

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет пищевых производств»

На правах рукописи



**ЗАРУБИН НИКИТА ЮРЬЕВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ КОЛЛАГЕНОВОГО ГИДРОЛИЗАТА ИЗ  
КОЖИ РЫБ И РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ**

05.18.04 Технология мясных, молочных и рыбных продуктов  
и холодильных производств

**ДИССЕРТАЦИЯ**

**на соискание ученой степени кандидата технических наук**

Научный руководитель  
доктор технических наук, доцент  
Бредихина Ольга Валентиновна

Москва – 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4
<b>ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b>	11
1.1 Структура пищевых продуктов, возможности её формирования	12
1.2 Рыбное коллагенсодержащее сырьё и перспективы его использования в пищевой промышленности	19
1.2.1 Основные сведения о строении и свойствах коллагена	23
1.2.2 Способы обработки коллагенсодержащего сырья	29
1.3 Характеристики и особенности сырья растительного происхождения	37
1.4 Инулин, его свойства и характеристики	44
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ОБЗОРУ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	48
<b>ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ ПОСТАНОВКИ ЭКСПЕРИМЕНТА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>	51
2.1 Схема постановки эксперимента	51
2.2 Объекты исследования	54
2.3 Методы исследования	55
2.4 Обработка объектов исследования	68
2.5 Производственные испытания	74
2.6 Оценка экономической эффективности продукта	75
<b>ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КОЛЛАГЕНОВЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ ИЗ КОЖИ РЫБ</b>	76
3.1 Определение химического состава и свойств кожи океанических видов рыб	76
3.2 Обоснование выбора режимов и параметров ферментативной обработки кожи рыб	80
3.3 Изучение возможности использования лимонной кислоты для улучшения органолептических показателей коллагеновых гидролизатов из кожи рыб	94
3.4 Изучение возможности использования вакуумной сублимационной сушки для консервирования коллагеновых гидролизатов из кожи рыб	100
<b>ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА СОСТАВА КОЛЛАГЕНО-РАСТИТЕЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗАТОВ ИЗ КОЖИ РЫБ</b>	109
4.1 Обоснование и изучение свойств растительных компонентов композиций	110
4.2 Математическое моделирование рецептур композиций	113
4.3 Изучение качественных показателей композиций	118

4.4 Исследование влияния коллагено-растительной композиции на свойства рыбных фаршевых систем	124
<b>ГЛАВА 5 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛАГЕНО –РАСТИТЕЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ РЫБНЫХ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ</b>	<b>130</b>
5.1 Обоснование технологии и рецептурного состава рыбного кулинарного изделия с использованием коллагено-растительное композицией	131
5.2 Изучение комплекса показателей качества рыбного кулинарного изделия с коллагено-растительной композицией	135
5.3 Производственные испытания разработанного продукта	147
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>149</b>
<b>ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ</b>	<b>152</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	<b>153</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	<b>176</b>
Приложение А. Расчет экономической эффективности производства рыбного рулета из минтая с коллагено-растительной композицией	176
Приложение Б. Техническая документация	178
Приложение В. Балльная шкала органолептической оценки продуктов	182
Приложение Г. Акты промышленной апробации	183
Приложение Д. Интеллектуальная собственность	186
Приложение Е. Грамоты, сертификаты, дипломы выставок	190

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** В разработанных Правительством Российской Федерации стратегиях развития пищевой и перерабатывающей промышленности и рыбохозяйственного комплекса на период до 2020 года, отмечена необходимость внедрения новых технологий, позволяющих значительно расширить выработку белоксодержащих продуктов нового поколения с направленным изменением состава, а также с содержанием полезных для организма человека эссенциальных веществ и пищевых волокон.

Также развитие получают технологии максимальной и безотходной переработки вторичного сырья с целью его использования при производстве различных продуктов питания. Одним из видов такого сырья являются рыбные коллагенсодержащие отходы, а именно кожа рыб, (в частности, океанических, имеющих один из высоких показателей добычи в России) содержащая высокую долю коллагена в своем составе. К часто используемым в производстве видам океанических рыб, относятся семейства тресковых и лососевых, среди которых выделяют треску, нерку и кету, имеющих высокий показатель вылова в среднем от 57 до 193 тыс. т/год [11, 36 - 38, 41, 117]. При разделке данных видов рыб на обесшкуренное филе, количество кожи варьирует от 2,0 до 12,6 % от массы рыбы, что делает ее перспективным сырьём для применения при производстве пищевых продуктов. В настоящее время, данный вид сырья используется в основном для производства кормовой и технической продукции. Однако его можно использовать в пищевых целях для получения различного вида белковых добавок, а также структурообразователей. Приоритетным направлением в области переработки коллагенсодержащего сырья является его ферментация с применением ферментных препаратов класса протеаз. В связи с этим актуальным является разработка биотехнологических способов обработки данного вида сырья для получения белковых гидролизатов пищевого назначения.



На данный момент наблюдается рост производства комбинированных продуктов питания, с использованием сырья не только животного, но и растительного происхождения, получаемого из различных источников. К продуктам растительного происхождения, которые могут быть использованы в производстве рыбных изделий, относятся мука из семян льна и мука из клубней топинамбура, содержащие полноценные по аминокислотному составу белки и пищевые волокна, среди которых выделяется инулин [4, 5, 28, 61, 91, 99, 102, 103, 108, 110, 112, 116, 126]. В связи с этим перспективным является разработка многокомпонентных композиций на основе сырья как животного, так и растительного происхождения, используемого при производстве различных пищевых продуктов, в том числе рыбных, для улучшения их качества за счет повышения нутриентной сбалансированности и наличия пищевых волокон.

Таким образом, разработка нового вида продукта с использованием коллагенового гидролизата из кожи рыб в сочетании с растительными компонентами, позволит повысить его качественные показатели, в том числе получить продукт повышенной биологической ценности, обогащённый пищевыми волокнами, в частности, инулином.

**Степень разработанности темы исследования.** Существенный вклад в разработку способов рациональной переработки коллагенсодержащих отходов и комбинированного использования сырья животного и растительного происхождения внесли отечественные и зарубежные ученые: Е.И. Титов [105, 107, 149-152], Л.В. Антипова [8-20, 120, 121, 123] Л.С. Байдалинова [38], В.Д. Богданов [33], Т.М. Бойцова [58, 124], Л.Г. Бояркина [30], О.Я. Мезенова [38, 84], Р.Г. Кильмаев [95], П.И. Андрусенко [6, 7], М.Е. Цибизова [129, 154-157, 163], А. Aberoumand [167], Z. Fengxiang [170], S. Pang [181], J Zhang [190] и др. Тем не менее, проблема промышленной переработки недоиспользуемых коллагенсодержащих рыбных отходов до конца не решена, что также приводит к усилению негативной антропогенной нагрузки на окружающую среду. Необходимость создания производства по

переработке коллагенсодержащих рыбных отходов, представленных в виде кожи рыб, на пищевые цели, весьма актуальна для рыбоперерабатывающих предприятий Российской Федерации.

**Цель диссертационной работы** заключается в разработке технологии рыбного кулинарного изделия путем создания и применения композиции на основе коллагенового гидролизата из кожи рыб, муки из семян льна и муки из клубней топинамбура.

**Основные задачи исследования:**

1) Изучить химический состав и свойства кожи нерки, трески и кеты, для обоснования ее использования в качестве сырья для получения коллагеновых гидролизатов.

2) Разработать способ получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыб, и изучить их качественные показатели и свойства.

3) Обосновать возможность использования лимонной кислоты для улучшения органолептических показателей (запах) коллагеновых гидролизатов из кожи рыб.

4) Получить сухие коллагеновые гидролизаты из кожи рыб с применением вакуумной сублимационной сушки, и изучить ее влияние на их основные показатели и свойства.

5) Изучить возможность применения муки из семян льна и муки из клубней топинамбура в составе коллагено-растительной композиции.

6) Разработать и изучить состав коллагено-растительных композиций на основе гидролизатов из кожи рыб, муки из семян льна и муки из клубней топинамбура, выбрать соотношение рецептурных компонентов в коллагено-растительной композиции, и обосновать количество ее введения в состав рыбного кулинарного изделия.

7) Разработать технологию рыбного кулинарного изделия с применением коллагено-растительной композиции, и изучить его показатели качества.

8) Разработать техническую документацию на коллагено-растительную композицию, а также кулинарное рыбное изделие в виде рулета из минтая. Провести промышленную апробацию разработанной технологии.

9) Обосновать экономическую эффективность использования коллагено-растительной композиции в технологии рыбных кулинарных изделий.

