из голов копченой кильки также имел повышенные значений КЧ во всех случаях (9,01-11,25 мг КОН/г), что можно объяснить наличием в нем кислот копильного дыма, попавших туда при копчении. При этом значения ПЧ в большинстве случаев, за исключением опытов 3 и 5, соответствовали требованиям стандарта на жир рыбный пищевой (4,0 – 7,5 ммоль/кг ½ О). можно объяснить наличием копильных компонентов в жире, которые обладают антиоксидантными свойствами. С учетом принятых «идеальных» значений ПЧ и КЧ при математической оптимизации процесса экстракции жира из данного сырья получены оптимальные значения факторов, которые «выходят» за пределы области существования модели (табл. 3, требующие проверки на практике,

Из полученных результатов следует, что необходимо учитывать высокую склонность рыбного жира к гидролитическим и окислительным изменениям. В случае превышения допустимых значений КЧ и ПЧ получаемый рыбный жир требует специального обоснования по применению. Такой жир можно использовать в качестве биоэнергетического материала (биотоплива), основы для антиадгезионных материалов или технических смазок [9], а также как источник углерода в промышленной биотехно-



логии. Рациональным способом применения енепищевого жира, содержащего токсичные соединения, видится его использование в микробной биотехнологии в качестве источника углерода для синтеза биоразлагаемых пластиков типа полигидроксиалканоатов (ПГА) [10-11].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-64-10007, <https://rscf.ru/project/23-64-10007/>

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боева Н.П., Бредихина О.В., Петрова М.С., Баскакова Ю.А. Технология жиров из водных биологических ресурсов: монография. - М.: Изд-во ВНИРО, 2016. 107 с.
2. Muge E.K., Mbatia B.N., Mwaniki M.W. Development and Sensory Evaluation of Omega-3-Rich Nile Perch Fish Oil-Fortified Yogurt. *International Journal of Food Science*. 2021. Article ID 8838043. P.7
3. Сафронова Т.М., Мезенова О.Я., Сергеева Н.Т., Слущкая Т.Н., Байдалинова Л.С., Лысова А.С., Степанцова Г.Е. Биотехнология рационального использования гидробионтов: учебник / Издательство «Лань», СПб. 2013. 412 с.
4. Дамбарович Л. В., Агафонова С. В. Ферментативная экстракция жира из вторичного сырья атлантической скумбрии и его использование в функциональном питании // Вестник Международной академии холода, № 2, 2022, С. 48-55.
5. Rincón-Cervera M.A. et al. Quantification and Distribution of Omega-3 Fatty Acids in South Pacific Fish and Shellfish Species. *Foods*. 2020. No 9. P. 233
6. Мезенова О.Я., Тишлер Д., Агафонова С.В., Мезенова Н.Ю., Волков В.В., Бараненко Д.А., Гримм Т., Ридель С. Исследование и рациональное применение пептидных и липидных композиций, получаемых при гидролизной переработке коллагенсодержащих тканей // Вестник Международной академии холода, 2021. № 1. С. 46-58.
7. Мезенова О.Я. Биотехнологические способы получения протеиновых и белково-минеральных добавок из вторичного рыбного сырья копильных производств // Известия вузов. Пищевая технология. 2019. № 2-3. С. 68-71.
8. Aitta E., Marsol-Vall A., Damerau A., Yang B. Enzyme-Assisted Extraction of Fish Oil from Whole Fish and by-Products of Baltic Herring (*Clupea harengus membras*). *Foods*. 2021. No 10(8). P. 1811.
9. Петров Б. Ф., Вепринцев Р. А. Использование технических жиров в рыбной промышленности //Материалы Международной научно-практической конференции «Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития (28-29 марта 2023 г.)», ВГБНУ «ВНИРО», Москва. С. 327-332.
10. Volova T., Sapozhnikova K., Zhila N. Cupriavidus necator B-10646 growth and polyhydroxyalkanoates production on different plant oils // *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020. N. 164. P. 121–130.
11. Thuoc D. V., Anh V. T. M. Bioconversion of Crude Fish Oil Into Poly-3-hydroxybutyrate by *Ralstonia* Sp. M91// *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2021. V. 57. N. 2. P. 219–225. DOI : 10.1134/S0003683821020162.

# MODELING AND OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF EXTRACTION OF FISH OIL FROM FATS-CONTAINING FISH WASTE

<sup>1</sup>Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, Professor, Head Department of Food Biotechnology

<sup>2</sup>Agafonova Svetlana Viktorovna, Ph.D. of tech. Sciences, Associate Professor Department of Food Biotechnology

<sup>3</sup>Romanenko Natalya Yurievna, Ph.D. of tech. Sciences, Associate Professor Department of Food Biotechnology

<sup>4</sup>Kalinina Natalya Sergeevna, Head of laboratories Department of Food Biotechnology

<sup>5</sup>Volkov Vladimir Vladimirovich, Director of the Center for Advanced Technologies in the Use of Proteins, Department of Food Biotechnology

<sup>6</sup>Fedorov Dmitry Sergeevich, student of the Department of Food Biotechnology

<sup>7</sup>Fedorova Olesya Sergeevna, student of the Department of Food Biotechnology

<sup>8</sup>Anshukova Anna Andreevna, student of the Department of Food Biotechnology

<sup>9</sup>Yachnikov Denis Vadimovich, student of the Department of Food Biotechnology

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9</sup>Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,  
e-mail: mezenova@klgtu.ru; svetlana.agafonova@klgtu.ru; nataliya.mezenova@klgtu.ru; natalya.kalinina@klgtu.ru; vladimir.volkov@klgtu.ru; dmitr.fedorov@inbox.ru; olesya.02inbox.ru@gmail.com; anshukova2002@gmail.com; yachnikov.denis@mail.ru.

*The results of mathematical modeling and optimization of the process of extracting fish oil from heads of smoked sprat, heads of mackerel and pike-perch entrails, which are fish processing wastes, are presented. The peroxide and acid numbers of fat, its yield from raw materials, depending on the temperature and duration of extraction, have been studied. Analytical and geometric models of the process are obtained, the optimal values of the factors are calculated. Recommendations on the use of fat for microbial synthesis of protein and biopolymers are given.*

УДК 664.8:634.1

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ФЕРМЕНТОЛИЗА ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕКОНДИЦИОННЫХ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ

<sup>1</sup>Мезенова О.Я., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой пищевой биотехнологии

<sup>2</sup>Карлов В.А., студент

<sup>3</sup>Гольбрайх А.А., студент

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия; mezenova@klgtu.ru; vaden1410@gmail.com; feijinlan@gmail.com

*Рассмотрена проблема пищевых отходов при хранении фруктов и овощей. Исследовано применение ферментолита при комплексной переработке некондиционных по внешним признакам яблок, бананов и апельсинов с использованием ферментов  $\beta$ -глюканазы и целлюлазы. Предложена технологическая схема получения из данного сырья концентратов натуральных биологически активных веществ в порошкообразной форме путем измельчения, ферментолита, фракционирования, концентрирования и обезвоживания. Исследовано содержание усваиваемых углеводов и органолептические показатели полученных продуктов. Предложено их использование в качестве пищевых и биологически активных добавок.*

Использование растительных отходов, в том числе некондиционных фруктов и овощей (ФРОВ) является актуальной проблемой современной перерабатывающей промышленности. Данное сырье содержит много ценных биологически активных веществ и может быть переработано на пищевые продукты при рациональных технологических решениях.

Данная проблема имеет серьезные экологические и экономические последствия. По состоянию на 2023 год в мире выбрасывается до 1,6 миллиарда тонн пищевых продуктов (около трети всего произведенного продовольствия) [1]. По оценкам ООН ежегодно по разным причинам в мире утилизируются почти половина всех ФРОВ, это около 454 млн. тонн [2].

ФРОВ – это продукты питания растительного происхождения, к которым относятся: фрукты, овощи, ягоды и зелень. Их состав богат витаминами (А, группы В, С, Е, РР), минеральными веществами (К, Na, Mg, S, Fe, Cu и др.) и минорными компонентами (биофлавоноиды, органические кислоты, биогенные амины и др.). ФРОВ являются важной составляющей здорового и сбалансированного питания. При систематическом употреблении в пищу ФРОВ в организме человека укрепляется иммунитет, повышается устойчивость к алиментарно зависимым заболеваниям.

Однако ФРОВ относятся к скоропортящемуся сырью. ФРОВ с внешними признаками некондиционности (нестандартные размер и форма, нарушения целостности, помятости, порезы, царапины и др.) снимаются с торговых полок и, как правило, утилизируются еще до наступления микробиологической порчи. И только незначительная часть ФРОВ (не более 10%) идет на переработку и вторичное использование, например, в качестве корма для сельскохозяйственных животных или для получения органических удобрений.

К некондиционным ФРОВ можно отнести продукцию со следующими дефектами [3-6]: нарушения внешнего вида (трещины, вмятины, мажущаяся консистенция, посторонние пятна и др.); нестандартность формы и размера; несоответствие принятым нормам цвета (слишком зеленые, желтые, красные и т.д.); размягченная или отвердевшая консистенция; переспелость или незрелость; посторонний и/или неприятный запах; поврежденная упаковка; отсутствие маркировки и др. В результате в торговой сети такие продукты не подлежат реализации и представляют для нее реальную проблему. По действующим санитарно-гигиеническим инструкциям страны названные виды продукции следует утилизировать.

В России ежегодно образуется около 17 миллионов тонн пищевых отходов [7]. С учетом потерь в цепочке поставок от производства до продажи общий объем отходов может достигать 42 млн тонн в год. В среднем на долю ФРОВ приходится до 45 % массы пищевых отходов. По большей части они подвергаются захоронению или сжиганию на специальных полигонах, переработке подвергается около 10% подобного сырья [8].

К существующим технологиям переработки некондиционных ФРОВ (без признаков микробиальной порчи) относятся изготовление соков, замороженной продукции, кормов для сельскохозяйственных животных, компостирование для получения удобрений. Среди перспективных методов переработки некондиционных ФРОВ следует упомянуть использовать различные отходы от переработки ФРОВ в качестве субстрата для выращивания перспективных источников животного белка – личинок черной львинки (лат. *Hermetia illucens*) [9], использование анаэробных грибов *Neocallimastix frontalis* для ферментативного расщепления целлюлозы растительной биомассы с получением различных ценных продуктов [10], созданию аппаратов и оборудования для переработки растительного, в том числе некондиционного сырья [11].

Целью исследования являлась разработка технологии комплексной переработки некондиционных по внешним признакам ФРОВ с применением ферментализации для получения концентратов натуральных биологически активных веществ. Данные биопродукты в дальнейшем могут быть использованы в разных отраслях промышленности, в том числе в качестве биологически активных и пищевых добавок в пищевой промышленности, сельском хозяйстве, животноводстве, фармацевтике, медицине и др.

Для реализации поставленной цели при комплексной переработке некондиционных фруктов и овощей использовали процесс ферментализации измельченного сырья, в который вовлекаются все части фруктов и овощей, включая кожуру, косточки и семена. Ферментализация при щадящих условиях обеспечивает сохранение витаминов, минералов и других питательных веществ на более высоком уровне, чем при традиционной термической обработке. При этом гарантируется экологичность процесса, так как нет химических реагентов, минимизируются затраты ресурсов (рис. 1).

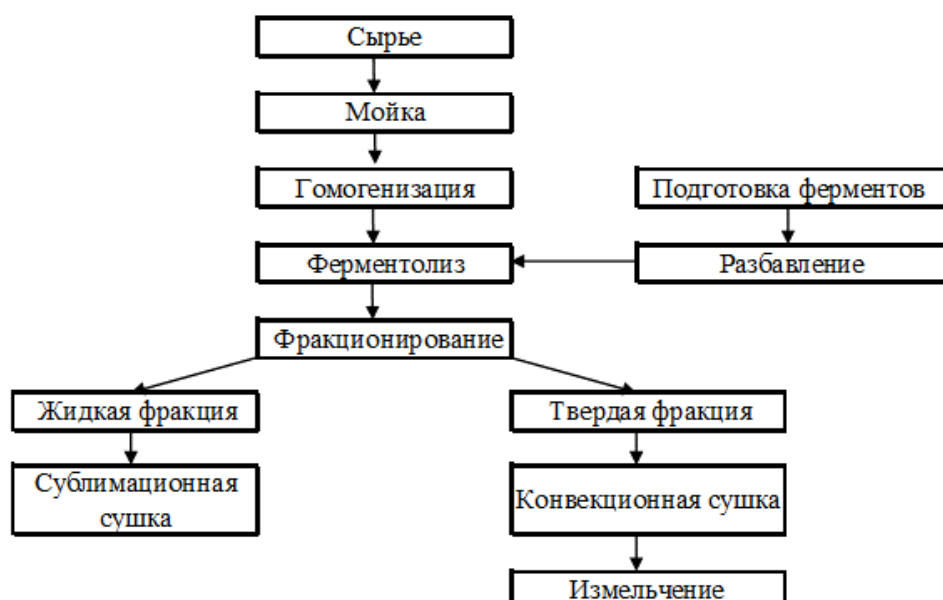


Рис. 1. Предлагаемая технологическая схема переработки некондиционных ФРОВ

В качестве сырья в эксперименте выступили фрукты (яблоки, апельсины, бананы), которые уже потеряли свой товарный вид (с помятостями, потемневшими пятнами, размягченной консистенцией). При этом признаков микробиологической порчи, которые бы имели следствием неприятные запахи или появление плесени на поверхности, не наблюдалось. Химический состав выбранного некондиционного сырья [12], с учетом количества фруктов, приведен в таблице 1.

Для проведения процесса ферментализа использовали следующие ферменты, рекомендуемые для обработки растительного сырья:  $\beta$ -глюканаза (ООО «Микробиопром») и целлюлаза (ОАО «Биопрепарат»). Характеристики данных ферментов приведены в таблице 2.

Таблица 1

#### Химический состав некондиционных фруктов и овощей

Содержание	Яблоки	Бананы	Апельсины	Итого	РСП <sup>1</sup> , г	РСП <sup>1</sup> , %
Вода, г	129,45	112,5	130,5	372,45	0	0
Белки, г	0,6	1,65	1,35	3,6	91	3,956
Жиры, г	0,6	0,45	0,3	1,35	67	2,015
Углеводы, г	14,7	30,3	12,15	57,15	139	41,12
ПВ, г	2,7	3,9	3,3	9,9	20	49,5
Витамины						
А, мкг	7,5	4,5	12	24	900	2,667
В1, мг	0,045	0,045	0,06	0,15	1,5	10
В2, мг	0,03	0,105	0,045	0,18	1,8	10
В4, мг	5,1	14,7	12,6	32,4	500	6,48
В5, мг	0,105	0,45	0,375	0,93	5	18,6
В6, мг	0,12	0,6	0,09	0,81	2	40,5
В9, мкг	3	30	7,5	40,5	400	10,13
С, мг	15	13,05	90	118,05	90	131,2
Д, мкг	0	0	0	0	10	0
Е, мг	0,3	0,15	0,3	0,75	15	5
Минеральные вещества						
К, мг	417	537	295,5	1249,5	2500	49,98
Na, мг	39	1,5	19,5	60	1300	4,615
Ca, мг	24	7,5	51	82,5	1000	8,25
Si, мг	3	0	9	12	30	40

Mg, мг	13,5	40,5	19,5	73,5	400	18,38
P, мг	16,5	33	34,5	84	23	365,2
I, мкг	3	0	3	6	150	4
Cu, мкг	165	117	100,5	382,5	1000	38,25
Fe, мг	3,3	0,45	0,45	4,2	18	23,33

<sup>1</sup> – Расчетная суточная потребность

Таблица 2

### Характеристика ферментов, использованных при обработке ФРОВ

Фермент	$\beta$ -глюканаза	Целлюлаза
Оптimum pH	4,0 – 7,0	3,5 – 4,5
Оптimum температуры, °C	50 - 55°C	50 - 65°C
Действие	Катализирует 1,3- и 1,4-гликозидные связи из $\beta$ -глюканов и расщепление гемицеллюлозы, ксиланов и целлюлозы	Катализирует гидролиз бета(1,4)-гликозидных связей в целлюлозе, расщепляет молекулу целлюлозы на моносахариды

Первым этапом исследования было измельчение сырья, его гомогенизация и образование однородной смеси. Соотношение отдельных фруктов между собой было выбрано исходя из органолептических предпочтений и составило «яблоки : бананы : апельсины», как 1 : 0,5 : 0,5. Полученную композицию распределяли по массе на две партии (для 2-х ферментов), разбавляли водой в соотношении (1:1) и в каждую партию вносили 0,25% к массе соответствующего фермента. Водно-растительные смеси тщательно перемешивали и выдерживали в термостате при температуре оптимального воздействия данных ферментов 50°C в течение 1 часа. Состав полученных ферментационных фруктовых смесей приведен в таблице 3.