**Научная новизна работы.** Выявлено влияние ферментного препарата «Протепсин» на изменение физико-химических, функционально-технологических и реологических показателей коллагеновых гидролизатов из кожи нерки, трески и кеты, за счет чего установлены параметры ферментативной обработки, а именно дозировка ферментного препарата – 0,05 % к массе сырья и продолжительность обработки от 2 до 2,5 часов, позволяющие провести гидролитическое расщепление полипептидных цепочек коллагена данных видов кожи, и получить гидролизаты с высокими показателями функционально-технологических свойств за счет наличия среднемолекулярных пептидов, имеющих молекулярную массу 21,59 кДа.

На основе сенсорного и физико-химического анализа установлено влияние лимонной кислоты, при дозировке 0,3 % к массе сырья в составе водного раствора и продолжительности обработки 45 мин, на снижение рыбного запаха коллагеновых гидролизатов из кожи рыб.

С применением математического моделирования и методов анализа физико-химических, функционально-технологических, в том числе реологических свойств, выявлено оптимальное соотношение компонентов композиции, состоящей из коллагенового гидролизата из кожи рыб, муки из семян льна и муки из клубней топинамбура (КГКР:МЛ:МТ = 50:30:20, масс.%), позволяющей повысить показатели функционально-технологических и реологических свойств рыбного фарша для кулинарного изделия, и при этом обогатить его инулином.

За счет изучения химического состава, в том числе аминокислотного и жирнокислотного, сырьевых источников и их обоснованного комбинирования с учетом органолептических и структурно-механических показателей,

установлен рациональный состав рыбного кулинарного изделия «Рулет из минтая в оболочке».

**Практическая значимость.** Разработан способ получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыб и коллагено-растительной композиции с их использованием. Предлагаемый способ защищён патентом РФ на изобретение № 2583660 «Коллагено-растительная композиция для пищевых продуктов».

Показана эффективность использования вакуумной сублимационной сушки при температуре удаления влаги фазовым переходом «лед-пар» минус 30 °С и температуре нагрева не более 40 °С для обеспечения максимальной сохранности нативных свойств коллагеновых гидролизатов из кожи рыб.

Установлен допустимый уровень введения коллагено-растительной композиции (от 10 до 15 %) взамен адекватного количества фарша из минтая, позволяющий обеспечить его экономию, а также улучшить его функционально-технологические и реологические свойства, что непосредственно повлияет на формирование консистенции готового продукта.

Разработана технология рыбного кулинарного изделия с использованием коллагено-растительной композиции. Предлагаемая технология защищена патентом РФ на изобретение № 2646920 «Способ производства кулинарного рыбного изделия в виде рулета из минтая».

Разработана и утверждена техническая документация: ТУ 9283-001-02068634-2015 «Коллагено-растительная композиция для пищевых продуктов», ТУ 10.85.12-001-02068634-2018 «Рыбное кулинарное изделие «Рулет из минтая в оболочке» и ТИ к ТУ 10.85.12-001-02068634-2018.

В производственных условиях ООО «РК Сардиния» проведена промышленная апробация разработанной технологии рыбного кулинарного изделия с коллагено-растительной композицией.

Установлена экономическая эффективность использования коллагено-растительной композиции в технологии кулинарных рыбных изделий – 8,1 тыс. руб. на 1 тонну продукции.

**Методология и методы исследования.** Для реализации поставленных задач применялись общепринятые и специальные в отрасли методы исследования физико-химических, функционально-технологических и реологических свойств пищевых систем.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- Способ получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыб с использованием ферментного препарата класса протеаз с дальнейшей обработкой раствором лимонной кислотой и сублимационной сушкой.

- Способ получения композиции на основе коллагенового гидролизата из кожи рыб, муки из семян льна и муки из клубней топинамбура.

- Технология рыбного кулинарного изделия в виде рулета из минтая с использованием коллагено-растительной композиции.

- Результаты исследований по определению показателей качества рыбного кулинарного изделия в виде рулета из минтая с коллагено-растительной композицией.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Степень достоверности результатов исследований подтверждена 5-ти кратной повторностью проведенных опытов и воспроизводимостью экспериментальных данных, обработкой результатов исследований с использованием статических и математических методов, апробацией разработанной технологии в производственных условиях.

Основные положения работы и результаты исследований были представлены на следующих конкурсах и конференциях: XII, XIII, XIV, XV МНПК студентов и молодых ученых «Живые системы и биологическая безопасность населения» (Москва, 2014, 2015, 2016, 2017 г.); VII МНПК «Инновации в товароведении, общественном питании и длительном хранении продовольственных товаров» (Москва, 2015 г.); II МНПК студентов, аспирантов и молодых ученых «Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли» (Владивосток, 2015 г.) IV, V Международный Балтийский морской форум: V, VI МНПК «Пищевая и морская биотехнология»

(Калининград, 2016, 2017 г); X МК молодых учёных и специалистов отделения сельскохозяйственных наук российской академии наук «Современные подходы к получению и переработке сельскохозяйственной продукции – гарантия продовольственной независимости России» (Москва, 2016); I ВНТК студентов, аспирантов и молодых ученых «Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли» (Владивосток, 2016); XVII МНТК «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств» (Барнаул, 2017); XI МНТК «Техника и технология пищевых производств» (Могилев, 2017).

Работа проводилась в рамках темы №15.7579.2017/8.9 «Разработка биотехнологии продуктов общего и функционального назначения на основе биомодификации сырья животного, растительного, в т.ч. вторичного и нетрадиционного происхождения, обеспечивающей импортозамещение».

**Личный вклад автора** заключался в формулировании цели и задач научной работы, в разработке схемы исследований, проведении исследований, в обработке и анализе полученных данных, подготовке публикаций по выполненной работе, разработке технической документации.

**Публикации.** По материалам диссертационной работы опубликовано 20 печатных работ, в т.ч. 5 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, получено 2 патента.

**Объём и структура диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, перечня использованных сокращений, списка использованных источников, включающего 190 источника, в том числе 24 зарубежных авторов, и приложений. Работа изложена на 193 страницах машинописного текста, содержит 33 таблицы, 26 рисунков и 6 приложений.

## ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Водные биологические ресурсы занимают важное место среди продуктов питания животного происхождения, благодаря высокому содержанию полноценного по аминокислотному составу белка, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов.

На пищевые цели идут далеко не все виды промысловых рыб. Причины этого заключаются в исторически сложившихся традициях, непригодности некоторых видов для технологической обработки, выявлении новых малоизученных объектов промысла, а также в отсутствии достаточно обоснованных технологических приемов переработки [1, 25, 30, 36, 39, 59].

По данным ФАО, из-за отсутствия соответствующих способов переработки, на пищевые цели не используется ежегодно около 40 млн. т водных биологических ресурсов — рыб, беспозвоночных и водорослей. В последнее время развивается направление, связанное с разработкой пищевых продуктов с направленным изменением состава и свойств, а также заданной структурой, при этом обогащённых всеми необходимыми веществами - белками, витаминами, минеральными веществами и пищевыми волокнами [36, 117].

Продукты заданного состава и структуры служат дополнением к традиционным пищевым продуктам и характеризуются определенными органолептическими, физико-химическими, функционально-технологическими и структурно-механическим свойствами. Производство таких продуктов обусловлено развитием фундаментальной науки и техники, изменениями сырьевой базы, необходимостью обновления ассортимента, создания диетических и профилактических продуктов питания, комплексного использования сырья. Продукты заданного состава и структуры имеют ряд преимуществ в сравнении с традиционными. В их производстве используют новые источники сырья, они более стабильны при хранении и удобны для реализации в розничной торговле. По качественным показателям эти

продукты часто превосходят натуральные. Их производство частично решает проблему обеспечения населения дорогими натуральными продуктами, например, икрой, мясом лососевых, краба, омара, гребешка и др. [6, 7, 25, 36, 58, 84, 134].

### **1.1 Структура пищевых продуктов, возможности её формирования**

При разработке нового пищевого продукта используют как минимум два направления. Первое направление – это производство продукции, критериями качества которой являются свойства уже существующих для населения продуктов питания, а именно создание их аналогов, обладающих высокими качественными показателями. Ко второму направлению относится разработка продуктов, имеющих новые свойства, а также состав. Данные продукты в основном предназначены для лечебно-профилактического и диетического питания [33, 58].

В основном во всех пищевых продуктах наблюдается высокое содержание влаги, которое колеблется в пределах 55-85 %, а в некоторых продуктах ее массовая доля может достигать 95 %. Однако за счет особого внутреннего строения и свойств компонентов, данные продукты обладают определенной формой и структурой. Придание пищевым изделиям в процессе производства заданной формы и структуры является одной из основных задач технологии пищевых продуктов [33, 58, 97].

Существующие структурированные системы, согласно академику П. А. Робиндеру, классифицируются на три основных типа: коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные. Структурированные системы имеют сплошной пространственный каркас, образующийся в результате соприкосновения дисперсных частиц при определенной концентрации, что способствует проявлению сил взаимодействия, которые характеризуют его прочность и строение.



Коагуляционные структуры образуются путём сплетения дисперсных частиц через тончайшие остаточные прослойки свободной или адсорбционно-связанной с ними дисперсной среды. Конденсационные структуры при данной степени заполнения объема обладают наибольшей степенью прочности и образуются из коагуляционных при практически полном удалении жидкой фазы и срастании частиц. В процессе образования конденсационной структуры прочность ее постепенно возрастает до постоянной величины. Кристаллизационная структура образуется из раствора при повышении концентрации или охлаждении путём срастания частиц или молекул при активном химическом взаимодействии. В начале процесса увеличивается их прочность, в конце эти структуры приходят к неустойчивому состоянию с наличием внутреннего напряжения. Конденсационные и кристаллизационные структуры после разрушения не восстанавливаются и являются скорее твердыми, чем пластичными [33, 97].

Данная классификация способна объединить продукты как с нативной (природной) структурой (плоды, овощи, молоко, мясо, рыба), так и со структурой, которая образуется в результате технологической обработки. В последнем случае к ним относятся различные виды фарша, желе, пудинги и др. Также различают следующие типы микро- и макроструктуры: гомогенные, пористые, волокнистые, игольчатые, слоистые и смешанные. Тип структуры и механические свойства пищевых продуктов определяют их консистенцию. Консистенция является одной из наиболее сложных сенсорных характеристик пищевых продуктов. Структуру продукта оценивают по органолептическим показателям, к которым относятся однородность, пористость, шероховатость, мягкость, твердость, тягучесть, рыхлость, густота, липкость и хрупкость продукта, а также геометрическое положение продукта в пространстве и дисперсность составляющих его частиц и реологическим показателям, в частности эластичность, вязкость, упругость, прочность и др. [22, 33, 58, 97].

Пищевые продукты с искусственной структурой подразделяются на структурированные (аналоговые), формованные и эмульсионные.

Структурообразование в структурированных продуктах происходит за счет белковых волокон, которые являются структурным элементом и компонуется связующим веществом в изделие заданной формы. Разработка технологии аналоговой или структурированной продукции требует изучения закономерностей, определяющих фазовое состояние и молекулярные взаимодействия в многокомпонентных системах, процессов формирования структуры, разработки рецептур и показателей качества пищевых продуктов новых форм. Результатом должно стать получение полноценных в пищевом отношении продуктов, т.е. отвечающих современным представлениям о рациональном питании и одновременно не уступающим традиционным пищевым продуктам по внешнему виду, консистенции и вкусу.

Технология структурированной и аналоговой продукции позволяет рационально использовать нетрадиционное сырье для имитации многих деликатесных продуктов, таких как икра осетровых и лососевых рыб, мясо крабов, морского гребешка, креветок и др. [36, 103, 157].

При производстве формованных продуктов главная роль уделяется гелеобразующей способности системы, например, фарша сурими с различными добавками. В технологии получения формованных изделий, в частности, рыбных продуктов, используют грубо или тонко измельченную пищевую массу с дальнейшим приданием ей желаемой формы. К ним относятся и желированные продукты, гелеобразующая система которых может состоять из одного или двух структурообразователей.

В случае эмульсионных продуктов, система тонкодисперсная с высокой вязкостью и устойчивостью, состоящая из водной и жировой фазы, причем одна из них остается непрерывной. Устойчивость эмульсии может придать только третий компонент - стабилизатор или эмульгатор. Роль эмульгатора в образовании устойчивой эмульсии заключается, во-первых, в том, что он адсорбируется на границе раздела фаз и снижает межфазовое поверхностное

натяжение, тем самым выполняя роль поверхностно-активного вещества. Во-вторых, эмульгаторы, концентрируясь на поверхности капелек дисперсной фазы, образуют механически прочный слой (пленку). Кроме основных составляющих компонентов в эмульсионные продукты могут входить вещества белковой, углеводной и минеральной природы, а также витамины, пищевые волокна и красители. Как правило, эти системы имеют коагуляционную структуру и способны к тиксотропии, т.е. после их разрушения в результате какого-либо механического воздействия – самопроизвольно восстанавливаются [30, 33, 36, 58].

Одним из примеров структурированных продуктов являются аналоги крабового мяса, лососины, мускула гребешка, мяса говядины, ценных видов рыб, белковая икра. К формованным продуктам относятся колбасы, сосиски, рулеты, фаршевые кулинарные изделия (котлеты, биточки, шницеля), гранулированные или экструдированные сухие смеси (крупка из фарша минтая, соломка, чипсы) и другие. Эмульсионные системы и продукты — это молоко, сливки, сливочное масло, сметана, майонезы и соусы.

Ассортимент рыбных продуктов с искусственной структурой разнообразен по рецептуре, внешнему виду, способам термической обработки и т.д. Такие структурированные продукты, как котлеты, рыбные палочки, рулеты, биточки, фрикадельки и другие, выпускаются в готовом к употреблению виде после соответствующей тепловой обработки или в виде замороженных полуфабрикатов.

В последнее время существует большое количество способов и технологий получения различных продуктов с заданной и регулируемой структурой.

Котлеты, биточки, рыбные палочки, рулеты изготавливают из свежеприготовленного мясного или рыбного фарша, стабилизированного или не стабилизированного, хранящегося в замороженном виде.

Приготовленную фаршевую массу формируют при помощи специальных формовочных аппаратов или вручную, замораживают и хранят как

полуфабрикат или подвергают тепловой обработки после предварительной панировки, а затем замораживают.

Технология производства рыбных колбасных изделий практически не отличается от технологии производства мясных колбасных изделий. Для придания соответствующих структурно-механических свойств в колбасную массу добавляют говядину или свинину, а часть рыбного фарша может быть заменена соевым белком или рыбной белковой пастой [129].

Своеобразными формованными продуктами, которые на протяжении веков остаются национальными японскими блюдами, являются продукты типа камабоко, чикува и им подобные. Для приготовления камабоко используют промытый фарш (сурими) из мышечной ткани минтая, который смешивают с крахмалосодержащими продуктами, специями, пряностями, формуют, отваривают или обжаривают. Из фарша сурими в Японии вырабатывают около 500 видов камабоко [10, 30, 36, 41, 51].

Из аналоговой продукции российскому потребителю наиболее известны крабовые палочки. Процесс формования крабовых палочек основан на термопластической экструзии. Приготовленную пасту экструдировать в виде пласта на ленту транспортера. Пласт подвергают термической обработке в три этапа: прогревание горячим воздухом при 64...68 °С, нагрев в паровой камере и повторный нагрев при 66...70 °С горячим воздухом. Затем пласт нарезают на полосы шириной 1,3...1,7 мм и закручивают в виде рулона диаметром 0,6...2,5 см. Рулон покрывают пленкой с красителем, на внутреннюю сторону которой нанесен слой рыбной пасты, выполняющей роль связующего компонента. Затем рулон, завернутый в пленку, нарезают на куски желаемой длины, еще раз проваривают паром, охлаждают и упаковывают [7, 36].

Технология майонезов и соусов на основе рыбных бульонов, получаемых из отходов от разделки рыбы, разработана в Дальрыбвтузе. При варке отходов в бульон переходят желатиноподобные вещества, липиды, макро- и микроэлементы. Установлено, что поверхностная активность рыбных

бульонов зависит от содержания в них сухих веществ: с увеличением содержания последних, повышаются вязкость, плотность бульонов, а также стабильность эмульсий, полученных на их основе [7, 36, 41].

Также существует способ получения структурированных студнеобразных продуктов из фарша морских гидробионтов и теплокровных животных, путем его замораживания, выдержки в течение 48 ч и с последующим размораживанием. С целью улучшения качества и сохранения питательной ценности структурированных продуктов, имитирующих изделия из натуральных рыбы и мяса, перед замораживанием фарш обрабатывают восстанавливающим дисульфидные связи агентом, при соотношении восстанавливающий агент и дисульфидные группы 1:1 (моль/моль) с последующим удалением избытка восстанавливающего агента [2].

Известны способы получения структурированных продуктов (крабовые палочки, имитированный гребешок, мясо омара и т.д.), которые имитируют деликатесные морепродукты. Компоненты рецептуры позволяют добиться схожести структуры, внешнего вида, вкуса и запаха натурального продукта [59].