Таблица 3

### Состав ферментационной смеси ФРОВ

Компонент	Партия №1	Партия №2
Яблоки, г	250	
Бананы, г	125	
Апельсины, г	125	
$\beta$ -глюканаза, г	1,25	0
Целлюлаза, г	0	1,25
Вода, мл	500	500

В процессе эксперимента проводили контроль изменений в фруктовой системе по ряду показателей (табл. 4). Измерение содержания образующихся из целлюлозы и других углеводов водорастворимых сахаров осуществляли рефрактометрическим способом.

Таблица 4

### Динамика изменения содержания сахаров и pH в процессе ферментализации ФРОВ

Образец ФРОВ	Показатель	Продолжительность процесса, мин.				
		0	15	30	45	60
ФРОВ + $\beta$ -глюканаза	Водорастворимые сахара, %	4	6	6,2	6,8	6,8
	pH	4,7	4,7	4,5	4,5	4,5
ФРОВ + целлюлаза	Водорастворимые сахара, %	4	5,8	6	6,6	6,8
	pH	4,6	4,6	4,6	4,4	4,4

После проведение ферментализации содержимое партий нагревали до температуры 80°C на 15 минут для инактивации ферментов и пастеризации полученной смеси. Далее содержимое банок центрифугировали при 3900 об./мин. в течение 20 минут, что обеспечивало ее фракционирование и отделение водной части с водорастворимыми компонентами от твердой фракции ФРОВ (осадка). Жидкую фракцию фильтровали через сито и взвешивали. Твердую часть, содержащую непроферментированные части фруктов, направляли на сушку конвекционным способом.

В жидкой фракции ферментированных ФРОВ проводили определение сухих веществ термogrавиметрическим методом с помощью анализатора влажности OHAUS MB23. После этого растворы упаривали на роторном испарителе в течение 40 мин. при температуре 50°C в течение 40 мин, а в полученных концентратах повторно производили определение сухих веществ (таблица 5).

Таблица 5

**Анализ содержания сухих веществ в жидкой фракции гидролизованной системы в процессе обезвоживания**

Образец ФРОВ	Масса фракции до сушки, г	Сух. в-ва до сушки, %	Масса фракции после концентрирования, г	Сух. в-ва после концентрирования %	Выход продукта, %
ФРОВ + $\beta$ -глюканаза	500	6,4	325	10,4	65,0
ФРОВ + Целлюлаза	480	6,8	369	8,0	73,8

В результате из жидкой проферментированной фракции ФРОВ был получен концентрированный продукт с повышенным содержанием усвояемых углеводов, витаминов и минеральных компонентов, который возможно в дальнейшем использовать как компонент в специализированном питании, в составе БАД к пище, для изготовления микробиологических сред и в других рациональных направлениях.

Полученные в процессе эксперимента высушенные образцы жидкой и твердой частей ферментированной системы ФРОВ подвергали органолептической оценке. Оба продукта имели порошкообразную форму, светло-коричневый цвет, приятный фруктовый запах и сладковато – горьковатый вкус. Данный вкусовой оттенок можно объяснить присутствием компонентов апельсиновой цедры. Неприятных и порочащих признаков установлено не было.

По результатам проведенного исследования сделаны следующие выводы.

Переработка некондиционных по внешним признакам ФРОВ является перспективным направлением использования ценного органического потенциала растительного сырья, а также возможным решением экономического и экологического аспектов масштабной проблемы пищевых отходов. Анализ химического состава некондиционных ФРОВ показывает его богатство витаминами, микроэлементами, минорными соединениями, что обуславливает актуальность и возможность его использования для получения полезной продукции с добавленной стоимостью.

Представляется перспективным применение ферментализации в технологии комплексной переработке некондиционных ФРОВ. Установлено, что при массовой дозировке ферментов ( $\beta$ -глюканаза и целлюлаза) 0,25% к массе сырья достигается повышенный выход жидкой части биомассы с максимальным содержанием сухих веществ.

Полученные в процессе ферментализации гидролизаты представляют собой органолептически привлекательные биопродукты с повышенным содержанием усвояемых углеводов. Перспективно их использование в качестве биодобавок для функционального и специализированного питания, в составе комбикормов в животноводстве, фармацевтических и косметических препаратов, а также как компонентов микробиологических сред в промышленной биотехнологии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hegnsholt E. Tackling the 1.6-billion-ton food loss and waste crisis. – 2018. – 10p.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Платформа по снижению потерь и отходов продовольствия [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/en/> (дата обращения: 08.05.2023)
3. Лунева А.В. Проблема управления пищевыми отходами в России // Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина. – 2023. – С. 227-230.
4. Валеева С.А. Оценка утилизации отходов в российской федерации // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. - 2021. - №5-2. – С. 11-13.
5. United States Department of Agriculture. (2021). Quality Standards for Fruits and Vegetables. [Электронный ресурс]. (<https://www.ams.usda.gov/grades-standards/fruit-and-vegetable-grades-and-standards>) (дата обращения: 05.06.23)
6. ГОСТ Р 57976-2017 Фрукты и овощи свежие. Термины и определения. – Москва - 2017 – 15 с.
7. ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции (с изменениями на 14 июля 2021 года). – Москва - 2011 – 173 с.
8. ГОСТ Р 53691-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Паспорт отхода i-iv класса опасности. Основные требования. – Москва - 2011 – 39 с.
9. Свергузова С.В. Использование пищевых отходов для выращивания личинок мухи *hermetia illucens* // Экономика строительства и природопользования. – 2020. - № 4. – 17-30 с
10. Шамцян М.М. Микробиологическая переработка растительной биомассы // Рос. хим. ж. – 2011. - № 1. – 17 -25 с.
11. Универсальная машина для переработки фруктов, овощей и корнеплодов : пат. 2077252 Рос. Федерация № 5037249/13 / Грибинченко А. И.; заявл. 01.08.1991; опбл. 20.04.1997. 8 с.
12. Скурихин И. М. Справочник химического состава пищевых продуктов. М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

## STUDIES ON APPLICATION OF FERMENTOLYSIS IN COMPLEX PROCESSING OF SUBSTANDARD FRUITS AND VEGETABLES

<sup>1</sup>Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, Professor,  
Head Department of Food Biotechnology

<sup>2</sup>Karlov Vadim Alexandrovich, student

<sup>3</sup>Golbraikh Anna Alekseevna, student

<sup>1,2,3</sup>Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: [mezenova@klgtu.ru](mailto:mezenova@klgtu.ru);  
[vaden1410@gmail.com](mailto:vaden1410@gmail.com); [feijinlan@gmail.com](mailto:feijinlan@gmail.com)

*The problem of food waste during the storage of fruit and vegetables has been considered. The usage of fermentolysis in complex recycle of visually substandard fruit and vegetables (apples, oranges, bananas) with  $\beta$ -glucanase and cellulase enzymes has been studied. A technological scheme is proposed for obtaining concentrates of natural biologically active substances in powder form from this raw material by grinding, fermentolysis, fractionation, concentration and dehydration. The content of digestible carbohydrates and organoleptic characteristics of the obtained products were studied. Their use as food and biologically active additives is proposed.*

## ПРОДУЦИРОВАНИЕ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ ЗАКВАСОЧНЫМИ КУЛЬТУРАМИ ЙОГУРТА В СРЕДЕ, ОБОГАЩЕННОЙ ЙОДОМ И СЕЛЕНОМ

<sup>1</sup>Савлукова Юлия Олеговна, аспирант, лаборант-исследователь

<sup>2</sup>Тихонов Сергей Леонидович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии

<sup>3</sup>Ковалева Елена Германовна, канд. хим. наук, доцент, профессор кафедры технологии органического синтеза

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург, Россия, e-mail: <sup>1</sup>yu.savlucova@yandex.ru, <sup>2</sup>tihonov75@bk.ru

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия, e-mail: <sup>3</sup>e.g.kovaleva@urfu.ru

*Исследована зависимость структуры и консистенции йогурта от способности заквасочных культур продуцировать внеклеточные полисахариды. Определена способность культур йогуртовой закваски продуцировать экзополисахариды в среде, обогащенной  $KIO_3$  и  $Na_2SeO_3$  в различных концентрациях. Установлено, что при одновременном внесении в питательную среду соединений йода и селена происходит увеличение концентрации экзополисахаридов и вязкости йогурта.*

### 1. Введение

Кисломолочные продукты являются популярными и традиционными продуктами питания, входят в перечень продуктов повседневного спроса.

Производство кисломолочных продуктов основано на микробиологических процессах. Следовательно, качество кисломолочных продуктов зависит от качества заквасок, используемых для их производства, что в свою очередь определяется свойствами микроорганизмов, входящих в их состав.

Одними из важнейших продуктов метаболизма молочнокислых микроорганизмов являются экзополисахариды.

Экзополисахариды (ЭПС) – это группа полисахаридов, которые образуются в процессе метаболизма микроорганизмов и секретируются в окружающую их среду [1].

ЭПС в составе кисломолочных продуктов выступают в качестве естественных загустителей.

От ЭПС зависят реологические показатели качества кисломолочных продуктов таких, как вязкость и текстура, устойчивость к негативным воздействиям в процессе хранения, восприимчивость к синерезису (отделению сыворотки) и пр.

Кроме того, ЭПС выступают в роли факторов, способствующих адгезии пробиотических микроорганизмов на стенках кишечника [2].

Способность ЭПС к текстурообразованию, влагосвязыванию при образовании сгустка связано с включением прослоек ЭПС в казеиновые матрицы, увеличивающих таким образом расстояние между казеиновыми мицеллами, что вызывает повышение влагоудерживающей способности и получение мягкой текстуры йогурта. ЭПС в синергизме с казеиновыми частицами усиливают вязкость сгустка и придают ему тиксотропные свойства, т.е. способность к восстановлению [3].

Культуры *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* способны синтезировать внеклеточные полисахариды. Оптимальная температур сквашивания заквасок, состоящих из данных микроорганизмов – 40-45 °С. Снижение температуры сквашивания до 32 °С вызывает избыточное образование экзополисахаридов и получение продукта, характеризующегося более выраженной стабильностью консистенции, но излишней тягучестью [4].



На данный момент большой интерес представляет роль микроэлементов в развитии йододефицитных состояний, в частности дефицит йода в сочетании с недостаточностью селена, т.е. выраженный комбинированный дефицит данных элементов.

Йод является структурным элементом тиреоидных гормонов, а селен участвует в их метаболизме, поскольку входит в состав специфических ферментов – дейодиназ, участвующих в конверсии тироксина (Т4) в трийодтиронин (Т3), осуществляя дейодирование наружного кольца Т4 [5].

Согласно МР 2.3.1.0253-21 суточная потребность в йоде составляет 150 мкг, в селене – 70 мкг.

Создание функциональных кисломолочных продуктов способно помочь в решении проблемы йододефицита.

Таким образом, **целью исследования** являлось изучение способности заквасочных культур йогурта к продуцированию ЭПС в среде, одновременно обогащенной йодом и селеном.

## 2. Материалы и методы

Для проведения исследования использовали йогурт, полученный путем сквашивания ультрапастеризованного коровьего молока жирностью 2,5 % «Простоквашино» (АО «ДАНОН РОССИЯ», г. Москва), с помощью лиофилизированной закваски «Свой йогурт» (ФГБНУ «Экспериментальная биофабрика», г. Углич). Микробиологический состав закваски включал классические йогуртовые культуры *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* в соотношении 1:1.

Молоко подогревали до температуры заквашивания 40 °С, вносили закваску в количестве 1 %, а также йодат калия (KIO<sub>3</sub>) и селенит натрия (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) в различных концентрациях, представленных в таблице 1. Сквашивание проводили при температуре 40 °С до оптимальным для синтеза экзополисахаридов в йогурте значения pH 4,4-4,8.

Таблица 1

**Концентрации неорганических соединений йода и селена, используемых для обогащения йогурта**

Наименование образца	К	1	2	3	4
Концентрация KIO <sub>3</sub> и Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub> в среде, мкг/100 мл (от сут. потреб. I и Se, %)	0; 0 (0)	51; 30 (20)	76; 46 (30)	102; 61 (40)	127; 76 (50)

Динамическую вязкость полученных образцов определяли на ротационном вискозиметре Fungilab SMART L.

Для количественного определения экзополисахаридов использовали спектрофотометрический фенол-сернохлоридный метод (Dubois et al., 1956), который представляет собой кислотный гидролиз сахаров концентрированной серной кислотой с последующим добавлением фенола и измерением оптической плотности получившегося раствора. Градуировочная была кривая построена по растворам глюкозы в различных концентрациях.

Статистическую обработку полученных результатов проводили в программе Excel. Достоверность различий определяли с помощью t-критерия Стьюдента ( $p < 0,05$ ).

## 3. Результаты и обсуждение

Установлено, что с увеличением концентрации йодата калия и селенита натрия в среде культивирования *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* наблюдается постепенное увеличение концентрации продуцируемых данными микроорганизмами ЭПС и вязкости йогурта в прямой зависимости.

Наличие йодо- и селеносодержащих веществ в питательной среде увеличивает рост биомассы микроорганизмов и стимулирует секретирование метаболитов, в частности внеклеточных полисахаридов.

Результаты исследования представлены в таблице 2.

### Значения вязкости и концентрации полисахаридов в образцах йогурта

Концентрация $KIO_3$ и $Na_2SeO_3$ в среде, мкг/100 мл	Вязкость йогурта, мПа с	Концентрация полисахаридов, мкг/мл
0; 0	248,4	12,6±0,17
51; 30	256,8	18,3±0,26
76; 46	269,5	21,0±0,65
102; 61	284,7	22,5±0,12
127; 76	320,2	24,8±0,43

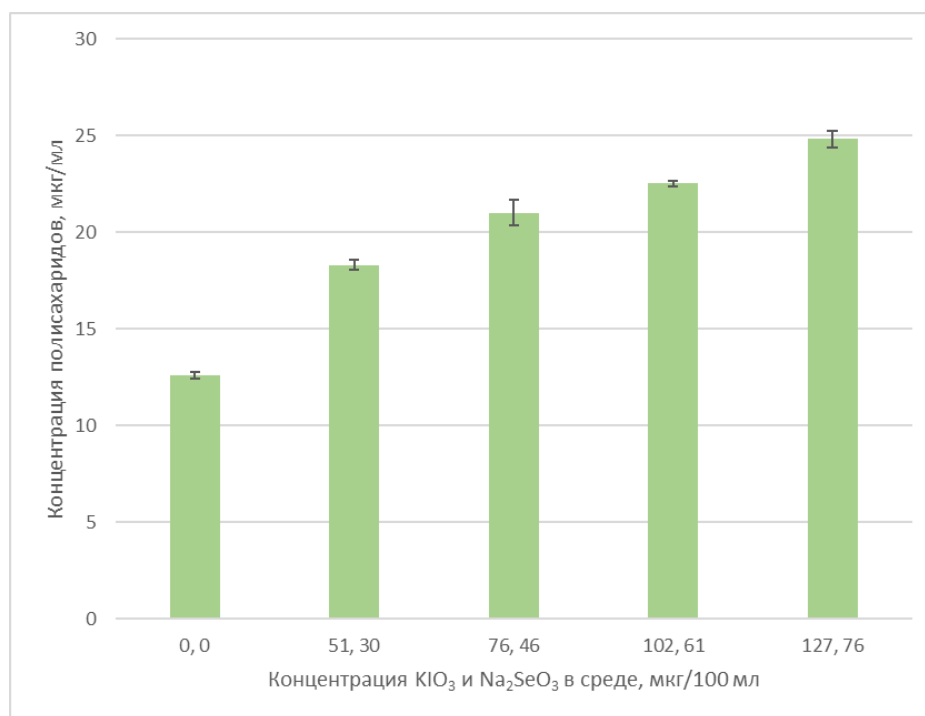


Рис. 1. Значения вязкости и концентрации полисахаридов в образцах йогурта

Также наблюдалось, что максимальная продукция ЭПС происходила во время максимального роста культур йогуртовой закваски и приходилась на стационарную фазу роста.

Таким образом, при введении в состав питательной среды йодата калия и селенита натрия происходит накопление в продукте ЭПС, обеспечивающих увеличение вязкости и влагоудерживающей способности, что уменьшает степень отделения сыворотки и повышает выход готового продукта.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ 20-66-47017.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джакибаева Г.Т., Тлеубекова Д.А., Бердалиева А., Баймаханова Г.Б., Байдалинов А.И. Способность молочнокислых бактерий синтезировать экзополисахариды // Микробиология және вирусология. – 2021. – №. 4 (35). – С. 27-37.
2. Сафонова М.Е., Головнева Н.А. Факторы адгезии молочнокислых бактерий и бифидобактерий // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. – 2021. – С. 103-118.
3. Головач О.С., Жабанос Н.К., Фурик Н.Н., Бабицкая М.А., Смоляк Т.М. Содержание экзополисахаридов в образцах кисломолочных продуктов функциональной направленности // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2022. – Т. 1. – №. 15. – С. 48-54.
4. Головач О.С., Бабицкая М.А., Жабанос Н.К., Пыжик И.П., Коркина М.В., Смоляк Т.М. Оценка реологических характеристик и уровня синтеза экзополисахаридов (ЭПС) консорциумами *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* при различных

температурных режимах ферментации молока // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2022. – Т. 1. – №. 14. – С. 58-67.