Т.М. Бойцовой разработан способ получения сбалансированного пищевого продукта, который может быть использован при производстве структурированных пищевых продуктов на основе рыбного фарша сурими. В данном способе получают фаршевую смесь на основе рыбного фарша сурими, из которой формируют оболочку, а внутрь помещают начинку, обеспечивающую готовому продукту сбалансированность пищевого состава по питательной ценности. В качестве начинки берут один из следующих пищевых продуктов: вареное куриное яйцо, фарш говядины, измельченный кальмар, икру лососевых рыб, фарш лососевых рыб и др., имеющих избыток незаменимых аминокислот. Соотношение оболочка и начинка составляет 52-62:38-48. Затем сформированный продукт подвергают термообработке. Формирование оболочки из фаршевой массы, кроме повышения пищевой ценности, позволит исключить применение искусственных оболочек и

создать более экологичное и экономичное производство. Начинка повышает или регулирует содержание незаменимых аминокислот в формованном продукте, что позволяет получить продукт, сбалансированный по аминокислотному составу, с заданными органолептическими характеристиками и биологической ценностью [123, 124].

Также существует способ производства мясных рулетов, разработанный С.В. Снисаренко и др., предусматривающий посол мясного сырья, свертывание в рулон, упаковку в оболочку и термообработку. В качестве мясного сырья используют средние части подсвинков в шкуре, без костей в форме прямоугольников. Перед свертыванием на мясное сырье наносят прослойку из смеси свиной шкурки и моркови, сырых и измельченных, взятых в соотношении 1:1,0-33. При этом масса прослойки составляет предпочтительно 5-21 % массы несоленого мясного сырья [3].

Имеется технология получения рыбных рулетов «Элитный» с использованием филе горбуши. Способ производства рыбного рулета «Элитный» предусматривает подготовку рыбного фарша, в состав которого входят филе горбуши, лук репчатый и соевый изолят. Предварительно ведут отваривание вкрутую и очистку от скорлупы перепелиного яйца, бланширование и нарезку моркови мелким кубиком, освобождение перца болгарского от семенной коробки и нарезку кубиком [124].

Мясо горбуши достаточно нежное. Кроме того, фарш из горбуши обладает высокой структурообразующей и влагоудерживающей способностью. Использование перепелиного яйца позволяет обогатить химический состав и свойства продукта, поскольку перепелиные яйца не имеют холестерина. Они богаты ненасыщенными жирными кислотами, тормозящими развитие атеросклероза. Введение в состав начинки растительных компонентов (болгарского перца, каперсов, моркови) способствует обогащению готовой продукции углеводами, растительным белком, каротиноидами, витаминами С, Е, В1, В2, РР, К, фитонцидами, а также макро- и микроэлементами [7, 41, 53, 124].

Получение устойчивых пищевых систем, обладающих высокими качественными показателями и при этом способных соответствовать органолептическим требованиям потребителя, – довольно сложная задача, поэтому одновременно с термопластической экструзией, криоструктурированием, формованием, гранулированием, таблетированием и т.д. применяют различные структурообразователи. Это – вещества, при использовании которых продукт приобретает нужную форму и консистенцию [33, 58, 103, 129]. Одними из таких структурообразователей являются коллагеновые и коллагенсодержащие добавки, широко используемые в пищевой промышленности для получения различных продуктов пищевого назначения.

## **1.2 Рыбное коллагенсодержащее сырьё и перспективы его использования в пищевой промышленности**

Перед перерабатывающей промышленностью стоят задачи повышения эффективности использования сырья, сокращения отходов производства, расширения ассортимента и улучшения качества выпускаемой продукции. Поэтому в ближайшее время особое развитие получают ресурсосберегающие технологии, которые позволят максимально использовать природное сырьё. К одному из таких сырьевых источников относится рыбное коллагенсодержащее сырьё, которое не рационально используется в нашей стране [6, 11, 12, 13, 14, 54, 88, 139, 142, 161].

Коллагенсодержащее сырьё представляет собой в основном соединительную ткань, состоящую из клеток, межклеточного вещества и волокон коллагенового характера; кроме этого, она содержит незначительное количество эластиновых и ретикулиновых волокон, а также проходящие кровеносные сосуды. Соединительная ткань обеспечивает прочность внешних и внутренних структур животного организма, она богата ценными минеральными веществами, содержит в достаточном количестве аминокислоты, физиологически активные вещества [6, 16, 18, 19, 37, 40, 44,

94, 108, 128]. Одним из источников коллагена являются вторичные отходы рыбного производства, прежде всего, кожа рыб.

Рыба является одним из сырьевых ресурсов предприятий, занимающихся переработкой водных биологических ресурсов. Рыба обладает широким разнообразием видов, но за счет сходности строения организмов ее различных видов при переработке отходами являются сходные части тела в виде плавников, чешуи и кожи [6, 7, 38, 51, 142].

Процентное содержание коллагенсодержащего сырья рыб выглядит следующим образом: кожа – 2,0-12,6 % всей массы рыбы; плавники – 0,8-8,0 %, плавательные пузыри – 0,4-11,4 %, чешуя – 0,8-6,0 %, кости – 9,0-19 %, вязига осетра-7,6-10,2 % (табл. 1) [11, 13, 37, 38, 84, 88, 129, 146, 161].

Таблиц 1 – Содержание коллагена в различных тканях рыб, % [128]

Рыба	Мышцы	Кожа	Плавники	Хребтовая кость
Камбала	0,55 – 1,78	16,10 – 17,71	6,88 – 9,77	4,44 – 5,94
	8,67 – 9,47	56,69 – 62,21	28,23 – 30,52	16,63 – 19,76
Треска	2,94 – 3,27	13,49 – 13,93	9,49 – 10,82	7,63 – 8,49
	15,12 – 15,84	51,27 – 53,80	35,72 – 35,80	22,80 – 23,63
Навага	1,05 – 1,50	14,10 – 15,93	8,82 – 8,99	6,94 – 7,28
	5,15 – 5,39	49,08 – 53,80	26,53 – 27,55	20,17 – 23,34
Минтай	3,00 – 4,38	19,70 – 20,09	10,32 – 10,98	3,89 – 5,02
	22,69 – 23,59	65,41 – 66,70	37,53 – 39,91	19,91 – 22,30

Примечание. В числителе – пределы колебаний во влажном материале, в знаменателе – то же в пересчете на сухое вещество

При глубокой разделке рыбного сырья превалирует выход коллагенсодержащих отходов (кожа, чешуя, кости, плавники), варьирующийся от 38,0 до 58,0 % в зависимости от видового состава сырья. Среди них на кожу приходится 2-7 % общей массы рыбы [95, 101, 120].

По количеству основных пищевых веществ, а именно белка, жира и золы, кожа рыб приближается к мышечной ткани рыб [120]. В коже рыб содержится большое количество азотсодержащих веществ, в основном коллагена (85-90 % общего содержания азотистых веществ). При этом в коже океанических и морских рыб содержание коллагена составляет 9,6-17,1 %, а эластина – 2,3-4,0 %, что соответствует 35-54,4 % и 8,6-12,7 % в пересчете на



сухое вещество. Известно использование кожи некоторых рыб в качестве кожевенного сырья. При обосновании рационального использования вторичных коллагеносодержащих продуктов (отходов от разделки рыбы) на пищевые цели установлено, что целесообразно использовать кожу рыб, как источник сырья для получения коллагеновых покрытий и добавок, применяемых в технологии формованных фаршевых рыбных изделий [1, 11, 37, 54, 64, 103, 117, 120].

Особенности свойств тканей некоторых видов рыб используются в различных отраслях промышленности [36, 84, 88, 153, 156, 102]. Для улучшения качественных характеристик и функционально – технологических свойств рыбного коллагеносодержащего сырья применяют различные биохимические способы его обработки, которые позволяют получить продукт с высокими качественными показателями.

Коллагеновый белок, а также продукты его гидролиза обширно используются в пищевой промышленности при производстве желатина, в качестве структурообразующего агента в заливках для консервов и рыбных фаршей, формованных рыбных изделий, при производстве искусственной икры, бульонов, студней, соусов и в качестве добавки в хлебопекарном и кондитерском производствах.

Очищенные коллагеновые субстанции и дисперсии из соединительнотканых отходов выступают как компоненты для получения ряда полезных продуктов различного назначения, включая пищевые добавки [20, 153, 155], пленки, покрытия [159], съедобные колбасные оболочки [40, 106], шовные хирургические материалы и трансплантанты, пролонгаторы основных лекарственных форм, биологически активные ингредиенты в составе косметических и гигиенических средств. Кроме того, коллагеновые субстанции широко применяются при производстве продуктов для геродиетического питания [20, 40, 106, 145, 149, 150, 154, 158].

В коллагеновые субстанции и дисперсии можно внедрять различные микро- и макронутриенты, в результате чего они будут меньше подвергаться

разрушению после термической обработки. Возможно использование кальция, магния, цинка, селена, железа, аскорбиновой кислоты и т. д. В итоге мы получаем продукт, обогащенный ценными эссенциальными элементами [40, 106].