5. Лялина И. Ю. Роль селена в развитии йододефицитных заболеваний // Экология и здоровье человека. – 2020. – С. 21-24.

## **PRODUCTION OF EXOPOLYSACCHARIDES BY YOGURT STARTER CULTURES IN IODINE AND SELENIUM ENRICHED ENVIRONMENT**

<sup>1</sup>Savlukova Yuliya Olegovna, PhD student, Laboratory Research Assistant

<sup>2</sup>Tikhonov Sergey Leonidovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Engineering

<sup>3</sup>Kovaleva Elena Germanovna, Candidate of Chemical Sciences, Assistant Professor, Professor of the Department of Organic Synthesis Technologies

<sup>1,2</sup>Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia, e-mail: <sup>1</sup>yu.savlucova@yandex.ru, <sup>2</sup>tihonov75@bk.ru

<sup>3</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia, e-mail: <sup>3</sup>e.g.kovaleva@urfu.ru

*The dependence of the structure and consistency of yogurt on the potential of starter cultures to produce extracellular polysaccharides has been studied. Capacity of yoghurt starter culture to produce exopolysaccharides in a medium enriched with  $KIO_3$  and  $Na_2SeO_3$  at various concentrations was determined. The content of exopolysaccharides and the viscosity of yogurt were found to increase with the simultaneous introducing iodine and selenium compounds into the nutrient medium.*

УДК 664.951(075.8)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА КРАСНЫХ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ГОРЯЧЕГО КОПЧЕНИЯ РЫБЫ**

<sup>1</sup>Самбурская Н.В., студент направления «Биотехнология»

<sup>2</sup>Мезенова О.Я., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: nadyasamburskaya@outlook.com; mezenova@klgtu.ru

*Рассматривается биопотенциал красной морской водоросли *Furcellaria lumbricalis*, его привлекательность для использования в технологии копченой рыбы. Исследована динамическая вязкость коптильно-водорослевого биогеля при различных соотношениях коптильного препарата и водорослевого раствора. Методом математического моделирования установлены оптимальные значения основных факторов процесса производства салаки копчения по новой технологии. Приведена оценка качества готового рыбного продукта.*

**Актуальность** темы обусловлена растущей потребностью у населения в безопасной и гастрономически привлекательной рыбной продукции горячего копчения. Традиционное горячее копчение привносит в продукт гамму неповторимых вкусо-ароматических свойств благодаря богатству химического состава коптильного дыма. Однако при этом сохраняется опасность попадания в продукт токсичных ПАУ и нитрозаминов [1]. Предложено усовершенствовать бездымное копчение рыбы путем применения коптильного препарата, обогащенного компонентами измельченных красных водорослей Балтийского моря *Furcellaria lumbricalis*. Биопотенциал красных во-

дрослей Балтийского моря *Furcellaria lumbricalis* огромен, поскольку они содержат множество биологически активных веществ - минеральные вещества (K, Ca, Mg), витамины группы B, каррагинаны, антоцианы, углеводы, органические кислоты и др. [2]. Красные водоросли обладают противовирусными, иммуномодулирующими, противовоспалительными и антимуtagenными действиями. Это - важное сырье для получения природных гелеобразующих веществ, загустителей и стабилизаторов – каррагинанов, что особенно важно для некоторых технологий пищевой промышленности, в том числе бездымного копчения рыбы, в процессе которого целесообразно повышать вязкость копильной среды [3].

Целью настоящей работы является создание нового рыбного продукта горячего бездымного копчения, обогащенного водорослевыми включениями *Furcellaria lumbricalis*.

Исследования проводили на кафедре пищевой биотехнологии КГТУ, в ходе которых занимались оптимизацией технологии и подбором рациональной консистенции водорослевого биогеля. Определение динамической вязкости геля проводили на ротационном вискозиметре Brookfield, принцип работы которого основан на измерении закручивания калибровочной пружины при вращении шпинделя в тестируемом водно-водорослевом экстракте с постоянной скоростью. Моделирование и оптимизацию технологического процесса осуществляли методом планирования эксперимента с применением ортогонального центрального композиционного плана (ОЦКП) второго порядка для двух факторов.

В качестве основного сырья использовали мороженую салаку (балтийская сельдь) от производителя СПК «За Родину», копильный препарат «Жидкий дым» (ТУ 10.89.19-037-55482687-2017 «Ароматизатор копильный. Технические условия») и слоевища красных водорослей Балтийского моря *Furcellaria lumbricalis*, собранные весной у мыса Таран (пос. Донское, Калининградская область).

Установление оптимальных параметров процесса салаки горячего бездымного копчения с экстрактом красных водорослей осуществляли с использованием математического планирования эксперимента. В качестве варьируемых факторов, подлежащих регулированию и оптимизации, использовали температуру горячего копчения в °C ( $T_{кп}$ ) и продолжительность копчения в мин ( $t_{кп}$ ). Значения изменяемых факторов, их интервалы и пределы варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Значения изменяемых факторов, их интервалы и пределы варьирования**

Факторы	Уровни			Интервал варьирования, ΔX
	-1	0	+1	
Температура копчения, $T_{кп}$ ( $X_1$ ), °C	100	140	180	40
Продолжительность копчения, $t_{кп}$ ( $X_2$ ), мин	30	45	60	15

Параметром оптимизации был выбран безразмерный обобщенный показатель «Y», в состав которого вошли частные отклики: органолептическая оценка и выход сырья, представленные в виде «идеальных» числовых значений 5 баллов и 77% соответственно.

Уравнение с кодированными значениями уровней факторов приведено в формуле 1.

$$y = 0,0618 - 0,0482x_1 - 0,0494x_2 + 0,0423x_1x_2 + 0,0560x_1^2 + 0,0261x_2^2 \quad (1)$$

Проводим переход кодированной модели к модели в натуральном виде, после чего получаем результаты, представленные в формуле 2.

$$y = 0,000035T_{кп}^2 + 0,000116t_{кп}^2 + 0,000071T_{кп}t_{кп} - 0,0142T_{кп} - 0,0236t_{кп} + 1,7438 \quad (2)$$

После дифференцирования натурального уравнения по каждому фактору и приравнивания дифференциалов к 0 получаем оптимальные значения факторов: температура копчения ( $T_{\text{кп}}$ ) составляет 144,5 °С, а продолжительность копчения ( $t_{\text{кп}}$ ) – 57,5 минут.

На основе полученных зависимостей была построена геометрическая модель процесса производства салаки горячего копчения с экстрактом водоросли *Furcellaria lumbricalis* (рисунок 1).

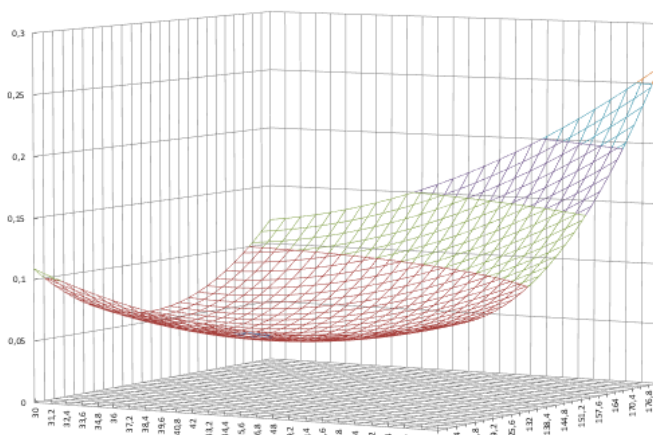


Рисунок 1 – Геометрическая модель оптимизации производства рыбного продукта горячего копчения с экстрактом водоросли *Furcellaria lumbricalis*

В ходе технологического процесса был использован тузлучный посол салаки. Главная операция в технологическом процессе – собственно копчение, включающая подсушку, нанесение коптильных компонентов и термообработку.

В технологии горячего копчения обязательным является термообработка рыбы до полной кулинарной готовности ( $T= 80-170^{\circ}\text{C}$ ), обеспечивающей денатурацию белка и повышение его усвояемости. В разрабатываемой бездымной технологии термообработку проводили в духовом шкафу после нанесения коптильного геля на поверхность рыбы. При этом обеспечивались скорость и простота температурной обработки, сохранение влаги в толще продукта, сочетание цвета, аромата и вкуса копчености с кулинарной проваркой мышечных тканей, термодиффузия внутрь тканей коптильных и водорослевых компонентов, повышение антибактериальных свойств продукта и безопасность технологии [4].

Одной из ключевых операций в производстве салаки горячего копчения является обработка бездымной коптильной средой, которая может осуществляться как введением внутрь продукта, так и распределением ее по поверхности. Наиболее рационально использовать иммерсионный способ (погружением), отличающийся простотой в осуществлении.

Не менее важна первичная обработка слоевищ красных морских водорослей *Furcellaria lumbricalis*, требующая промывки в морской или пресной воде для освобождения талломов от песка и механических загрязнений, а также животных и бактерий, способных разрушать фурцелларан. Завершающим этапом заготовки водорослей является сушка, которую проводили в естественных условиях.

Технологическая схема производства салаки горячего копчения в биогеле из красных морских водорослей *Furcellaria lumbricalis* представлена на рисунке 2.

Приемка мороженой салаки осуществляется по ГОСТ 32744-2014. Рыбу размораживали до температуры  $t= 0 \dots -2^{\circ}\text{C}$  в центре тушки на протяжении 1 часа. Цель данной операции - приведение продукта в состояние, удобное для дальнейших технологических операций. Мойку производили проточной воде с температурой не более  $15^{\circ}\text{C}$  для вымывания из рыбы слизи, крови и других загрязнений. Рыбу солили до содержания соли в мышечных ткани 1,8-2,0% мокрым способом в насыщенном растворе поваренной соли (плотность 1,18-1,20 г/см<sup>3</sup>) при соотношении рыбы и раствора 1:1 в течение 10 мин, после чего ее ополаскивали проточной водой для предотвращения появления солевого налета. Влажная после ополаскивания салака нанизывается на прутки (шомпола), где одновременно и ровно прокаливается через глаза. Подсушку осуществляли при темпера-

туре  $T_{\text{возд}} = 20-30^{\circ}\text{C}$  и влажности 40-60% 15-20 мин с целью удаления поверхностной влаги, выравнивания температуры рыбы с температурой в помещении и улучшения последующей адгезии водорослевого биогеля к коже.

Коптильный биогель готовится следующим образом: сушеные красные водоросли замачиваются на 2 часа в воде при  $T=20-25^{\circ}\text{C}$  до набухания с целью промывки от песка и других загрязнений, которые по истечении времени оседают на дно [5]. Далее слоевица подсушивается и сразу измельчается в молотковой мельнице до степени дисперсности 100-300 мкм, затем смешиваются с водой в соотношении 1:13 в экстракционной установке. На следующем этапе проводится экстракция в течение 24 ч при  $T=85^{\circ}\text{C}$  для получения вязкой водорослевой системы, содержащей тонко измельченные водоросли. Образующийся коллоидный раствор без фильтрования охлаждается до  $T=30-35^{\circ}\text{C}$ .

Для выбора рациональной вязкости коптильно-водорослевого геля, формирующего «шубу» на поверхности рыбы, которая будет плотно прилегать к коже рыбы и не стекать, использовали стаканы Гриффина  $V=600$  мл с внутренним  $d=83$  мм, в которых были приготовлены 5 образцов биогеля в различных соотношениях «коптильная жидкость: водорослевый коллоидный раствор». Во всех образцах измеряли динамическую вязкость, результаты измерения представлены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 видно, что наиболее рациональным соотношением «коптильный препарат «Жидкий дым»: водорослевый коллоидный раствор» является 1:6.

Таблица 2

**Характеристика образцов коптильной композиции, полученной при различных соотношениях коптильной жидкости и экстракта**

№ образца	Соотношение коптильная жидкость: водорослевый коллоидный раствор	Динамическая вязкость, сПз	Органолептическая оценка
1	Чистый водорослевый коллоидный раствор	12100	Характерный вкус и аромат водорослей, тёмно-коричневый цвет, очень густая и вязкая консистенция
2	1:3	4200	Интенсивно выраженный аромат и вкус копчености; слабо выраженный привкус водорослей; коричневый цвет, густая и жидкая консистенция с повышенной текучестью
3	1:4	4400	Выраженные аромат и вкус копчености, коричневый цвет, текучая капаящая консистенция
4	1:5	4500	Присутствуют аромат и вкус копчености, светло-коричневый цвет, густая консистенция
5	1:6	4700	Присутствуют аромат и вкус копчености, коричневый цвет, густая и вязкая консистенция с низкой текучестью

Далее проводили однократное погружение шомпола с рыбой в ванну с коптильно-водорослевым биогелем, после чего выдерживали его 10 мин. под потоком теплого воздуха для закрепления образовавшейся биопленки пленки и ее подсушивания.

Тепловая обработка рыбы с коптильным биогелем проводилась в тепловом шкафу. Это заключительная стадия достижения кулинарной готовности продукта. Обработку вели под воздействием горячего воздуха  $T=145^{\circ}\text{C}$  в течение 58 мин. Назначение данной стадии –проварка мяса, придание рыбе аромата и вкуса копчености вследствие насыщения коптильными компонентами. Охлаждение рыбы производили при  $T=20^{\circ}\text{C}$  в течение 20-30 минут при комнатной температуре для создания благоприятных условий хранения, без увлажнения поверхности, что может привести к развитию плесени. Срок годности новой продукции бездымного копчения был определен - не более 25 суток с даты изготовления, при температуре хранения от минус  $4^{\circ}\text{C}$  до плюс  $4^{\circ}\text{C}$ .

По органолептическим показателям салака горячего бездымного копчения, изготовленная по новой технологии, имела свойственный данной продукции и ненавязчивый вкус копчености,

умеренно выраженный аромат копчености с легкими оттенками морских водорослей, плотную и сочную консистенцию. Механические повреждения, морщинистость, налет соли, белково-жировые натеки, отставание кожи от мяса, нарушения пленки биогеля отсутствовали. Поверхность рыбы - сухая, тонко измельченные части водоросли равномерно распределены по всей поверхности, придавая продукции оригинальный внешний вид. Цвет рыбы - от золотистого до коричневого, с видимыми водорослевыми включениями в виде темных точек.