Также на основе вторичного коллагенсодержащего сырья вырабатываются съедобные оболочки и покрытия для продуктов. Сырые полуфабрикаты (зразы, биточки, фрикадельки) обрабатываются коллагеновой дисперсией методом погружения, которая застывает и образует пленку. Образовавшаяся пленка улучшает внешний вид, форму продукта, а после термической обработки способствует усилению цвета, повышению сочности и выхода изделий [20, 40, 23, 128, 159].

Производство белковых препаратов на основе коллагенсодержащего сырья является одним из перспективных направлений рационального использования животных тканей с высоким содержанием соединительнотканых белков, среди которых особое значения имеет коллаген. Коллаген обладает высокой гидратацией, прекрасными эмульгирующими и стабилизирующими свойствами и с успехом может применяться в качестве структурообразователя и стабилизатора с целью улучшения качества в продуктах из сырья с низкими показателями функционально-технологических и структурно-механических свойств [36, 40, 55, 154].

Установлено, что гидролизаты и препараты на основе коллагена обладают выраженными антитоксическими свойствами, поэтому их можно применять в качестве патогенетических средств для парентерального белкового питания в ветеринарии и медицине. Коллагенсодержащие гидролизаты в продуктах для парентерального питания используют для улучшения питательной ценности продукта, уменьшения вязкости пищевой массы, улучшения эмульсионных свойств белков, предотвращения их нежелательных взаимодействий с другими компонентами, улучшения вкуса и запаха. В медицинской практике коллагенсодержащие гидролизаты применяются также при заболеваниях, сопровождающихся нарушением

функции центральной нервной системы, при ожогах, вяло гранулирующих ранах, лучевой болезни, а также в качестве средств, повышающих иммунитет. Ферментативные гидролизаты коллагена нашли применение в качестве питательных сред в микробиологии и в производстве вакцин [11-20, 36, 37, 40, 92, 93, 100, 106, 107].

Тот факт, что концентраты белков из сырья животного происхождения не получили такого же широкого распространения, как их растительные аналоги, объясняется многими причинами. Одной из них является недостаточная информированность отдельных пищевых предприятий об особенностях технологии использования животных белков при производстве тех или иных продуктов питания. Можно отметить, что белковые гидролизаты позволяют в какой-то мере решить проблему разработки безотходной и малоотходной технологии переработки рыбного сырья, расширить возможности использования сырья на пищевые цели, а также получить препараты различного применения, в том числе лечебно-профилактического [27, 117, 140, 151, 159].

В последнее время большое внимание уделяется коже рыб, как сырью для получения структурообразующих веществ и белковых гидролизатов, что обусловлено высоким содержанием коллагена, который используется в производстве структурированных, формованных и эмульсионных пищевых продуктов [37, 52, 36, 88, 89, 156]. В связи с этим представляется рациональным использовать рыбное коллагенсодержащее сырьё для получения натуральных структурообразователей, биологически активных добавок, а также как основу для лечебно-профилактических и специализированных пищевых продуктов [9, 13, 37, 88, 134, 151, 153, 164].

### **1.2.1 Основные сведения о строении и свойствах коллагена**

Коллаген относится к фибриллярным белкам и является основным структурным элементом межклеточного матрикса и входит в состав

соединительной ткани кожи, костей, хрящей, сухожилий, кровеносных сосудов. На его долю приходится 25 – 35 % от общего количества белка в организме, т.е. 6 % массы тела. В разных тканях преобладают разные типы коллагена, а это, в свою очередь, определяется той ролью, которую он играет в конкретном органе или ткани [11, 14, 26, 37, 55, 89, 180]. Например, в пластинчатой костной ткани, из которой построено большинство плоских и трубчатых костей скелета, коллагеновые волокна имеют строго ориентированное направление: продольное – в центральной части пластинок, поперечное и под углом – в периферической. Это способствует тому, что даже при расслоении пластинок фибриллы одной пластинки могут продолжаться в соседней, создавая, таким образом, единую волокнистую структуру кости [6, 140, 168, 176].

Коллаген представляет собой белок, образованной правозакрученной тройной спиралью из трех полипептидных  $\alpha$ - цепей ( $\alpha$ -1,  $\alpha$ -2,  $\alpha$ -3) внеклеточного матрикса (Рис. 1). Каждая цепь состоит из тысячи аминокислот на основе Гли-Х-У последовательности, Х и У положения чаще всего встречаются в пролине и оксипролине (молекулярная масса 360,0 кДа). Межцепочечная водородная связь между глицином и амидными группами в смежной цепи является ключевым фактором в стабилизации тройной спирали коллагена. Он является гидрофильным белком из-за большого содержания кислотных, основных и гидроксильных аминокислотных остатков, по сравнению с липофильными [173, 166, 168, 180, 186].

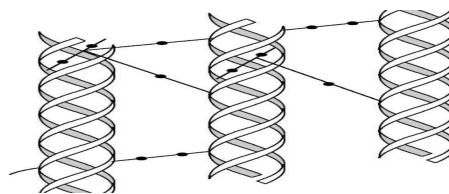


Рисунок 1 – Строения коллагена [141]

Массовая доля коллагена в тканях и органах различных животных отличается и зависит от вида места их обитания. Наибольшее содержание данного белка сосредоточено в плотной соединительной ткани, а именно в

шкурах, костях, хрящах, сухожилиях и кишечнике. В коже свиньи массовая доля коллагена от общего белка составляет 65 %, в коже крупного рогатого скота – 80 %, в коже человека – 71 %, в коже морских млекопитающих – свыше 80 %, а в коже рыб – 50-60 %.

**Особенности коллагена из кожи рыб.** Одним из видов коллагена является рыбный коллаген, который в основном получают из их кожи. Он, как и коллаген млекопитающих, участвует в структурообразование тканей организма. Коллаген 1 типа был обнаружен в качестве основного коллагена в коже, кости и плавниках различных видов рыб. Физические и химические свойства коллагена различаются в зависимости от типа ткани, такой как кожа, плавательный пузырь и мышцы. Рыбный коллаген чувствителен к нагреву из-за неустойчивых поперечных связей, по сравнению с коллагеном млекопитающих; содержания гидроксипролина в нем ниже и колеблется от 4-10 %. Тем не менее различные виды рыб содержат различные количества коллагена в тканях тела, это отражается на поведении в бассейне и влияет на структурные характеристики мышечной ткани рыб. Рыбный коллаген, как было установлено, состоит двух вариантов  $\alpha$  – цепей – а  $\alpha$ -1 и  $\alpha$ -2 и одной  $\beta$  – цепи, которые, имеют примерные молекулярные массы 132,0, 120,0 и 220,0 кДа [11, 12, 13, 37, 168, 173].

Большой интерес представляет аминокислотный состав коллагена (табл. 2) [18, 19, 106, 168, 169, 171, 186]. Коллаген из кожи рыб широко варьируется в аминокислотном составе. В частности, уровень аминокислот (пролина и гидроксипролина) значительно различается среди разных видов рыб. Количество аминокислоты гидроксипролин, в частности, зависит от температуры окружающей среды, в которой обитает рыба, и это влияет на термостабильность коллагена и желатина. Коллаген, полученный из кожи рыб, живущих в холодных условиях, имеет более низкое содержание гидроксипролина и обладает более низкой термической стабильностью, чем коллаген кожи рыбы, обитающей в теплых условиях. Это происходит из-за участия гидроксипролина в формировании цепочки водородных связей,

которые стабилизируют тройную спиральную структуру коллагена [11, 37, 168, 173, 174, 176, 180, 188, 189, 190].

Таблица 2 – Аминокислотный состав коллаген из кожи различных рыб [188, 189, 190]

Аминокислоты	Содержание, г/100 г белка		
	кожа семги	кожа карпа	кожа тилапии
Лизин	5,66	2,80	3,00
Гистидин	1,61	0,50	1,01
Аргинин	6,08	5,50	8,36
Аспартовая кислота	7,29	4,90	5,82
Треонин	2,53	2,40	2,80
Серин	4,23	3,50	3,28
Глутаминовая кислота	12,22	7,60	9,36
Пролин	9,79	11,40	11,36
Триптофан	-	-	-
Цистеин	0,10	-	-
Глицин	23,77	33,20	25,32
Аланин	6,59	11,80	10,35
Валин	2,94	1,90	1,83
Метионин	0,03	1,40	1,25
Изолейцин	2,57	1,00	1,00
Лейцин	4,64	2,20	2,65
Тирозин	0,03	0,30	0,38
Фенилаланин	2,51	1,30	1,85
Гидроксипролин	7,51	7,60	8,44
Гидроксилизин	0,95	0,70	1,94

Из таблицы 2 видно, что аминокислотный состав коллагена характеризуется обязательным присутствием оксипролина, являющегося особенностью соединительной ткани рыб, и отсутствием триптофана, являющегося неотъемлемой частью мышечной ткани животных и рыб. Глицин, пролин и гидроксипролин являются наиболее важными аминокислотами в коллагене, которые составляют 50 % от общего содержания аминокислот в белке. Содержания пролина и гидроксипролина особенно важно для желирующего эффекта. Между тем, гидроксипролин играет особую роль в стабилизации тройной спирали коллагена из-за его способности связывать водород через –ОН- группу. Также по количеству оксипролина рассчитывают содержание коллагена в любом организме, этим пользуются в биохимии для его распознавания в различных тканях и органах [106, 168, 169, 162, 186].