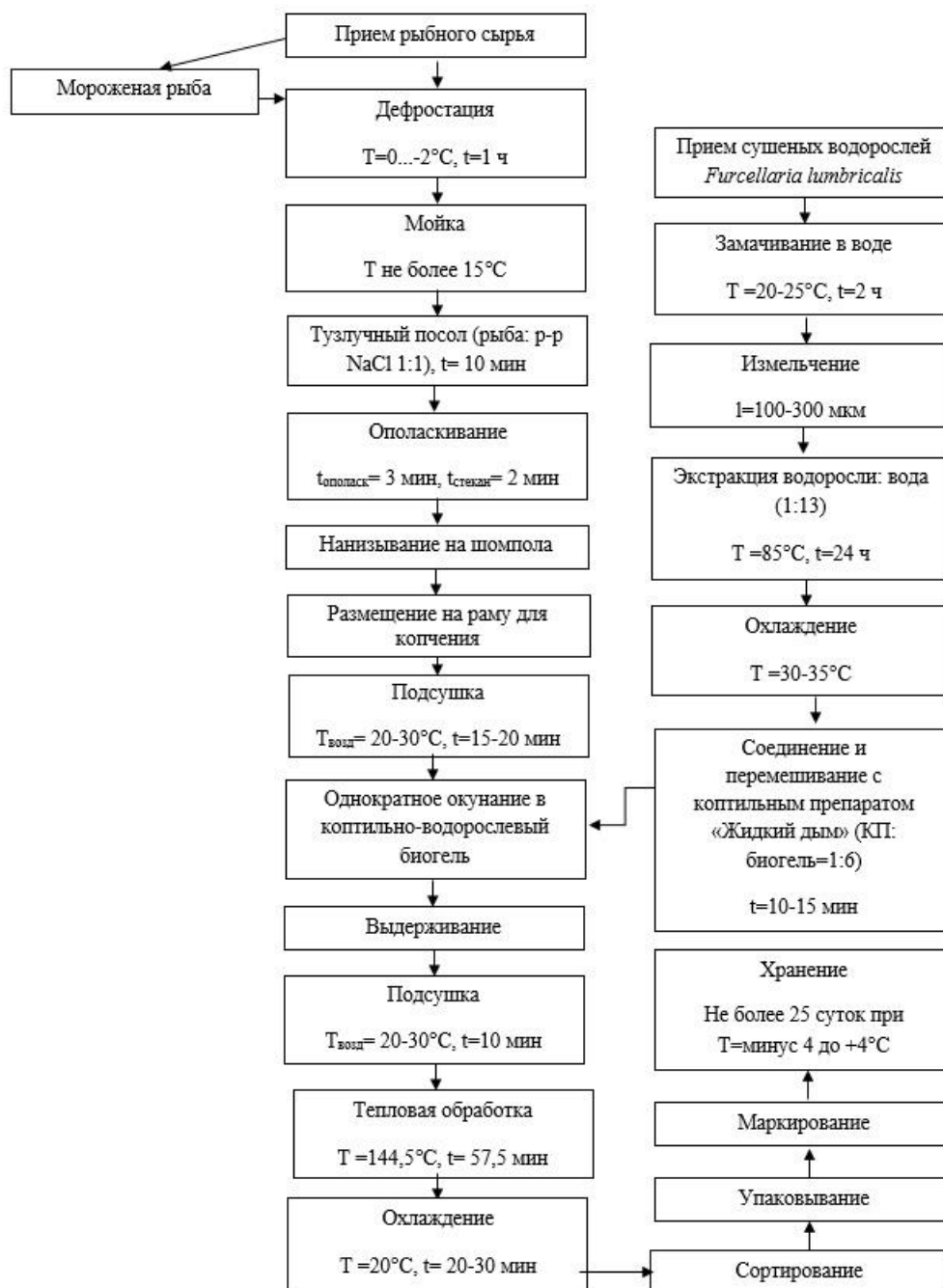


Рисунок 2- Технологическая схема производства салаки горячего копчения в коптильном биогеле с красными морскими водорослями *Furcellaria lumbricalis*

Приведенные исследования свидетельствуют о возможности совершенствования технологии горячего копчения рыбы путем введения водорослевого экстракта из красных морских водорослей *Furcellaria lumbricalis* в коптильный препарат. Образующийся на поверхности рыбы полисахаридный биогель на основе каррагинанов водоросли предохраняет ее от пересушивания, придает рыбе усиленный цвет копчености, привносит в консистенцию мышечной ткани нежность и

сочность. В результате повышается органолептическая привлекательность и пищевые достоинства копченой рыбы.

На технологию и качество салаки горячего бездымного копчения разработаны технические документы (ТИ и ТУ), регламентирующие процесс изготовления, качество и безопасность продукции: ТУ и ТИ 10.20.24-XXX-00471544-2023 «Салака горячего бездымного копчения «Балтийский шторм».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенова О.Я, Ким И.Н. Технология, экология и оценка качества копченых продуктов. Учебное пособие. - СПб, изд-во «ГИОРД», 2009. С. 190-319.
2. Осовская И.И., Приходько А.А. Морские водоросли. Применение в биотехнологии. / учебное пособие: ВШТЭ СПбГУПТД. СПб, 2020-78 с.
3. Панина О.В. Особенности использования каррагинана в пищевом производстве//Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции. – Западно-Сибирский научный центр, 2017. -С. 119-120.
4. Мезенова О.Я. Технология и методы копчения пищевых продуктов. - Санкт-Петербург, изд-во «Перспектива», 2018. - 288 с.
5. Сушина А.Д., Мезенова О.Я. Технология экологически безопасной копченой рыбы повышенной биологической ценности // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2023. Т.9. №1. С. 27–36.

## USING THE POTENTIAL OF RED SEAWEED OF THE BALTIC SEA IN IMPROVING THE TECHNOLOGY OF HOT SMOKED FISH

<sup>1</sup>Samburskaya N.V., student of the direction "Biotechnology"

<sup>2</sup>Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, professor

<sup>1,2</sup>Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,  
e-mail: nadyasamburskaya@outlook.com; mezenova@klgtu.ru

*The biopotential of the red seaweed *Furcellaria lumbricalis* and its attractiveness for use in smoked fish technology are discussed. The dynamic viscosity of the smoky-algal biogel was studied at different ratios of the smoky preparation and the algal solution. By the method of mathematical modeling, the optimal values of the main factors of the production process of smoked herring using a new technology have been established. An assessment of the quality of the finished fish product is given.*



## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА РЫБЫ БЕЗДЫМНОГО ГОРЯЧЕГО КОПЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

<sup>1</sup>Сушина Анастасия Дмитриевна, аспирант

<sup>2</sup>Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
Калининград, Россия, e-mail: nastenka-1997@bk.ru; mezenova@klgtu.ru

*Проведены сравнительные исследования органолептических, физико-химических и микробиологических характеристик скумбрии, подвергнутой горячему копчению по двум разным методам: с использованием новой технологии бездымного копчения, включающей обработку коптильно-водорослевой композицией, и традиционного дымового способа. Изучены показатели химической и микробиологической безопасности опытных образцов рыбы в процессе хранения при температуре от -2 °С до +6 °С без вакуумной упаковки. Установлено повышение органолептических характеристик и хранимостности рыбы бездымного горячего копчения в течение 7 суток хранения.*

Рыба, будучи одним из наиболее популярных и важных источников пищи в мире, подвергается различным методам обработки и консервирования. Среди этих способов, копчение горячим методом занимает особое место, так как оно придает продукту уникальный аромат и вкус, а также продлевает его срок годности. Однако, в процессе хранения, рыба может потерять свою стойкость [1,2].

Потеря стойкости рыбы горячего копчения в процессе хранения может быть обусловлена рядом факторов: неправильное хранение, слабая коптильная среда, плохо подобранная технология приготовления. Всё это оказывает влияние на органолептические, микробиологические показатели.

Идея усовершенствования технологии горячего копчения рыбы при помощи добавления коптильно-водорослевой композиции стала предметом настоящего исследования. Этот подход предоставляет потенциал для введения дополнительных консервирующих компонентов и факторов, которые способствуют увеличению срока годности продукта. Такая технология также способствует сохранению полезных свойств рыбы, обогатив ее "морским" ароматом и вкусом, и в то же время, исключить наличие вредных, включая канцерогенные, веществ [2,3].

Коптильно-водорослевая композиция, получаемая из природных морских водорослей (*Furcellaria lumbricalis*), содержит множество полезных компонентов, включая красящие вещества (каротиноиды), витамины, минералы и органические кислоты, которые обладают антимикробными и антиоксидантными свойствами. Этот метод обработки также экологически безопасен, так как не требует использования древесных материалов для копчения [4,5].

В процессе исследования рыбы бездымного горячего копчения по новой технологии важными аспектами являются показатели качества и безопасности. Необходимо применять методы комплексного анализа органолептических, микробиологических, физико-химических характеристик.

В современных условиях, когда потребители становятся всё более требовательными к качеству и экологической безопасности продукции, а нормы безопасности контролируются жёстче изучение качества рыбы горячего копчения является неотъемлемой частью [3].

**Цель работы** заключалась в изучении динамики органолептических, физико-химических и микробиологических показателей рыбы бездымного горячего копчения, обработанной коптильно-водорослевой композицией, в процессе хранения для установления срока годности и хранения.

Основные исследования проводили на кафедре пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «КГТУ» и Атлантического филиала ФГБНУ "ВНИРО" ("АтлантНИРО"). В качестве объектов исследования использовали:

– образцы скумбрии бездымного горячего копчения, обработанной коптильной композицией на основе смеси экстракта красной водоросли *Furcellaria lumbricalis* с коптильным препаратом «Жидкий дым», приготовленные по разработанной ранее технологии (опыт) [6];

– образцы скумбрии горячего копчения, выкопченной традиционным методом на предприятии ООО «Виктория Балтия» (контроль).

**Методы исследований.** В представленной работе пользовались химическими, микробиологическими, биохимическими, физико-химическими, органолептическими методами исследований и приёмом статистической обработки данных для получения более точных.

Образцы исследуемых проб хранились в гофрокоробах при строгих температурных условиях от -2°C до +6°C, относительной влажности не более 70%.

Отбор анализируемых проб осуществляли в соответствии с: ГОСТ 31339-2006, ГОСТ 31904-2012.

Определение регламентированных микробиологических параметров рыбы горячего копчения проводили в соответствии с ГОСТ 31339-2006; ГОСТ 31904-2012; МУК 4.2.1847-04; ТР ТС 040/2016 и ПНСТ 826-2023.

Количество нормируемых токсичных элементов (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть) определяли в соответствии с методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии по: ГОСТ 30178-96, ГОСТ 31707-2012, ГОСТ Р 53183-2008.

Содержание бенз(а)пирена, гистамина выполняли при помощи способа ВЭЖХ с флуориметрическим детектированием с применением аппарата «Люмахром» (жидкостной хроматограф).

Пестициды исследовались способом газожидкостной хроматографии опираясь на: МВИ.МН 2352-2005.

Количество общего, белкового, небелкового азота и азот летучих оснований, перекисное и кислотное числа жира определяли по ГОСТ 7636-85. Определение аминокислотного азота проводили методом титрования - по тому же ГОСТу.

Альдегидное число жира определяли колориметрическим методом с добавлением раствора бензидина [7].

Белок определяли по ГОСТу Р 52421-2005.

В период хранения образцов проводили качественную органолептическую оценку по ГОСТу 7636-85. Контрольные, опытные образцы рыбы (скумбрия), хранились без вакуумной упаковки при условиях температуры -2°C до +6°C (условия холодильника) и проверялись на 1е, 3е, 5е и 10е сутки хранения. В таблице 1 продемонстрированы органолептические характеристики образцов.

Таблица 1

**Показатели органолептической характеристики исследованных образцов**

Наименование	Внешний вид	Цвет непигментированной части кожного покрова	Консистенция	Вкус и запах	Соответствие требованиям ГОСТ 7447-2015
<b>1-е сутки хранения</b>					
ОПЫТ	Поверхность рыбы чистая, сухая, ровная	Светло-коричневый, равномерный	Сочная, нежная	Хорошо выраженный вкус и запах копчености, приятный, с небольшим «морским» оттенком	Соответствует требованиям
КОНТРОЛЬ		Коричневый		Хорошо выраженный вкус и запах копчености	
<b>3-е сутки хранения</b>					

Наименование	Внешний вид	Цвет непигментированной части кожного покрова	Консистенция	Вкус и запах	Соответствие требованиям ГОСТ 7447-2015
ОПЫТ	Поверхность рыбы чистая, сухая, ровная	Светло-коричневый, равномерный	Сочная, нежная	Хорошо выраженный вкус и запах копчености, приятный, с небольшим «морским» оттенком	
КОНТРОЛЬ	Поверхность рыбы чистая, сухая, слегка морщинистая	Коричневый	Местами уплотненная	Выраженный вкус и запах копчености	
<b>5-е сутки хранения</b>					
ОПЫТ	Поверхность рыбы чистая, сухая, ровная	Светло-коричневый, равномерный	Сочная, нежная	Хорошо выраженный вкус и запах копчености, приятный, с небольшим «морским» оттенком	Соответствует требованиям
КОНТРОЛЬ	Поверхность рыбы чистая, сухая, морщинистая	Коричневый	Местами уплотненная	Слабо копченый, с оттенками окисленного жира	Не соответствует требованиям
<b>7-е сутки</b>					
ОПЫТ	Поверхность рыбы чистая, сухая, ровная	Светло-коричневый, равномерный	Сочная, нежная	Хорошо выраженный вкус и запах копчености, приятный, с небольшим «морским» оттенком	Соответствует требованиям
КОНТРОЛЬ	Поверхность рыбы влажная, морщинистая	Коричневый	Местами уплотненная, сухая	Слабо копченый, с оттенками окисленного жира	Не соответствует требованиям
<b>10-е сутки</b>					
ОПЫТ	Поверхность рыбы чистая, слегка влажная	Светло-коричневый, равномерный	Сочная, нежная	Хорошо выраженный вкус и запах копчености, приятный, с небольшим «морским» оттенком	Соответствует требованиям
КОНТРОЛЬ	Поверхность рыбы влажная, морщинистая	Коричневый	Плотная, сухая	Резкий запах окисленного жира	Не соответствует требованиям

На ниже представленном рисунке 1 изображена профилограмма органолептической оценки вкуса и запаха образцов рыбы горячего копчения в баллах, полученных на 3-е сутки хранения.

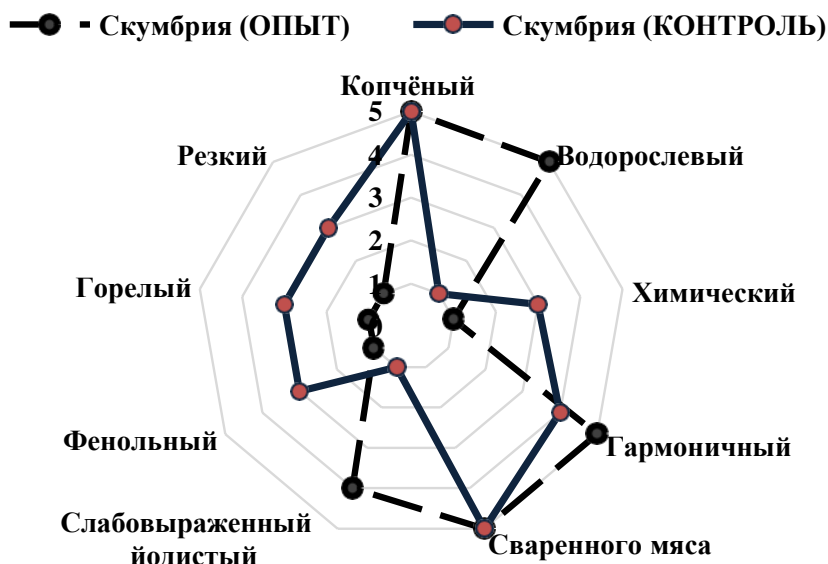


Рис.1 – Профилограмма органолептической оценки вкуса и запаха исследуемых образцов скумбрии

Из приведённых в таблице 1 и на рис.1 данных видно, что органолептические показатели в опытных образцах скумбрии, обработанной коптильно-водорослевой композицией, сохранялись без видимых изменений на протяжении 7 суток хранения, консистенция сохранялась плотной, сочно нежной, во вкусе и запахе, в процессе хранения, отсутствовал привкус окислившегося жира.

В контрольных образцах отмечаются изменения показателей качества уже на 5-е сутки. К концу хранения наблюдается морщинистость кожного покрова, появляется привкус окислившегося жира.

Результаты исследований микробиологических показателей представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Микробиологическая характеристика опытных образцов скумбрии горячего копчения, обработанной коптильно-водорослевой композицией без вакуумной упаковки в процессе хранения**

Наименование показателя	Нормативное значение по ТР ТС 040/2016	Содержание микроорганизмов в процессе хранения, сут					
		0 (Фоновая точка)	3	4	5	7	10
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$1 \times 10^4$	менее $1,5 \times 10^2$	менее $1,5 \times 10^2$	менее $1,5 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$	$2,4 \times 10^3$	$1,1 \times 10^6$
БГКП в 1,0 г	не допускается	не выделены					
БГКП в 0,1 г							
S. aureus в 1,0 г							
S. aureus в 0,1 г							
Бактерии рода сальмонеллы в 25 г							
Listeria monocytogenes в 25 г							
Сульфитредуцирующие клостридии в 1,0 г							
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,1 г							
Дрожжи, КОЕ/г	-						
Плесневые грибы КОЕ/г	-						

Динамика отслеживания содержания микроорганизмов в опытных образцов скумбрии при температуре от -2°C до +6°C, упакованной в гофрокороб, показала отсутствие: БГКП, стафилококков, патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл, сульфитредуцирующих кластридий. На протяжении 7 суток хранения значения показателей общей обсеменённости (КМАФАнМ) не превышали значения  $1,5 \times 10^2 - 2,4 \times 10^3$  КОЕ/г, что соответствует требованиям ТР ТС 040/2016.

Представленные результаты указывают на то, что рыба, обработанная копильно-водорослевой композицией, имеет высокое качество и микробиологическую безопасность на протяжении 7 суток хранения при температуре от -2°C до +6°C, что превышает рекомендуемые ГОСТ 7447-2015 сроки хранения, в 3,5 раза (рекомендуемые сроки 48 часов при температуре от -2 °C до +6°C).

Учитывая установленные рекомендации МУК 4.2.1847-04 и полученные микробиологические и органолептические результаты **срок годности рыбы** горячего копчения обработанной копильно-водорослевой композицией составляет 7 суток, при температуре от -2°C до +6°C; **срок хранения рыбы** 10 суток (коэффициент запаса 1,5) при температуре от -2°C до +6°C.

Динамика изменения показателей: белка, небелкового азота, азота летучих оснований и аминного азота, в образцах скумбрии горячего копчения, приготовленной различными способами, в процессе хранения, представлена на рисунках 2-5.