Белковая молекула коллагена является сложной, достаточно стабильной биологической структурой.

Рыбный коллаген более идентичен человеческому (на 96 %), чем животный, что позволяет ему эффективнее усваиваться в организме. Данный вид коллагена обладает абсорбирующими и восстанавливающими свойствами, благодаря чему он широко используется в качестве компонента различных фармацевтических и косметологических препаратов [11, 12, 15, 37, 89, 94].

### Полиморфизм коллагена.

Коллаген - ярко выраженный полиморфный белок, что объясняется особенностями тканей организма животных и рыб. По морфологическим признакам коллаген принято разделять на 19 типов (таблица 3), которые в свою очередь объединяются в 4 основные группы (рисунок 2), отличающиеся друг от друга первичной структурой пептидных цепочек, функциями и локализацией в организме.

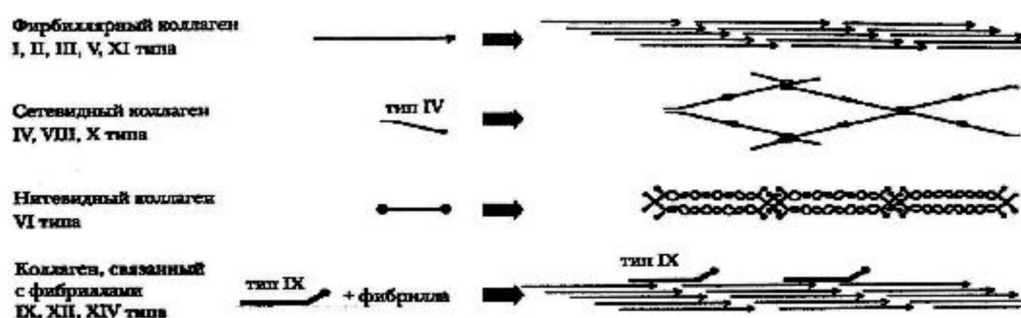


Рисунок 2 – Агрегация различных групп коллагена [141, 145]

Каждый тип коллагена имеет свой особый аминокислотный состав и выполняет особую роль в тканях. Для обозначения каждого типа коллагена пользуются определённой формулой, в которой тип коллагена записывается римской цифрой в скобках, а для обозначения  $\alpha$ -цепей используют арабские цифры: например, коллагены II и III типа образованы идентичными  $\alpha$ -цепями, их формулы, соответственно  $[\alpha 1(\text{II})]_3$  и  $[\alpha 1(\text{III})]_3$ . Коллаген I, II и III типа являются наиболее распространенными в тканях организмов. Значительное содержание именно этих типов коллагена объясняется тем, что

они являются основными структурными компонентами органов и тканей, которые испытывают постоянную или периодическую механическую нагрузку (кости, хрящи, сухожилия, межпозвоночные диски, кровеносные сосуды), а также участвуют в образовании стромы паренхиматозных органов. Поэтому коллагены I, II и III типов часто называют интерстициальными [13, 14, 37, 89, 106, 141, 168, 177, 184].

Таблица 3 – Типы и группы коллагена [18, 19, 20, 40, 106, 141, 151]

Типы коллагена	Группы	Ткани и органы
I	Фибриллярный Коллаген	Плотная соединительная ткань кожи, сухожилий, костная ткань, печень
II		Хрящевая ткань, межпозвоночные диски
III		Стенки артерий, строма паренхиматозных органов
IV	Сетевидный коллаген	Базальные мембраны
V	Фибриллярный Коллаген	Минорный компонент тканей, содержащих коллаген I и II типов (кожа, кости, хрящи, межпозвоночные диски)
VI	Нитевидный коллаген(микрофибрилы)	Хрящевая ткань, стенки кровеносных сосудов, соединительная ткань кожи и связок, легкие, почки
VII		Соединительная ткань кожи, стенки пищевода
VIII		Роговица, стенки кровеносных сосудов
IX	Связанные с фибриллами коллагены	Ткани, содержащие коллаген II типа (хрящи, межпозвоночные диски, стекловидное тело)
X	Сетевидный коллаген	Хрящи (гипертрофированные)
XI	Фибриллярный Коллаген	Ткани, содержащие коллаген II типа (хрящевая, межпозвоночные диски, стекловидное тело)
XII		Ткани, содержащие коллаген I типа (плотная соединительная ткань кожи и сухожилия, костная ткань и др.)
XIII	Сетевидный коллаген	Многие ткани
XIV	Связанные с фибриллами коллагены	Ткани, содержащие коллаген I типа (плотная соединительная ткань кожи и сухожилия, костная ткань и др.)
XV	Нитевидный коллаген(микрофибрилы)	Многие ткани
XVI	Связанные с фибриллами коллагены	Многие ткани
XVII	Нитевидный коллаген(микрофибрилы)	Гемидесмосомы кожи
XVIII		Многие ткани, например, печень, почки
XIX	Связанные с фибриллами коллагены	Клетки рабдомиосаркомы



Вышеперечисленная классификация коллагена охватывает не все его типы. Для многих из нерассмотренных типов коллагена известна только последовательность аминокислот, а структура неизвестна [40, 89, 106, 140, 177, 184].

Коллаген трудно расщепляется пищеварительными ферментами, также в нем отсутствует аминокислота триптофан, именно поэтому он классифицируется, как не полноценный белок. Интерес к данному белку соединительной ткани вызван вследствие того, что он способен проявлять свойства пищевых волокон, за счет чего позволяет улучшить моторику желудочно-кишечного тракта и защитить организм человека от вредных факторов окружающей среды [12, 14, 54, 60, 92, 93, 114, 134].

### **1.2.2 Способы обработки коллагенсодержащего сырья**

В настоящее время для направленного расщепления пептидных и межмолекулярных связей коллагена существуют различные способы обработки сырья с высоким его содержанием. При этом нерастворимый коллаген частично или полностью переходит в диспергированное состояние.

В целях улучшения функционально-технологических свойств (набухаемость, влагосвязывающая способность, эмульгирующая способность, переваримость и т.п.) этого вида сырья, как в России, так и за рубежом предложены различные способы воздействия, что, в свою очередь, способствует повышению качества готовых рыбной и мясных продуктов [11-13, 17, 33, 34, 37, 54, 92, 100, 106, 149, 162, 155, 166-177, 179, 180, 184, 185]. Для достижения требуемого технологического эффекта используют следующие методы: варку в воде, бульонах, растворах специй, молоке или молочной сыворотке, обработку слабыми растворами органических кислот (уксусной, аскорбиновой), раствором пероксида водорода [100, 155]. Как следствие, в результате этих воздействий происходит разрыхление волокнистой структуры коллагена, удаление сопутствующих веществ,

дезагрегация и дезинтеграция структурных элементов и разрыв межцепных связей.

Предварительная обработка коллагенсодержащего сырья имеет своей целью диспергирование коллагеновых волокон с сохранением трехспиральной структуры молекул, что позволит в дальнейшем получить фрагменты волокна. Препараты обработки коллагенсодержащего сырья, полученные в результате такого воздействия, в корне отличаются от продуктов денатурации коллагена, таких как желатин или клей.

#### **А) Химическая обработка**

Воздействие электролитов кислого или основного характера влияет на изменение структуры и свойств коллагена, вызывая, в первую очередь, сильное анизотропное набухание, сопровождающееся поглощением влаги и увеличением массы образца. Действие кислот (щелочей) на коллаген сопровождается следующими превращениями: взаимодействие с аминными и карбоксильными группами белка; разрыв водородных внутри- и межцепных связей; разрушение ковалентных внутрицепных связей в первичной структуре с образованием свободных концевых групп  $-C-$  и  $-N-$ ; разрушение внутри- и межмолекулярных ковалентных связей в третичной и четвертичной структурах. Степень воздействия на коллаген, оказываемая электролитами, зависит от присутствия в его структуре основных и кислых групп боковых цепей и, кроме того, от концентраций кислоты или щелочи, величины жидкостного коэффициента, сродства реагента к белку, длительности воздействия, температуры [8, 90, 115].