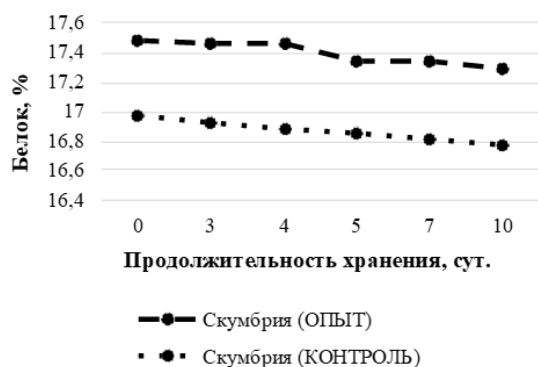


Рис. 2 – Динамика изменений белка в период хранения

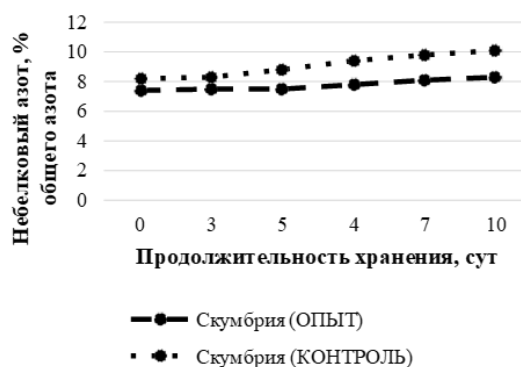


Рис. 3 – Динамика изменений небелкового азота (% от общего азота) в период хранения

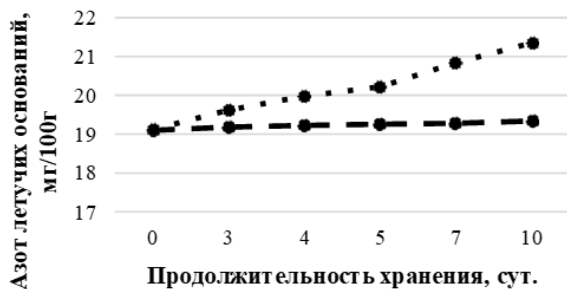


Рис. 4 – Динамика изменений азота летучих оснований в период хранения

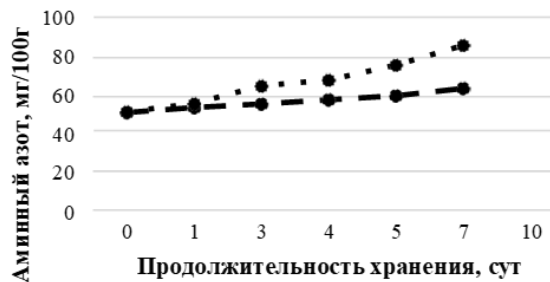


Рис. 5 – Динамика изменений аминного азота в период хранения

Анализ полученных результатов, представленных на рисунках 2-5, указывает на то, что интенсивность гидролиза белков с образованием небелкового азота, азота летучих оснований и аминного азота в образце скумбрии, обработанной копильно-водорослевой композицией, ниже, чем в скумбрии, выкопченной традиционным методом (дымовым). Зафиксированный эффект может быть связан с изменением длительности воздействия температурной обработки (рыба контроль - длительность собственно копчения 2,5 часа при температуре 130-150°C; рыба опыт - длительность собственно копчения 1,5 часа при температуре 110-130 °C) и образованием биопленки на поверхности продукта.

В период хранения образцов скумбрии горячего копчения определялись показатели, характеризующие степень гидролиза и окисления липидов рыбы: кислотное, перекисное и альдегидные числа (рис.6-8).

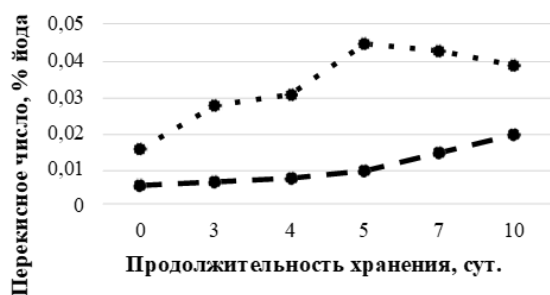


Рис. 6 – Динамика изменений перекисного числа липидов в период хранения

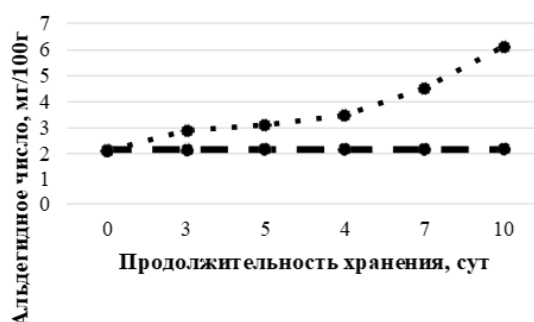


Рис. 7 – Динамика изменений альдегидного числа липидов в период хранения

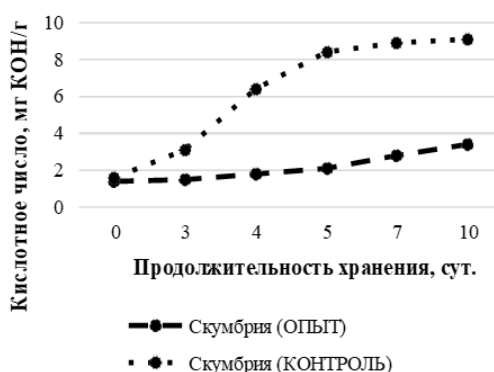


Рис. 8 – Динамика изменений кислотного числа липидов в период хранения

Изменения, представленные на рис. 6-8, означают то, что рыба копчёная горячим способом, обработанная коптильно-водорослевой композицией, более устойчива к окислительной порче липидов, чем рыба, выкопченнная традиционным методом, что указывает на сохранение полноценного состава липидов. Наличие в составе коптильно-водорослевой композиции каротиноидов, которые являются антиоксидантами, может оказывать влияние на устойчивость окисления липидов. Использование натурального экстракта красной водоросли *Furcellaria lumbricalis* в композиции влияет на данный процесс за счёт наличия биоактивных компонентов, способствующих образованию биоплёнки на поверхности продукта.

В процессе хранения опытных образцов скумбрии горячего копчения, обработанной коптильно-водорослевой композицией, проводились исследования показателей химической безопасности, результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Показатели безопасности опытного образца скумбрии**

Наименование показателя	Значение по ТР ТС 040/2016, мг/кг, не более	Значение показателей безопасности, мг/кг
Свинец	1,0	0,21
Мышьяк	5,0	1,1
Кадмий	0,2	0,032
Ртуть	0,5	0,12
Гексахлорциклогексан ( $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -изомеры)	0,2	0,0007
ДДТ и его метаболиты	0,4	0,0015
Бенз(а)пирен	0,005	0,0001

Значения показателей безопасности скумбрии бездымного горячего копчения, представленные в таблице 3, указывают на химическую безопасность по содержанию химических токсиантов, поскольку фактическое количество значительно ниже допустимых значений.

**Вывод.** Экспериментально установлено, что рыба бездымного горячего копчения, обработанная коптильно-водорослевой композицией, имеет улучшенные органолептические и микробиологические характеристики, регламентированные действующей документацией. Данный эффект можно объяснить наличием функциональных красящих, вкусо-ароматических, антиоксидантных и консервирующих компонентов в коптильно-водорослевой композиции (каротиноиды, фенольные вещества, органические кислоты, карбонильные соединения).

Результаты проведённых микробиологических испытаний показали, что обработка рыбы коптильно-водорослевой композицией в процессе горячего бездымного копчения повышает хранимоспособность продукции.

Под действием коптильно-водорослевой композиции, на рыбу бездымного горячего копчения, происходит стабилизация окисления липидов, что приводит к сохранению исходных показателей качества продукта.

Полученные результаты по химическим показателям свидетельствуют о безопасности изделия.

## 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. Пути совершенствования ассортимента и повышения качества рыбной продукции / Е. А. Батраченко, А. А Маньшин, С. Ф. Рюмшина [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 9. – С. 32–35.
4. Ким, И. Н. Пищевая безопасность водных биологических ресурсов и продуктов их переработки / И. Н. Ким, А. А. Кушнирук, Г. Н. Ким. – Санкт Петербург: Лань, 2017. – 752 с.
5. Подкорытова А. В., Фан Т. К. Пигменты и каррагинаны из красных водорослей //Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. 2010. № 3. С. 74–77.
6. Сушина А.Д., Мезенова О.Я. Исследование получения и применения коптильной композиции на основе экстрактов красных водорослей *Furcellaria Lumbicalis*. // Вестник Международной академии холода, 2022. - № 1. - С.53-60.
7. Волков А.Х., Папуниди Э.К., Якупова Л.Ф. Оценка качества и безопасности рыбы и морепродуктов: Учебное пособие. - Казань, 2020. – 154 с.

## STUDY OF SMOKELESS HOT SMOKED FISH TREATED WITH ANALGAE-SMOKING COMPOSITION IN STORAGE PROCESS

<sup>1</sup>Sushina Anastasiia Dmitrievna, graduate student

<sup>2</sup>Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of Technical Sciences, Professor

<sup>1,2</sup>Kaliningrad State Technical University,

Kaliningrad, Russia, e-mail: nastenka-1997@bk.ru; mezenova@klgtu.ru

*Comparative studies of the organoleptic, physico-chemical and microbiological characteristics of mackerel subjected to hot smoking by two different methods were carried out: using a new smokeless smoking technology, including treatment with a smokeless algae composition, and the traditional smoke method. The indicators of chemical and microbiological safety of experimental fish samples during storage at temperatures from -2 °C to +6 °C without vacuum packaging were studied. An increase in the organoleptic characteristics and storage capacity of smokeless hot smoked fish during 7 days of storage has been established.*

## **НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИИ В РАМКАХ УГСН 19.00.00 ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИИ**

<sup>1</sup>Текутьева Людмила Александровна, канд. техн. наук, доцент, директор Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», генеральный директор ООО «Арника»

<sup>2</sup>Лях Владимир Алексеевич, канд. техн. наук, декан Факультета агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем»

<sup>3</sup>Сон Оксана Михайловна, канд. техн. наук, доцент Базовой кафедры «Биоэкономика и продовольственная безопасность» Факультета биоэкономики и продовольственной безопасности Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», директор R&D центра «Агробιοэкономика»

<sup>4</sup>Подволоцкая Анна Борисовна, канд. мед. наук, доцент, и.о. декана факультета биоэкономики и биобезопасности Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», руководитель Испытательного центра «Лабораторный комплекс ветеринарно-санитарной экспертизы»

<sup>5</sup>Цыганков Василий Юрьевич, д-р биол. наук, доцент, декан факультета промышленных биотехнологий и биоинженерии Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем»

<sup>6</sup>Ершова Татьяна Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, заведующий Базовой кафедрой пищевой и клеточной инженерии Факультета агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем»

<sup>7</sup>Гриценко Руслан Артемович, директор департамента партнерств и наставничества Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем»;

<sup>8</sup>Бобченко Виктория Ивановна, канд. техн. наук, директор Академического департамента Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем»

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8</sup>ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,  
Владивосток, Россия, e-mail: lyah.va@dvfu.ru

<sup>1</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Арника», Владивосток, Россия

<sup>3</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Арника-Холдинг», Владивосток, Россия

<sup>4</sup>Общество с ограниченной ответственностью «ДВ-Эксперт», Владивосток, Россия

*Рассмотрены основные отличительные характеристики инженерной подготовки бакалавров и магистрантов в Передовой инженерной школе «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» Дальневосточного федерального университета на примере сочетания традиционных биологических и инженерных дисциплин, введения и адаптации дисциплин экономического и управленческого профиля, применения новых образовательных пространств и технологий, а также применения проектного обучения.*

Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» (ПИШ) – центр развития биоэкономики Российской Федерации с подготовкой инженеров, способных к быстрому реагированию на систему разделения труда в области новых типов биоинженерных решений, точка входа на рынок АТР, а также носитель и автор методологии технологического маркетинга. ПИШ ДВФУ была создана в июле 2022 г. в рамках Федерального проекта «Передовые инженерные школы» (Федеральный проект «Передовые инженерные школы» старто-



вал в 2022 году по инициативе Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Он направлен на подготовку квалифицированных инженерных кадров для высокотехнологичных отраслей экономики) и является единственной на Дальнем Востоке и одной из трёх в России по биотехнологической специализации [1].

В рамках подготовки кадров для отраслей биоэкономики региона ПИШ является площадкой для внедрения новых решений в образовательной области с целью апробации механизмов формирования индивидуальных образовательных технологий, наставничества в процессе обучения, командного междисциплинарного обучения на базе реальных проектов НИР с формированием уникальной методики оценки прогресса и результатов обучения студентов, присвоения, признания и кластеризации микроквалификаций за счет освоения программ ДПО.

Портфель образовательных программ ПИШ ДВФУ ежегодно обновляется с учетом потребностей рынка и региона, утвержден программой развития ПИШ и обсуждается на Совете промышленных партнеров ПИШ. Уже в 2023 году запущено в реализацию 23 образовательных программы уровней подготовки бакалавриата, специалитета, магистратуры и аспирантуры. Получены лицензии на осуществление образовательной деятельности по 4 новым направлениям подготовки (1 направление подготовки бакалавриата – 27.03.03 Системный анализ и управление, 1 направление подготовки специалитета - 06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика, 2 направления подготовки магистратуры – 27.04.03 Системный анализ и управление и 27.04.07 Научоемкие технологии и экономика инноваций). Объявлен набор на договорной основе по 2 образовательным программам: 1 ОП бакалавриата – 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, образовательная программа «Технология и управление в секторе HoReCa», 1 ОП специалитета по новой полученной лицензии – 06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика, образовательная программа «Генная и клеточная инженерия». Открываются новые программы ДПО: Арт Кондитер, Гидробиология, Микробиология однородных групп пищевых и кормовых товаров, Пищевая микробиология и др.

В планах к 2030 году число образовательных программ разных уровней подготовки ПИШ вырастет с 23 до 36, а количество студентов ПИШ – с 262 до 1185. Наибольший рост при этом должен произойти по программам бакалавриата и специалитета – с 74 человек до 500, а также по дополнительному профессиональному образованию – в течение 7 лет появятся 14 новых образовательных программ и произойдет увеличение количества обучающихся с 38 до 335 в год.

Для реализации образовательных программ по всем направлениям подготовки в ПИШ привлекаются ведущие ученые, профессорско-преподавательский состав из вузов-партнеров и институтов Дальневосточного отделения Российской академии наук (Тихоокеанский институт биоорганической химии имени Г.Б. Елякова ДВО РАН, Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского, , практикующие специалисты высокотехнологических компаний (ООО «Арника», ООО «Арника-Холдинг», ООО «Ратимир», , ООО «Южморрыбфлот» (ГК «Доброфлот»), ООО «Корякморепродукт», ООО «Морской Биотехнопарк», ООО «Системы управления» (Корпорации «Ростех»), ООО «ДВ-Эксперт», ООО «Биопродукт», ООО «Владторгимпорт», и др.

Одними из «якорных» в ПИШ ДВФУ являются направления подготовки бакалавриата и магистратуры по УГСН 19.00.00 Промышленная экология и биотехнологии. Так, в 2023 г. суммарные контрольные цифры приема на бюджетные места на эти направления подготовки составляют 110 мест, а также места на договорной основе. Среди программ, объявленных к набору в 2023 г. есть как новые образовательные программы, так и актуализированные, реализуемые также при поддержке НОЦ «Биоэкономика Дальнего Востока» [2, 3]:

- 19.03.01 Биотехнология (ОП «Пищевая биотехнология и инженерия», ОП «Промышленная биотехнология», ОП «Экспертиза высокотехнологичной биопродукции»);

- 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания (ОП «Технология и управление в секторе HoReCa»);

- 19.04.01 Биотехнология (ОП «Агробиотехнология», ОП «Агропищевая биотехнология», ОП «Промышленная биотехнология», ОП «Биотехнология в разработке и производстве природных биопрепаратов и продуктов на их основе»);

- 19.04.04 Технология продукции и организация общественного питания (ОП «Инновационный ресторанный инжиниринг»);

– 19.04.05 Высокотехнологичные производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения (ОП «Нутригеномика и технологии персонализированного питания», ОП «Технология пищевых продуктов специализированного назначения»).

Отличительными характеристиками инженерной подготовки бакалавров и магистрантов в ПИШ «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» ДВФУ (далее – ПИШ) являются:

А) *Сочетание традиционных биологических и инженерно-проектных дисциплин при подготовке биотехнологов для промышленности*: программы подготовки одновременно сочетают традиционную подготовку по биологическим и биотехнологическим и химическими дисциплинам (биология, биохимия, биотехнологии и процессы микробиологического синтеза, биохимические технологии, пищевая биотехнология и др.) с изучением специализированных инженерных дисциплин, напрямую касающихся цифровых методов моделирования биотехнологических процессов и проектирования программно-аппаратных средств для биотехнологического производства и пищевой индустрии.