Механизм реакции электролита с коллагеном следующий. При воздействии того или иного электролита в белке возникает избыточный одноименный (положительный или отрицательный) заряд, что способствует возникновению одноименных электролитических сил отталкивания – разрыхляется структура белка, полипептидные цепи раздвигаются и между ними проникают молекулы воды. Обводненность белка увеличивается. Это состояние обозначается термином «нажор». Общая обводненность в

состоянии «нажора» достигает 400 г на 100 г сухого коллагена [89, 90, 167]. Добавление нейтральных солей к раствору кислот может способствовать устранению «нажора» и в то же время изменять равновесие кислоты и белка.

Поглощение поверхностными слоями волокон кислоты из раствора происходит быстрее, чем распределение ее в образце. Благодаря тому, что кислота образует с коллагеном легко гидролизуемое соединение, а соль фиксируется намного слабее, при погружении нейтрализованных образцов в воду соль из нее удаляется быстрее, чем кислота. Во избежание нажора из коллагена удаляют кислоту промыванием в растворе соли, а уже затем промывают водой для удаления последней [89, 159, 172, 179].

Особенность действия щелочей – это дезаминирование белка. Длительное воздействие приводит к значительным потерям амидного азота и освобождению карбоксильных групп. В результате изоэлектрическая точка коллагена сдвигается в кислую сторону.

При щелочной обработке в первую очередь разрушаются пептидные связи фенилаланина, серина, треонина, глицина, аспаргиновой и глутаминовой кислот. В это время происходит деполимеризация белковых молекул, разрушаются межмолекулярные поперечные связи. Высокополимеризованный коллаген превращается в форму, в которой существует тропоколлаген и продукты его расщепления, легко растворяющиеся в воде при нагревании или под действием других денатурирующих агентов.

Нейтральные соли при их введении в систему уменьшают, но не устраняют щелочной «нажор». Его полное устранение достигается лишь в отдельных случаях. При этом происходит медленное, дополнительное увеличение массы в результате необратимого разрушения микроструктурных связей. Действие на коллаген растворов солей зависит от вида соли, характера взаимодействия и способности влиять на набухание. В соответствии с этими предпосылками соли делят на: вызывающие сильное набухание; не оказывающие влияния на белок; обладающие обезвоживающим действием.

Изучение влияния электролитов различной природы на структуру белка дало возможность решить вопрос о способах разрыхления его структуры и удаления сопутствующих неколлагеновых белков в результате воздействия растворов щелочи и соли. Эта обработка способствует переводу коллагена в молекулярно-диспергированное состояние под действием органических кислот и подготавливает белок к получению желатина или продуктов частичного гидролиза.

Существует метод [92], согласно которому обработку коллагенсодержащего сырья проводят 1-7 % раствором щелочи в присутствии перекиси водорода в течение от 10 часов до 7 сут. Другой метод [161] заключается в двухстадийной обработке коллагенсодержащего сырья: на первой стадии – гидроксидом натрия (NaOH) и хлоридом натрия (NaCl); на второй стадии – соляной кислотой (HCl). После каждой стадии сырье промывается раствором NaCl. В результате такого воздействия происходит разрыхление волокнистой структуры коллагена, удаление сопутствующих веществ и разрыв межцепных связей. Проведенные в дальнейшем исследования влияния щелочно-солевой обработки на изменение структуры коллагена подтвердили представление о разрыхляющем действии щелочи, приводящем к разрушению основного цементирующего вещества белка (кислых глюкозаминогликанов), дезорганизации и дезинтеграции структурных элементов коллагена, и разрушению межцепных связей.

Для обработки коллагенсодержащих тканей с целью выделения волокон можно использовать хлорид натрия и соляную кислоту [92]. Предварительно сырье освобождается от прирезей мяса и жировой фракции. Очистка от неколлагеновых протеинов осуществляется вымачиванием в растворе ацетата натрия, хлорида калия или в растворе белой извести.

Известен способ [92], согласно которому обработку сырья с высоким содержанием белков коллагена и эластина осуществляют при 15-17°C в течение 23-25 мин сжатым диоксидом углерода при давлении 3-5 МПа,

благодаря чему добиваются улучшения реологических свойств и снижение кислотности продукта.

Для улучшения функционально-технологических свойств (в частности, размягчения и повышения водоудерживающей способности) низкосортного сырья прибегают также к использованию масложировых комплексов с поликарбонатом моно- и/или диглицеридом [92, 117].

Используют механический способ разволокнения коллагена после предварительной химической обработки. Сочетание химической обработки с механической деструкцией (по мнению авторов) позволяет сначала понизить прочность межвалентных связей в коллагене, а затем создать возможность растаскивания ткани без обрыва волокон [36, 37, 40, 55, 93, 106].

Существует способ получения нейтрального раствора коллагена путем УФ-облучения его кислых растворов в течение 3-5 ч с постепенным доведением pH до 6-7 [168, 173, 178].

Таким образом, можно сделать вывод, что химическая модификация – достаточно эффективный способ смягчения коллагенсодержащего сырья, который, однако, требует контакта с химическими реагентами, что небезопасно для персонала, а также тщательной нейтрализации для очистки сырья от кислотных и щелочных компонентов.

### **Б) Ферментативная обработка**

Перспективным направлением использования сырья с высоким содержанием соединительной ткани является его ферментативная обработка. Исследования в этой области ведутся уже достаточно давно как в нашей стране, так и за рубежом. В России научные изыскания по применению ферментов в пищевой отрасли были начаты в середине 60-х годов.

В результате действия ферментов животного, растительного и микробного происхождения, как правило, получают коллагеновый гидролизат, который можно использовать в производстве различных пищевых продуктов. При этом следует учитывать, что гидролизу подвергается многокомпонентное сырье, содержащее различные по структуре белки. И в этом случае

наиболее целесообразно использовать для гидролиза ферменты с широкой субстратной специфичностью [95, 106].

Преимущество ферментативного гидролиза заключается в том, что аминокислоты не разрушаются и не подвергаются рацемизации. Помимо улучшения вкусовых качеств различных продуктов ферментативный гидролиз позволяет получать вкусоароматические добавки, белковые концентраты с улучшенными функциональными свойствами из разных видов сырья, отдельные аминокислоты и биологически активные пептиды медицинского назначения, а также кормовые добавки, предназначенные для обогащения рационов сельскохозяйственных животных и птицы аминокислотами [8, 10, 36, 40, 56, 62, 105-107, 186]. Кроме этого, данный способ более безопасный с экологической точки зрения, не требует нейтрализации химическими реагентами, больших потерь времени, а также затрат на очистку сточных вод, по сравнению со щелочной и кислотной обработкой.

Биохимические процессы, происходящие в сырье под воздействием ферментных препаратов, способствуют изменению его функционально-технологических свойств, сокращению продолжительности цикла производства продуктов питания, повышению пищевой ценности готового продукта, улучшению его усвояемости. Максимального положительного эффекта биотехнологической обработки сырья с высоким содержанием соединительной ткани можно достичь при создании оптимальных условий для ферментации: температуры, рН среды, наличия активаторов. Особый интерес представляют активированные водные растворы вследствие их специфического воздействия на биохимические объекты и возможности получения их с различным значением рН ( $2 \div 12$ ), что и предопределяет их использование для создания оптимальных условий протекания химических реакций, в частности, биокатализа [10, 62, 96, 115].

Ферментативная обработка коллагенсодержащего сырья с целью получения коллагенового гидролизата и повышения его биологической

ценности потенциально позволяет создать новый функциональный продукт, который можно применять при производстве различных продуктов питания. Для размягчения рыбного сырья целесообразно использовать ферменты, оказывающие целенаправленное воздействие на соединительнотканые белки.

Существует способ получения коллагеновой дисперсии, включающий последовательную обработку кожи рыб раствором поваренной соли, водой, раствором ферментного препарата с последующим растворением в органической кислоте. После обработки ферментным препаратом осуществляют дополнительную промывку водой и выделение балластных веществ и фермента механическим путем. В качестве ферментного препарата используют липоризин ГЗх из культуры *Rhizopus oryzae* в количестве 0,8-1,0 % к массе сырья, обработку которым осуществляют при температуре 37-40°C в течение 2,0-2,5 ч [119].

Известен способ получения пищевой коллагеновой эмульсии, который включает промывку рыбного сырья, его грубое измельчение, последовательную обработку измельченного сырья раствором поваренной соли, водой, раствором ферментного препарата, промывку твердой фракции водой для удаления балластных веществ и остатка фермента и диспергирование. В качестве рыбного сырья используют кожу прудовых рыб. Твердую фракцию обрабатывают раствором ферментного препарата коллагеназы, причем раствор готовят из одной части фермента и трех частей дистиллированной воды. Процесс замачивания проводят в течение 12 ч при температуре 4-6 °С и соотношении твердой фракции и водного раствора фермента 1:2 соответственно. Обработанную твердую фракцию промывают проточной водой для удаления балластных веществ и остаточного фермента, добавляют изолированный соевый белок, лед, взятые в соотношении 10:0,5:2,5 соответственно. Полученную массу измельчают на куттере до сметанообразного состояния, в конце процесса добавляют соль из расчета 2,5 % к массе эмульсии [120].