Б) *Адаптация экономических и управленческих дисциплин для биотехнологов*: освоение дисциплин по стратегическому менеджменту, менеджменту качества на биотехнологических и пищевых производствах, экономике биотехнологий, продовольственной безопасности, развивающих компетенции в области стратегического менеджмента, поиска путей коммерциализации разработок, внедрения лучших практик управления качеством на производстве.

В) *Новые образовательные пространства и технологии для подготовки биотехнологов*: цифровые фабрики, специальные образовательные пространства, лабораторные симуляторы, новых цифровые стенды, имитационные модели, геймифицированные лабораторные симуляторы, опытные производства и R&D лаборатории.

Г) *Применение проектного метода обучения*: вовлечение студентов в проектную деятельность с 1-го курса обучения непосредственное участие в реализации научных проектов по заказу промышленных партнеров, вовлечение обучающихся в научные проекты ПИШ ведётся через проектные интенсивы и акселераторы, организованные в рамках блоков дисциплин учебных планов.

Преимущества проектного обучения заключаются в развитии и закреплении профессиональных компетенций, опыт самореализации, несмотря на временные затраты реализации проекта и сложности в части нежелания некоторых студентов и неготовности части преподавателей к проектной деятельности. В рамках реализации проектной деятельности у обучающихся по УГСН 19.00.00 Промышленная экология и биотехнологии в учебных планах бакалавриата предусмотрены дисциплины «Основы проектной деятельности», «Проектный практикум», практики «Учебная практика. Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)», «Производственная практика. Научно-исследовательская работа», в учебных планах магистратуры – «Управление научно-технологическими проектами», «Управление цифровой трансформацией (CDTO)», «Концептуальные принципы наукоемких биоэкономических процессов», практики «Учебная практика. Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)», «Производственная практика. Научно-исследовательская работа». Практики являются рассредоточенными, то есть проходят в свободное от аудиторных занятий время в течение семестра, что позволяет учитывать интересы потенциальных работодателей, может совмещаться с трудоустройством.

Другим способом, стимулирующим вовлечение обучающихся в проекты и проектную деятельность, является трудоустройство. В процессе обучения для выполнения конкретных задач студенты имеют возможность трудоустройства в составах временных научных коллективов (ВНК) на периоды выполнения этапов реализации научных проектов ПИШ: студентов бакалавриата в качестве лаборантов-исследователей, студентов магистратуры в качестве инженеров-исследователей, аспирантов в качестве младших научных сотрудников. Такое вовлечение даёт возможность погрузить их через участие в реальных технологических разработках и инновациях в различные области применения биотехнологий («умное» сельское хозяйство, пищевая и перерабатывающая промышленность, кормовая промышленность, индустрия питания, косметология, фармацевтика и др.) и получить необходимые метапредметные знания и компетенции.

Логика проектной деятельности и реализации научных проектов заложена в программы развития большинства ПИШ. Эта логика свидетельствует о том, что получить инженера, который способен после окончания обучения сразу же начать выполнять свои профессиональные задачи по месту трудоустрой-

ства можно только одним путем – включая обучающегося в проектную деятельность и вовлекая в решение реальных задач от индустрии. Модель проектного обучения, которая прорабатывается в ПИШ, заключается в эволюции развития компетенций – постепенного усложнения задач в проекте, выполнение различных ролей в проекте (от исполнителя до руководителя проекта).

Одним из приоритетов Программы развития ПИШ является создания специальных образовательных пространств. Нововведением для образовательного процесса является применение интерактивных образовательных симуляций виртуальной реальности для студенческих лабораторных экспериментов в области химии и геномной инженерии на начальных курсах бакалавриата и специалитета. Отличительной особенностью виртуальной реальности является полное погружение пользователя в созданное 3D-пространство, возможность взаимодействия с элементами этого пространства и ощущение реальности происходящего. Безопасность метода, наглядность и вовлеченность обучающихся в образовательный процесс значительно увеличивают эффективность обучения, а иммерсивность дает возможность приобрести студенту ранний практический опыт в области геномной инженерии, который сложно получить ввиду трудоемкости процессов получения результатов, плейотропности биологических факторов, оказывающих влияние на молекулярно-генетические механизмы в исследуемых клетках и необходимости использования дорогостоящих реактивов и специфического оборудования. Использование цифровых технологий в биотехнологии и биоинженерии позволяет снизить этическую нагрузку, лежащую на исследователе, создать новую технологическую среду, нацеленную на неинвазивные методы исследования и получение нового точного знания о биологических объектах и процессах.

Кадровое обеспечение образовательного процесса, включая сетевое взаимодействие с научными и индустриальными партнерами, значительно увеличивается качество подготовки специалистов на выходе. Создание в структуре ПИШ ДВФУ базовых кафедр и научных лабораторий, созданных совместно с индустриальными и научными партнерами, позволяет через реализацию сетевых форматов использовать при подготовке инженеров научные, лабораторные и производственные мощности партнёров ПИШ, а также привлечь к преподаванию высококлассных специалистов компаний и ведущих научных сотрудников РАН. В штате базовых кафедр ПИШ ДВФУ в настоящее время преподают 15 инженеров предприятий реального сектора биоэкономики региона и 14 научных сотрудников научных организаций-партнёров, что составляет более 30% общей численности профессорско-преподавательского состава ПИШ. С открытием в 2023-2024 гг. в ПИШ новых программ опережающей подготовки инженерных кадров и осуществлением набора, число высококлассных специалистов и учёных, привлечённых в качестве преподавателей школы удвоится и достигнет 60 человек к 2025 году. Кроме того, все научно-педагогические сотрудники ПИШ регулярно привлекаются к прохождению программ дополнительного профессионального образования как на собственной базе ПИШ и партнёров, так и в сторонних организациях.

Важным показателем Программы развития ПИШ является участие обучающихся в практиках и стажировках вне рамок образовательного процесса. Для достижения данного показателя разработана система предоставления грантов студентам ПИШ «технологических магистратур» нахождение стажировок, к которым, в первую очередь, относятся все образовательные программы магистратуры по УГСН 19.00.00 Промышленная экология и биотехнологии, а также УГСН 27.00.00 Управление в технических системах, УГСНП 12.00.00 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии, УГСН 09.00.00 Информатика и вычислительная техника и др. Кроме того, в рамках данного показателя федерального проекта, в ПИШ ДВФУ были расширены возможности для обучающихся и осуществляется система, которая позволяет студентам с 1-го курса бакалавриата проходить стажировки и получать опыт практической работы, что является важным критерием при дальнейшем трудоустройстве выпускника. Студенты старших курсов бакалавриата и магистранты получают возможность трудоустроиваться на предприятиях-партнёров в различных высокотехнологичных наукоемких секторах биоэкономики. Вовлечение студентов в производственные процессы на действующем предприятии на ранних курсах позволяет им более глубоко погрузиться в технологические процессы и познакомиться с одним из возможных треков будущей профессии. Такие возможности для студентов повышают их востребованность у работодателя и позволяют отобрать будущих специалистов еще на ранних этапах обучения.

Также студенты ДВФУ не ограничены в выборе мест стажировки, прохождения практик, трудоустройства. В случае прохождения практики в выбранном ими месте, деятельность студентов должна выполнять цели и задачи указанного типа практической подготовки в учебном плане. В случае участия студента в выездной стажировке предоставляется возможность обратиться в Департамент карьеры и стипендиальных программ ДВФУ для получения консультации и дальнейше-

го оформления тревел-гранта до места проведения стажировки или обратно. В других случаях условия участия студента в стажировке обговариваются индивидуально с представителями компаний-организаторов программы.

Учитывая реалии и востребованность инженерных кадров для экономики страны и региона, важным показателем в популяризации инженерного биотехнологического образования является ранняя работа с абитуриентами. Работа со школьниками на ранних этапах направлена на формирование базы контактов абитуриентов с целью их привлечения на образовательные программы ПИШ и популяризации профессий в области биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем.

Для проведения профориентационных мероприятий в ПИШ используются действующие учебные и научные лаборатории с уникальным научным и технологическим оборудованием, которое позволяет не только погрузиться в будущий учебный процесс, но и ознакомиться с базовыми навыками будущей практической деятельности. В рамках проведения профориентационных мероприятий задействованы как профессорско-преподавательский состав ПИШ, руководители образовательных программ, так и представители промышленных и научных партнеров ПИШ, отраслевые специалисты-практики. Для работы со школьниками ПИШ использует собственные современные учебные лаборатории ПИШ, созданные новые образовательные пространства ПИШ, интерактив комплексы, созданные в ПИШ, R&D площадки партнёров. Помимо указанных выше, ПИШ ДВФУ использует также уникальное специальное образовательное пространство, созданное в ДВФУ при финансовой поддержке Правительства Приморского края «Центр дополнительного образования детей по развитию ключевых компетенций «Дом научной коллаборации», предусмотренный региональным проектом «Успех каждого ребенка» Национального проекта «Образование». «Дом научной коллаборации (ДНК)» – это центр дополнительного образования для детей и взрослых, включающий образовательные программы по освоению современных прикладных и гибких компетенций. В ДНК ПИШ реализует проектный подход к образованию через выполнение учащимися реальных кейсов по передовым направлениям развития технологий, заказчиком которых выступают реальные промышленные партнёры. Количество обучающихся в ДНК школьников не менее 450 человек ежегодно, участников хакатонов, соревнований и чемпионатов до 1500 человек, а также не менее 50 человек педагогов дополнительного образования.

Кроме того, для популяризации биотехнологических профессий среди школьников и привлечение их на образовательные программы ПИШ ДВФУ проводятся экскурсии для школьников на предприятия промышленных партнеров, Дни открытых дверей в очном и онлайн форматах в виде «Фестиваля биотехнологических профессий», организуемого старшекурсниками и молодыми учёными, мастер-классы от преподавателей и партнеров ПИШ, участие в проектах под руководством сотрудников ПИШ в рамках Тихоокеанских проектных школ, выездные мероприятия по региону, биотехнологические классы и др.

Таким образом, принципиальная новизна инженерной подготовки в ПИШ ДВФУ от традиционной подготовки инженеров в университете заключается в обеспечении более широкого круга профессиональных компетенций у выпускников в области применения цифровых технологий, моделирования, научных исследований и междисциплинарности, а также высокой практикоориентированности инженерной подготовки за счет вовлечения в образовательный процесс отраслевых специалистов высокого уровня, активного привлечения студентов к проектной и научной деятельности по запросам бизнеса, стажировкам в компаниях, осуществляющих деятельность в высокотехнологичных и наукоемких отраслях, создания при передовой инженерной школе хорошо оснащенных научно-образовательных стендов и лабораторий. При традиционной подготовке инженерных кадров упор делается на получение компетенций в части эксплуатации различного рода систем, новый тип же предусматривает создание нового (продуктовый результат – новое изделие, технология, процесс) по заказу и нуждам индустрии через научные проекты, вовлечения в рабочий процесс на предприятии.

При подготовке публикации использованы материалы Программы развития Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» и отчетные материалы о реализации Программы развития ПИШ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках достижения результатов федерального проекта «Передовые инженерные школы», Соглашение № 075-15-2022-1143 от 07.07.2022

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Передовые инженерные школы // Электрон. Дан. Режим доступа URL: <https://engineers2030.ru/>
2. Научно-образовательный центр «Биоэкономика Дальнего Востока» // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://tharnika.ru/nos>.
3. «Точки кипения» и «точки роста» в процессе обучения магистрантов УГСН 19.00.00 Промышленная экология и биотехнологии и влияние Азиатско-Тихоокеанского региона (Вьетнам, Северная Корея, Китай) / Т.К. Каленик, Л.А. Текутьева, А.Б. Подволоцкая, М.П. Разгонова, Т.А. Сенотрусова, О.В. Табакаева, Ю.И. Мелишкевич // Балтийский морской форум. Материалы IX Международного Балтийского морского форума: в 6 т.. – Калининград, 2021. – С. 55-59.

### **NEW APPROACHES IN THE TRAINING OF SPECIALISTS IN THE FIELD OF BIOTECHNOLOGY WITHIN THE FRAMEWORK OF USGS 19.00.00 INDUSTRIAL ECOLOGY AND BIOTECHNOLOGY**

<sup>1</sup>Tekutyeva Ludmila Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems", General Director of Arnika LLC

<sup>2</sup>Lyakh Vladimir Alekseevich, Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Agro-Food Biotechnologies and Food Engineering, Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems"

<sup>3</sup>Son Oksana Mikhailovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Base Department "Bioeconomics and Food Security" of the Faculty of Bioeconomics and Food Security of the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems", Director of the R&D Center "Agrobioeconomics"

<sup>4</sup>Podvolotskaya Anna Borisovna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Acting Dean of the Faculty of Bioeconomics and Biosafety of the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems", Head of the Testing Center "Laboratory Complex of Veterinary and Sanitary Expertise"

<sup>5</sup>Tsygankov Vasily Yurievich, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Industrial Biotechnology and Bioengineering of the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems"

<sup>6</sup>Ershova Tatyana Anatolyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Basic Department of Food and Cell Engineering, Faculty of Agro-Food Biotechnologies and Food Engineering, Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems"

<sup>7</sup>Grytsenko Ruslan Artemovich, Director of the Department of Partnerships and Mentoring, Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems"

<sup>8</sup>Bobchenko Victoria Ivanovna, Candidate of Technical Sciences, Director of the Academic Department of the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems"

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8</sup>Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia, e-mail: [lyah.va@dvfu.ru](mailto:lyah.va@dvfu.ru)

<sup>1</sup>Limited liability company "Arnika", Vladivostok, Russia

<sup>3</sup>Limited Liability Company "Arnika Holding", Vladivostok, Russia

<sup>4</sup>Limited liability company "DV-Expert", Vladivostok, Russia

*The main distinguishing characteristics of engineering training of bachelors and masters at the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems" of the Far Eastern Federal University are considered on the example of a combination of traditional biological and engineering disciplines, the introduction and adaptation of economic and management disciplines, the application new educational spaces and technologies, as well as the use of project-based learning.*

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОЛБАСЫ ИЗ МЯСА ГОВЯДИНЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН**

<sup>1</sup>Умарова Малика Мамуржоновна, студентка кафедры пищевой биотехнологии

<sup>2</sup>Землякова Евгения Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: umalika788@gmail.com; evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

*Представлены исследования по технологии вареного колбасного изделия из мяса говядины с добавлением пищевых волокон. С использованием ортогонального центрального композиционного плана второго порядка для двух факторов оптимизированы технологические параметры, а именно количество вносимого порошка хурмы (%) и температура варки нового продукта (°C) -  $\omega_x = 18,35\%$  и  $T = 80,4\text{ }^\circ\text{C}$  соответственно. Получен продукт и определены показатели качества и биологическая ценность готового продукта.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

При производстве варёных колбас в исходном сырье в максимальной степени сохраняются все компоненты, необходимые для развития организма человека и поддержания его жизнедеятельности.

Одним из основных преимуществ добавления сушеной хурмы в колбасное изделие является увеличение содержания пищевых волокон, что способствует улучшению пищеварения и здоровью человека. Кроме того, пищевые волокна улучшают текстуру и вкус колбасы.

На данный момент весь ассортимент колбасных изделий содержит в себе пищевые добавки. Наиболее опасными при производстве колбас считаются консерванты и стабилизаторы окраски. Производители нередко добавляют их в чрезмерных количествах, от чего товар и выглядит органолептически привлекательным и имеет высокий срок хранения, однако повышая риски приобретения заболеваний. В связи с этим разработка натурального колбасного изделия без использования в технологическом процессе пищевых добавок является актуальной задачей, а продукт будет востребован на рынке, особенно среди растущего количества потребителей, выбирающих здоровый образ жизни.

Цель исследования: разработка технологии производства колбасного изделия из мяса говядины с добавлением пищевых волокон.

### **МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

Маркетинговые исследования потребителей проводили методом опроса путем самостоятельного заполнения анкет респондентами. Применяли структурированный опрос, т.е. все опрашиваемые отвечали на одни и те же вопросы.

Для оптимизации рецептуры вареного колбасного изделия с добавлением пищевых волокон использовали ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП) второго порядка для 2-х факторов.

Органолептическая оценка проводилась в соответствии с разработанной 5-балльной шкалой органолептической оценки.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ**

#### ***Результаты маркетинговых исследований***

С целью определения потребности в новом виде колбасной продукции были проведены маркетинговые исследования, в ходе которых было опрошено 100 респондентов - жителей г. Калининграда и Калининградской области.

На основании полученных данных построены гистограммы, представленные ниже на рисунках 1 - 11:

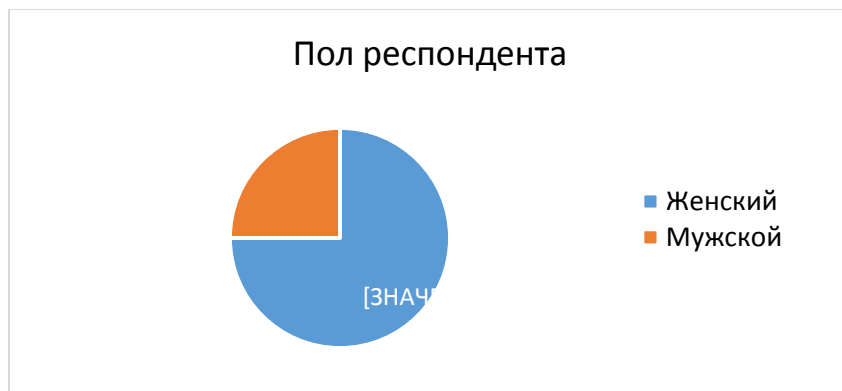


Рисунок 1 – Распределение респондентов по половому признаку

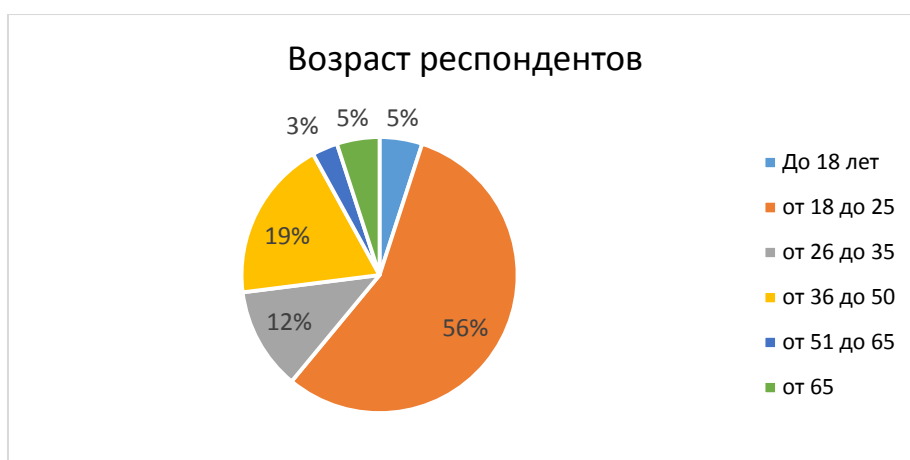


Рисунок 2 – Распределение респондентов по возрасту

На рисунках 1 и 2 представлена информация о респондентах: соотношение мужского и женского пола составило 25% и 75% соответственно, основная часть респондентов – это молодые люди в возрасте от 18 до 25 лет - (56%).



Рисунок 3 – Распределение респондентов по частоте употребления колбасных изделий

Из приведенных на рисунке 3 данных видно, что 70% опрошенных приобретают колбасные изделия от 1 раза в неделю до двух-трех раз в месяц, то есть довольно часто.

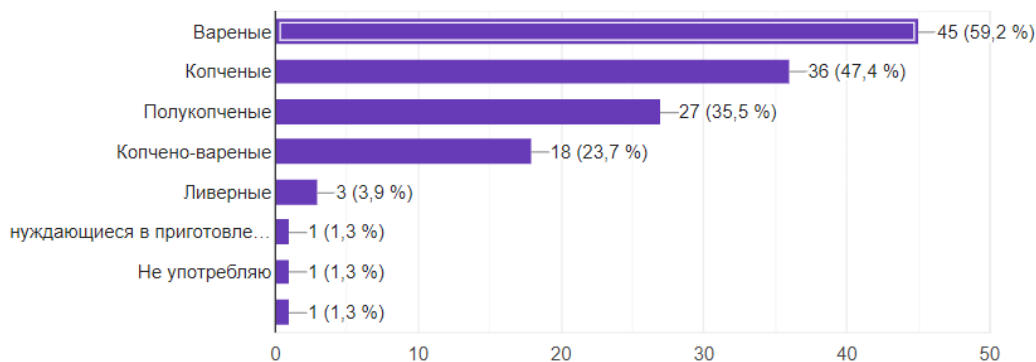


Рисунок 4 – Распределение респондентов по предпочитаемым видам колбасных изделий

Из рисунка 4 видно, что большим спросом пользуются вареные колбасные изделия, на втором месте по спросу среди опрошенных – копченые колбасные изделия.

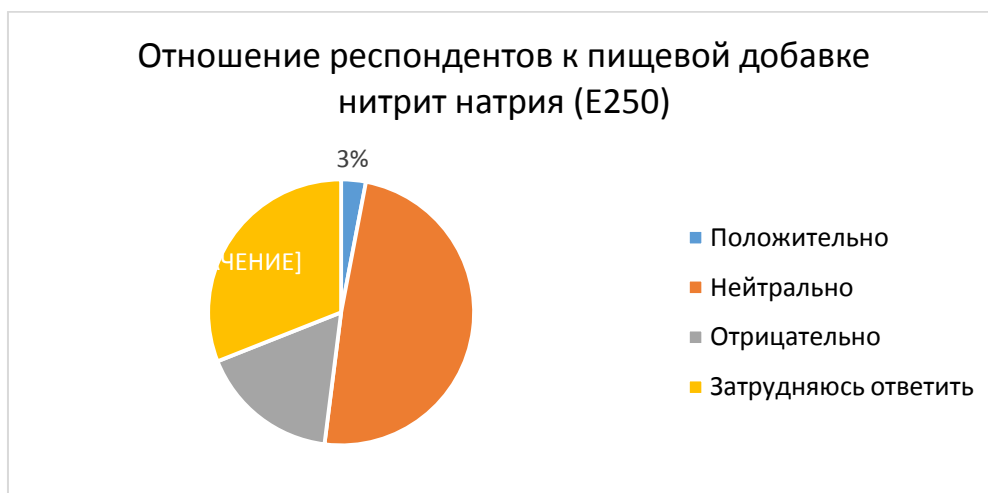


Рисунок 5 – Распределение респондентов по отношению к добавке нитрит натрия (E250)

На рисунке 5 показано распределение респондентов по отношению к пищевой добавке нитрит натрия (E250), где почти половина опрошенных (49%) относится нейтрально, всего 3% относятся положительно, остальные (48%) отрицательно и затрудняются ответить.

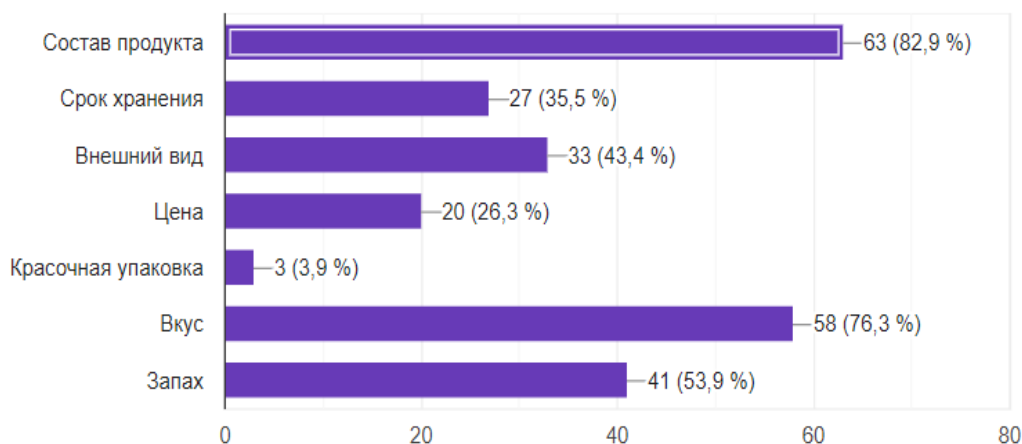


Рисунок 6 – Критерии выбора продукта

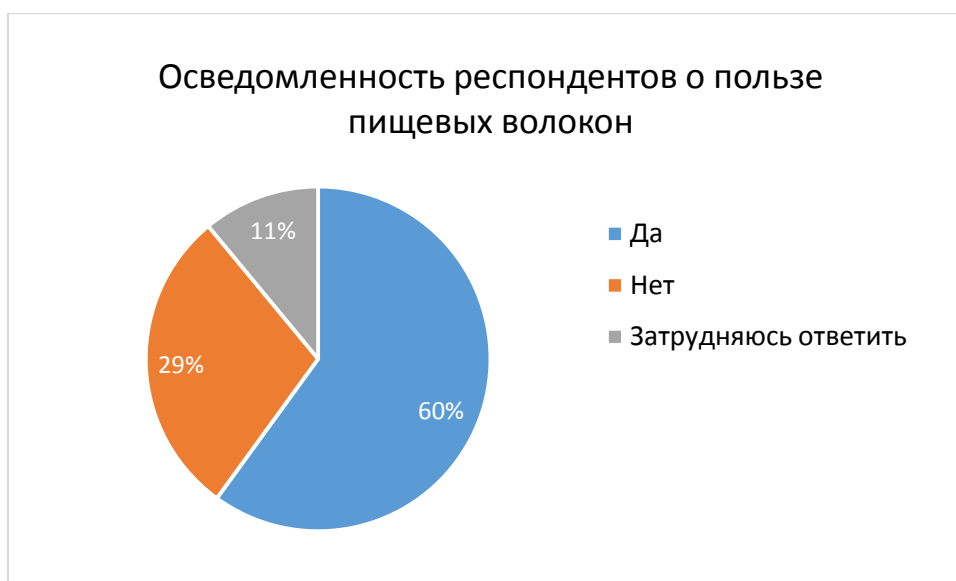


На рисунке 6 показаны критерии выбора продукта, где на первом месте у покупателей стоит состав продукта, затем идут вкус, запах и внешний вид соответственно.



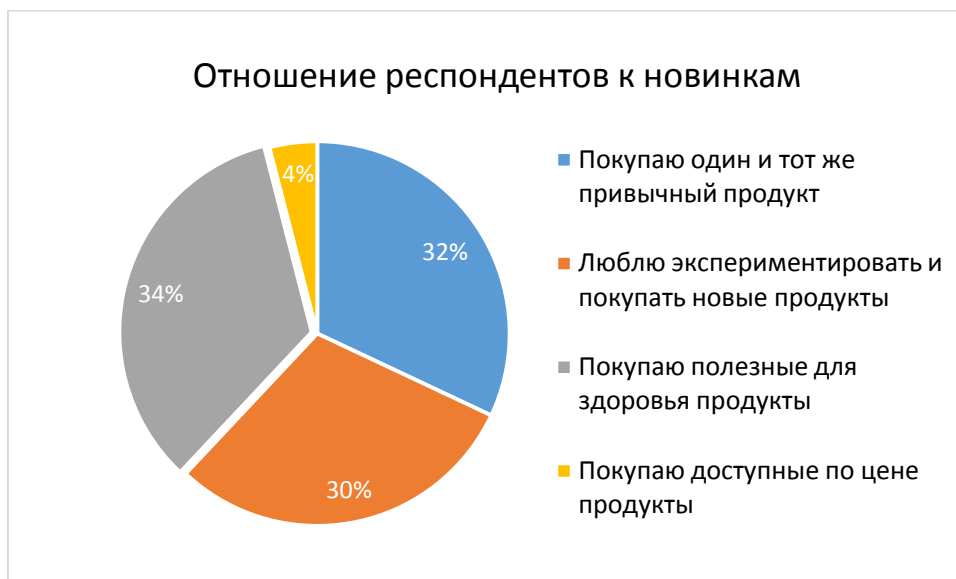
*Рисунок 7 – Отношение респондентов к колбасным изделиям без добавления фиксаторов окраски (серого цвета)*

На рисунке 7 показано отношение респондентов к колбасам без добавления фиксаторов окраски (серые колбасные изделия), из данной диаграммы можно сделать вывод, что более половины респондентов (55%) относятся положительно, 26% отрицательно, остальные (19%) – затрудняются ответить.



*Рисунок 8 – Осведомленность респондентов о пользе пищевых волокон*

На рисунке 8 показана осведомленность опрошенных о пользе пищевых волокон, где 60% знают о пользе пищевых волокон, 11% затрудняются ответить, 29% не знают о пользе пищевых волокон.



*Рисунок 9 – Отношение респондентов к новинкам*

На диаграмме рисунка 9 показано отношение респондентов к новинкам, 34% опрошенных покупают полезные для здоровья продукты, 32% покупают один и тот же привычный продукт, 30% любят экспериментировать и покупать новые продукты, лишь 4% опрошенных покупают доступные по цене продукты.



*Рисунок 10 – Актуальность расширения ассортимента*

На рисунке 10 представлена актуальность расширения ассортимента колбасных изделий, где 75% было бы интересно попробовать новый продукт, 18% опрошенных считают, что выбор достаточно широк, 7% затрудняются ответить.

В связи с разработкой нового вида вареного колбасного изделия, с добавлением пищевых волокон, т.е. хурмой, в анкету был включен вопрос о том, приобрели бы потребители данный продукт. Результаты ответа на данный вопрос приведены на рисунке 11.



*Рисунок 11 - Потребительский спрос на колбасные изделия,  
обогащенные пищевыми волокнами*

Из данных рисунка 11 видно, что больше половины респондентов (73%) попробовали бы новый продукт, следовательно, вареное колбасное изделие с добавлением пищевых волокон будет пользоваться спросом у потребителей.

#### ***Результаты моделирования и оптимизации рецептуры вареного колбасного изделия***

Планирование экспериментов при моделировании и оптимизации рецептуры вареного колбасного изделия с добавлением пищевых волокон осуществляли согласно ортогональному планированию второго порядка для двух факторов.

Диапазон измерения факторов, подлежащих оптимизации ( $\omega_x$ , T), а также пределы их варьирования, приведены в таблице 1.

Таблица 1

#### **Изменяемые факторы, их интервалы и предельные значения**

Факторы	Уровни			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
Содержание хурмы $\omega_x$ , %	16	18	20	2
T– температура варки колбасы, °C	75	80	85	5

В качестве частных откликов были выбраны следующие показатели: органолептические показатели (в баллах) и влагосвязывающая способность обогащенного колбасного фарша (в %). Их «идеальные» значения, используемые в расчетах, приведены в таблице 2.

Таблица 2

#### **Частные отклики и их «идеальные» значения**

Наименование частного отклика	Размерность измерения	«Идеальные» значения частного отклика
Органолептические показатели (внешний вид, вкус и запах, консистенция)	Баллы	15,0
Влагосвязывающая способность обогащенного колбасного фарша	%	95

Реализация плана эксперимента была осуществлена согласно матрице ОЦКП. Условия опытов, а также значения частных показателей качества колбасных изделий, полученные в результате исследований, приведены в таблице 3.

Таблица 3

**План эксперимента и результаты его реализации**

№ опыта	План эксперимента		Частные отклики		Частные безразмерные отклики		Обобщенный параметр оптимизации
	мас. доля сушеной хурмы, %	температура варки, °С	О, балл	ВСС, %	S <sub>1</sub> <sup>2</sup>	S <sub>2</sub> <sup>2</sup>	
	в нат. виде ω <sub>x</sub> , %	в нат. виде T, °С					
1	20	85	13,41	48,4	0,011	0,26	0,277492
2	20	75	13,35	65,4	0,0022	0,119	0,131816
3	16	85	13,31	33,64	0,0126	0,44	0,453058738
4	16	75	14,21	56,5	0,0027	0,189	0,191998778
5	18	85	14,78	53,4	0,00021	0,217	0,217371111
6	18	75	13,23	56,4	0,013	0,19	0,20402
7	20	80	12,98	70	0,018	0,09	0,108135111
8	16	80	14,16	62,3	0,0031	0,14	0,145265
9	18	80	14,29	77,5	0,0121	0,05	0,052865444

Расчёт основных коэффициентов математической модели проводился в соответствии с данными плана эксперимента, их значения приняли следующий вид (1-6):

- b<sub>0</sub> = 0,198 (1)
- b<sub>1</sub> = -0,04547 (2)
- b<sub>2</sub> = 0,07 (3)
- b<sub>12</sub> = -0,0288 (4)
- b<sub>11</sub> = 0,1438 (5)
- b<sub>22</sub> = 0,0598 (6)

Используя полученные коэффициенты, строится математическая модель в кодированном виде (7):

$$y = 0,198 - 0,04547X_1 + 0,07X_2 - 0,0288X_1X_2 + 0,1438(X_1^2 - 2/3) + 0,0598(X_2^2 - 2/3) \quad (7)$$

Расчетные оптимальные значения, полученные методом дифференцирования уравнений в натуральном виде, оказались следующими:

- температура T = 80,38°С (принимаем 80,4);
- масса хурмы сушеной ω<sub>x</sub> = 18,34% (принимаем 18,35).

В соответствии с полученными данными была разработана рецептура (таблица 4).

Таблица 4

**Рецептура вареного колбасного изделия «Колбаса натуральная+»**

№ п/п	Наименование сырья	Норма расхода сырья на 100 кг продукции, кг
1	Говядина	85,00
2	Хурма сушеная	18,00
3	Жир говяжий	3,25

4	Вода (лед)	10,00
5	Крахмал картофельный	2,00
6	Соль поваренная пищевая	1,25
7	Перец черный молотый	0,5
8	Орех мускатный молотый	0,5

**Результаты оценки показателей качества и пищевой ценности вареного колбасного изделия «Колбаса натуральная+»**

В таблице 5 представлен физико-химический состав вареного колбасного изделия «Колбаса натуральная+».

Таблица 5

**Общий физико-химический и витаминный состав вареного колбасного изделия с добавлением пищевых волокон на 100 г**

Показатели	Содержание	% РСН
Белки	16,77 г	27,8
Жиры	8,82 г	12,6
Углеводы	3,03 г	1,64
<b>Пищевые волокна</b>	<b>3,75 г</b>	<b>18,75</b>
Кальций	16,48 мг	1,6
Калий	41,3 мг	1,2
<b>Фосфор</b>	<b>145,8 мг</b>	<b>18,2</b>
<b>Железо</b>	<b>9,8 мг</b>	<b>54,0</b>
Марганец	0,07 мг	3,57
Йод	5,4 мкг	4,32

*\*РСН – рекомендуемая суточная потребность*

Рекомендуемое потребление данного продукта 100 г. Было выявлено, что при употреблении данного количества в день продукт становится функциональным по содержанию пищевых волокон, фосфора, железа.

Результаты органолептической оценки вареного колбасного изделия с добавлением сухой хурмы представлены в таблице 6.

Таблица 6

**Характеристика показателей органолептической оценки качества колбасного изделия «Колбаса натуральная+»**

Показатель	Характеристика
Внешний вид	Батоны с чистой сухой поверхностью, без повреждения оболочки, наплывов фарша, слипов, бульонных и жировых отёков
Консистенция	Упругая
Вид на разрезе	Серый, с небольшими включениями жира и хурмы
Запах и вкус	Свойственные данному виду продукта с ароматом пряностей, в меру солёный, сладковатый привкус, без посторонних привкусов и запахов
Форма, размер и вязка батонов	Прямые или изогнутые батоны с одной поперечной перевязкой на каждом конце батона

В результате исследования был проведен маркетинговый опрос, по анализу респондентов была выявлена заинтересованность потребителей в новом продукте, не содержащем консервантов и фиксаторов окраски, обогащенном пищевыми волокнами хурмы. Оптимизированы параметры технологического процесса, на основе которых обоснована технология и разработана рецептура вареного колбасного изделия с добавлением пищевых волокон хурмы. Проведен анализ качества готовой продукции, выявлено, что по содержанию пищевых волокон, фосфора и железа данный продукт является функциональным. Также проведена органолептическая оценка качества полукопченого вареного колбасного изделия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов: учебники и учеб. пособия для студентов вузов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. – М.: КолосС, 2004. – 256 с.
2. Гаязова, А.О. Перспективные направления развития производства мясных полуфабрикатов / А.О. Гаязова, М.Б. Ребезов, Е.А. Паульс, Р.А. Ахмедьярова, А.С. Косолапова // Молодой ученый. 2014. - № 9 (68). - С. 127–129.
3. Мезенова, О.Я. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов; учебное пособие / О.Я. Мезенова. – СПб.: Проспект науки, 2015. – 224 с.
4. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. - М.: ДеЛи принт, 2002. - 236 с.

## RESEARCH ON THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF SAUSAGE FROM BEEF MEAT WITH THE ADDITION OF DIETARY FIBER

<sup>1</sup>Umarova Malika Mamurjonovna, student

<sup>2</sup>Zemljakova Evgeniya Sergeevna, PhD in Engineering, associate professor

<sup>1,2</sup>Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: umalika788@gmail.com; evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

*The article presents research on the technology of boiled beef sausage with the addition of dietary fiber. Using an orthogonal central compositional plan of the second order, technological parameters were optimized for two factors, namely the amount of added persimmon powder (%) and the cooking temperature of the new product (°C) -  $\omega_x = 18,35\%$  and  $T = 80,4\text{ }^\circ\text{C}$ , respectively. The product was obtained and the quality indicators and biological value of the finished product were determined.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОРОШКООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ОБОГАЩЕННЫХ ГЛИКОЗАМИНОГЛИКАНАМИ ВТОРИЧНОГО РЫБНОГО СЫРЬЯ

<sup>1</sup>Халтурина Анастасия Андреевна, студентка кафедры пищевой биотехнологии

<sup>2</sup>Землякова Евгения Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: gavrilove1452va@mail.ru;

evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

*Представлены исследования по технологии получения гидролизата из вторичного сырья судака, а также внедрения его в порошкообразные продукты питания. Проведен литературный обзор с обоснованием эффективности гликозаминогликанов. Описаны органолептические показатели гидролизата опорно-каркасных и покровных тканей судака.*

### ВВЕДЕНИЕ

Хондропротекторы представляют собой гликозаминогликаны (ГАГ) – естественные компоненты хрящевой ткани. ГАГ связаны в организме пептидной связью с коллагеном. Исследования показывают, что ГАГ не только могут участвовать в метаболизме новой ткани, но и запускать эти реакции.

ГАГ выполняют следующие функции:

- участвуют в построении основного вещества хрящевой и костной ткани;
- замедляют прогрессирование остеоартроза и остеохондроза;
- способствует восстановлению суставной сумки и хрящевых поверхностей суставов;
- препятствует коллапсу соединительной ткани;
- нормализует продукцию суставной жидкости [3,4].

Цель исследования: провести литературный обзор по эффективности использования ГАГ, приготовить гидролизат из вторичного рыбного сырья и разработать технологию порошкообразных продуктов питания, которые оказывают профилактическое действие на опорно-двигательный аппарат человека.

### МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследования является технология получения порошкообразных продуктов питания – обогащенные протеиновые коктейли и пудинги.

Была разработана 5-балльная шкала оценок для проведения органолептического исследования гидролизата.

Для оптимизации рецептуры обогащенных порошков использовали ортогональный центральный композиционный план второго порядка для двух факторов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

#### 1.1 Литературный обзор

В литературе описан ряд исследований по эффективности и фармакологической активности ГАГ. Большинство исследований предусматривает использование методов в экспериментах *in vivo*.

В работе [5] целью исследования являлось воспроизведение экспериментальной модели ОА путем перерезки передней крестовидной связки левого коленного сустава кролика по методу М. Yoshioka установление возможности оценки фармакологической активности препаратов для терапии ОА.

В исследованиях *in vitro* на клеточной модели с использованием стандартизированной линии нормальных человеческих хондроцитов CHON-001 была показана способность Алфлутопа подавлять медиаторы воспаления и дегенерации при ОА, а также стимулировать пролиферацию и обновление хондроцитов. Так, под влиянием Алфлутопа на 50% увеличивалась пролиферация

хондроцитов, на 47% усиливался синтез ДНК. Алфлутоп ингибирует *in vitro* внеклеточное высвобождение провоспалительного цитокина интерлейкина 6 (ИЛ-6) на 16% и хемокина ИЛ-8 на 35% и ингибирует проангиогенный фактор VEGF на 56% [7].

Терафлекс (Bayer) относится к наиболее известным комбинированным препаратам с доказанной хондропротективной активностью. Терафлекс содержит 500 мг глюкозамина гидрохлорида и 400 мг хондроитина сульфата. Комбинация двух основных хондропротекторов обеспечивает потенцирование положительного эффекта каждого из них, т. к. хондроитина сульфат и глюкозамин являются синергистами, дополняя и усиливая действие друг друга. В эксперименте на модели ОА у кроликов было показано, что комбинированные препараты увеличивают синтез глюкозаминогликанов хондроцитами на 96,6%, а на фоне монотерапии симптом-модифицирующими препаратами замедленного действия – только на 32% [6].

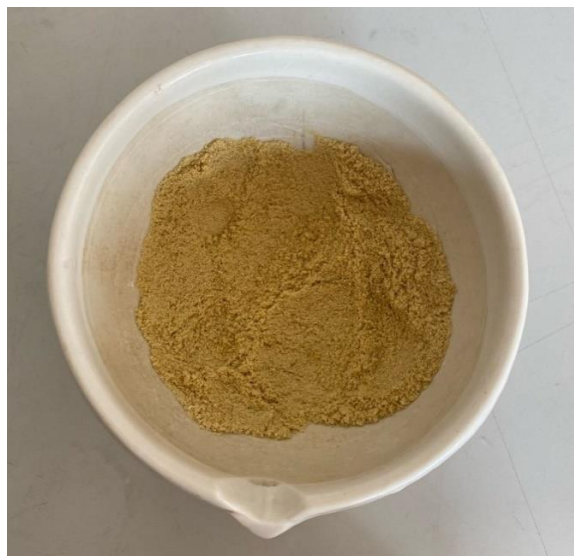
Анализ Schneider H. et al (2012) с использованием баз MEDLINE, Cochrane Register и EMBASE [2]. В анализе приняли участие 3 исследования, которые включали в себя 588 пациентов с диагнозом ОА коленного сустава. Хондроитин сульфат принимали 291 человек, в то время как плацебо получили 297. Результатом исследования, являлись данные о том, что доза в 1г/сут способна статистически значимо снизить интенсивность боли, а также повысить функциональные возможности поврежденного сустава.

McAlindon TE, LaValley MP, Gulin JP, Felson DT [1]. Проводился анализ 15 двойных слепых плацебо-контролируемых исследований эффективности глюкозамина и хондроитина сульфата в качестве симптоматических средств (уменьшение боли и улучшение функционального статуса) для лечения остеоартроза коленных и тазобедренных суставов, который показал положительную симптоматическую динамику. Так в 8 из 15 исследований было зафиксировано значительное снижение болевого симптома и как следствие увеличение подвижности суставов. Еще 3 исследования, продемонстрировали незначительные регенеративные эффекты. Еще 4 исследования демонстрировали противоречивые результаты указывающие на незначительный эффект или же его отсутствие.

## ***1.2 Проведение технологии по получению гидролизата из вторичного рыбного сырья***

На основании научных исследований процесса ферментативного гидролиза аспиранта И. Орлова [8] был приготовлен гидролизат опорно-каркасных и покровных тканей (ОКиПТ) судака. По данным исследования, среди таких ферментов как коллагеназа II типа, алкалаза и папаин, наиболее эффективным и экономически целесообразным продемонстрировал результаты папаин в количестве 3 % от массы сырья.

Было приобретено и разморожено вторичное рыбное сырье – хребты и плавники судака. Сырье измельчалось, под действием фермента папаина проводился гидролиз, далее разделение плотной и жидкой части, твердую отправляли на сушку в мягких условиях, а жидкую, где содержатся ГАГ, в сублимационную сушилку. Полуфабрикат измельчали до порошкообразного состояния. Выход составил 9 %.



*Рис. 1. Гидролизат ОКиПТ судака*



В таблице 1 представлена органолептическая характеристика гидролизата.

Таблица 1

### Органолептическая оценка гидролизата ОКиПТ судака

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид и консистенция	Порошкообразный продукт. Допускается наличие незначительного количества комочков, рассыпающихся при лёгком механическом воздействии.
Вкус	Рыбный, слегка горький, без посторонних привкусов
Запах	Рыбный, не резкий, без посторонних запахов
Цвет	Однородный, от светло-желтого до коричневого

### 1.3 Разработка порошкообразных продуктов питания

Было разработано 4 обогащенных продукта: образец 1 – ванильный протеиновый коктейль на основе жирного молока, образец 2 – малиновый протеиновый коктейль на основе жирного молока, образец 3 – ванильный пудинг, образец 4 – малиновый пудинг.

Дозировка гидролизата была оптимизирована с помощью математического моделирования. В таблице 2 представлена рецептура обогащенных порошкообразных продуктов питания.

Таблица 2

### Рецептура обогащенных протеиновых коктейлей и пудингов

Ингредиент	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Сухое молоко (26%)	13,10	11,00	13,10	13,30
Соевый изолят	11,10	9,00	10,00	13,10
Сахарозаменитель	5,00	5,00	-	-
Ксантановая камедь	0,03	0,03	0,03	0,03
Ванилин	0,05	-	0,05	-
Сублимированная малина	-	5,00	-	5,00
Гидролизат ОКиПТ судака	0,62	0,62	0,62	0,62
Сахар-песок	-	-	7,00	7,00
Кукурузный крахмал	-	-	1,50	1,50
Желатин	-	-	0,30	0,30

В ходе исследования была достигнута цель – обоснован выбор гидролизата ОКиПТ судака, так как он является источником ГАГ – хондропротекторов дегенеративно-дистрофических заболеваний в качестве обогащающего компонента.

Современные исследования доказывают эффективность использования хондроитина сульфата и глюкозамин сульфата, оказывающие профилактическое воздействие на течение и развитие заболеваний опорно-двигательного аппарата. Но при комплексном употреблении ГАГ эффективность воздействия усиливается, что благоприятно сказывается на хрящах и суставах.

За счет технологии получения гидролизата с помощью ферментации папаином и последующей сублимационной сушкой, разработанной аспирантом [8], был получен полуфабрикат ОКиПТ судака с выходом равным 9%, который затем использовался для разработки технологии обогащенных порошкообразных продуктов питания в форме протеинового коктейля и пудинга. Гидролизат ОКиПТ судака характеризуется как однородный порошок, с рыбным запахом и вкусом желтого цвета.

Разработана рецептура сухих смесей для получения протеиновых коктейлей и пудингов с использованием методов математического моделирования. Получено 4 образца с разными вкусовыми и ароматическими добавками. По органолептическим характеристикам обогащенные порошки имеют приятный вкус и аромат, без рыбных оттенков, однородны, ванильный желтого цвета, а малиновый розового. Масса протеиновых коктейлей составляет 30 г, ванильного обогащенно-

го пудинга 35 г, малинового пудинга 40 г. При употреблении двух порций обогащенного протеинового коктейля, продукт обеспечивает нас в 15% ГАГ от суточной нормы потребности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. McAlindon TE, LaValley MP, Gulin JP, Felson DT Effect of Intra-articular Triamcinolone vs Saline on Knee Cartilage Volume and Pain in Patients With Knee Osteoarthritis: a Randomized Clinical Trial // JAMA. - 2017. - Vol. 317(19), - P. 1967-1975.

2. Schneider H, Maheu E, Cucherat M. Symptom-Modifying Effect of Chondroitin Sulfate in Knee Osteoarthritis: A Meta-Analysis of Randomized Placebo-Controlled Trials Performed with Structum. Open Rheumatol. J., 2012, 6: 183 - 189.

3. Годзенко, А.А. Место хондроитина сульфата в терапии остеоартроза / А.А. Годзенко // Русский медицинский журнал. – 2011. – № 29. – С. 1842-1845.

4. Капустина Н.В. Оценка эффективности лечения хондроитин сульфатом (Артрадол) спортсменов с посттравматической хондропатией коленных суставов / Н. В. Капустина // Русский медицинский журнал. – 2013. – № 32. – С. 1672-1677.

5. Ковалева, М.А. Апробация модели хронического остеоартроза на кроликах / М.А. Ковалева, Я.А. Гущин // Лабораторные животные для научных исследований. – 2019. – № 4. – С. 1-16.

6. Косарев, В.В. Эффективность современных хондропротекторов при остеоартрозе / В.В. Косарев, С.А. Бабанов // Медицинский совет. – 2014. – № 2014. – С. 92-99.

7. Чичасов, Н.В. Современные подходы к терапии остеоартрита / Н.В. Чичасова // Медицинский совет. – 2020. – № 4. – С. 126-135.

6. Орлов, И.А. Исследование процесса ферментативного гидролиза опорно-каркасных и покровных тканей гидробионтов / И.О. Орлов, Е.С. Землякова // Научный журнал «Известия КГТУ». – 2021. – № 61. – С. 76-82.

## RESEARCH OF TECHNOLOGY OF POWDERED FOOD PRODUCTS ENRICHED IN GLYCOSAMINOGLYCANS SECONDARY FISH RAW MATERIALS

<sup>1</sup>Khalturina Anastasia Andreevna, student

<sup>2</sup>Zemljakova Evgeniya Sergeevna, PhD in Engineering, associate professor

<sup>1,2</sup>Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,

e-mail: gavrilove1452va@mail.ru; evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

*The article presents research on the technology of obtaining hydrolyzate from recycled pike perch raw materials, as well as its introduction into powdered food products. A literature review was conducted to substantiate the effectiveness of glycosaminoglycans. The organoleptic characteristics of the hydrolyzate of the supporting frame and integumentary tissues of pike perch are described.*