Разработан способ получения гидролизата типа бульон из вторичных продуктов переработки рыб. Способ предусматривает ферментативный гидролиз отходов филейного производства лососевых рыб сырья препаратом Протамекс и инактивацию гидролизата термообработкой. Препарат Протамекс активностью 330 ПЕ/г используют при его концентрации 0,25 % к массе сырья в течение 15 минут. Бульон отделяют фильтрованием, фасуют и направляют на хранение [121].

Имеется способ получения функционального коллагенового гидролизата, предусматривающий приемку отходов жиловки мяса, удаление ножом видимых прирезей жировой и мышечной ткани, промывку в проточной воде температурой 30-35°C в течение 5-10 мин; измельчение на волчке с диаметром отверстий 2-3 мм, обработку измельченной массы ферментными препаратами. На первой стадии применяют ферментный препарат общепротеолитического действия Нейтраза 1.5 МГ с целью удаления балластных веществ, для чего готовят его водный раствор и вносят в измельченную массу с гидромодулем 1:2 при дозировке 5 ед. протеолитической активности на 1 г сырья, обработку ведут в течение 2-2,5 ч, при температуре 45-55 °С и рН 6,8-7,2. После обработки твердую фракцию промывают водой для удаления продуктов гидролиза и фермента, отделяют центрифугированием при частоте вращения 83 оборота в секунду в течение 5 минут. Затем измельчают на гомогенизаторе, а в измельченную массу вносят водный раствор ферментного препарата с коллагенолитической активностью «Коллагеназа пищевая» с гидромодулем 1:2, взятый в количестве 6 ед. протеолитической активности на 1 г сырья, обработку проводят в течение 2,5-3 ч, при температуре 37-40 °С и рН 6,8-7,2. Твердую фракцию отделяют центрифугированием при частоте вращения 83 оборота в секунду. Полученный коллагеновый гидролизат упаковывают в полиэтиленовые пакеты и замораживают [122].

Таким образом, в зависимости от условий и способа гидролиза, вида сырья и поставленной цели можно получать коллагеновые гидролизаты с



разной степенью гидролиза белка. При глубоком гидролизе белка, особенно кислотном, основными составляющими гидролизатов являются свободные аминокислоты. Изменяя условия гидролиза, можно регулировать степень распада белка, добиваясь преобладания в составе гидролизата полипептидов. В зависимости от химического состава сырья в гидролизатах помимо основных составляющих (аминокислот и пептидов) могут присутствовать и другие компоненты, например, липиды, макро- и микроэлементы. Также актуальным является создания комбинированных композиций на их основе с использованием сырья растительного происхождения, что позволит получить продукт с более высокими показателями качества [36, 40, 41, 88, 106, 161].

### **1.3 Характеристики и особенности сырья растительного происхождения**

На сегодняшний день в области пищевых технологий наблюдается тенденция роста использования сырья растительного происхождения при производстве различных многокомпонентных продуктов питания, в том числе продуктов на рыбной основе. Это широко применяется среди производителей стран Восточной Европы, Северной и Южной Америки, Азии и России [42, 56, 117, 149].

При рассмотрении данного немаловажного вопроса выделяются два основных аспекта, оказывающих определяющее влияние и наибольшее значение на использование растительного сырья в пищевой промышленности. К первому аспекту относится довольно четко сформировавшаяся тенденция населения, направленная на употребление «здоровых» продуктов питания, которая обуславливается довольно широкой распространённостью информации о теории адекватного питания. Вторым аспектом в пользу повышенного употребления растительного сырья в составе продуктов животного происхождения является рост нутриентной сбалансированности готовых изделий за счет привнесения углеводов, витаминов, минеральных

веществ и других БАВ растительного происхождения, что способствует повышению биологической ценности готовых изделий [1, 17, 26, 39, 85, 103, 110].

Сырье растительного происхождения за счет своих функционально-технологических свойств и высокой пищевой ценности, а также экономической целесообразности выдвигается на одно из первых мест в ряду заменителей мясного и рыбного сырья, белковых ингредиентов при производстве пищевых продуктов [39, 57, 85, 111, 149, 152, 160]. На данный момент рынок обогащённых продуктов питания, в том числе и рыбных, расширяется чаще за счет использования зарубежных пищевых добавок как природного, так и синтетического происхождения. Поэтому перспективно создавать различные пищевые добавки не только с использованием отечественного сырья растительного происхождения, но и животного, что позволит достигнуть более качественных свойств продукта [25, 39, 61, 103, 106, 110].

Среди растительного сырья, которое произрастает на территории России и которое возможно адаптировать для использования в составе рыбных продуктов, своими характеристиками выделяются лен и топинамбур, а также продукты их переработки [5, 39, 61, 83, 91, 98, 99, 111, 116]. Данные виды растительного сырья мало задействованы при производстве рыбных продуктов или практически не используются, что делает их перспективными для разработки новых технологий и рецептов многокомпонентных рыбных продуктов с их использованием.

**Лен.** Одной из самых полезных добавок в пищу являются семена льна и продукты его переработки. Народная медицина также использует их при борьбе практически со всеми заболеваниями. Стоит заметить, что продукты подработки льна широко используются в кондитерской и хлебобулочной отрасли с целью получения продуктов для здорового питания и профилактики заболеваний [86, 98].

В состав льна и продуктов его переработки входит большое количество эссенциальных веществ, которые способны положительно влиять на организм человека, тем самым нормализуя его деятельность. Семена льна богаты полиненасыщенными жирными кислотами, которых более 35 видов. В жирах присутствуют ПНЖК семейств Омега-3, Омега-6 и Омега-9. Они имеют высокое содержания белка, который полноценен по аминокислотному составу, много витаминов и витаминоподобных веществ, которые в основном представлены витаминами группы В, D, F и К, каротином и бета - каротином, аскорбиновой и никотиновой кислотами. Кроме этого, в семенах льна отмечено высокое содержание макро- и микроэлементов (калий, кальций, магний, натрий, фосфор, йод, селен, бор, цинк, железо, марганец), а также присутствуют пищевые волокна, слизистые вещества, натуральные сахара.

Белки семян льна обладают высокой пищевой, в том числе биологической ценностью. По аминокислотному составу они близки белкам сои, которые в последнее время являются наиболее питательными растительными протеинами. В связи с этим лен может стать хорошей альтернативой для замены сои и продуктов из нее при производстве различных продуктов питания. В процентном содержании от сухой массы в льняном семени белков 20 %, жиров – до 40 %, углеводов – 22 %, клетчатки – 8 %, золы – 4 % и нет в нем, в отличие от бобов сои, веществ, неблагоприятных для его применения в пищу в сыром виде и в виде добавок к кулинарным изделиям [86, 98].

Благодаря своему уникальному составу лен и продукты его переработки способны проявлять антибактериальные, противовирусные, противогрибковые, противовоспалительные и обволакивающие свойства. Семена льна используют в медицинской и пищевой промышленности. Из них готовят настои и отвары, кисели, масло, настойку, а также производят муку, которая пользуется большой популярностью в кондитерской и хлебобулочной отрасли [43, 86, 110, 125, 131]. Особый интерес представляет мука из семян льна, которую можно использовать не только в кондитерском и

хлебобулочном производстве, но и в производстве рыбных продуктов. Качественные характеристики муки из семян льна представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Качественные характеристики муки семян льна [86, 98]

Показатели	Значения
Содержание влаги, %	12,5
Содержание белка, %	36,0
Содержание жира, %	10,0
Содержание углеводов, %	9,0
Содержание пищевых волокон, %	30,0
Содержание золы, %	2,5
в том числе: К, мг	831,0
Mg, мг	431,0
Ca, мг	236,0
Na, мг	33,0
Fe, мг	5,0
P, мг	706,2
Fe, мг	6,8
Zn, мг	4,8
pH, ед.	5,7-6,2
Степень гидратации (набухания)	1:6
Незаменимые аминокислоты, г/100г	
Аргинин	1,925
Валин	1,072
Гистидин	0,472
Изолейцин	0,896
Лейцин	1,235
Лизин	0,862
Метионин	0,370
Треонин	0,766
Триптофан	0,297
Фенилаланин	0,957
Заменяемые аминокислоты г/100г	
Аланин	0,925
Аспарагиновая кислота	2,046
Гидроксипролин	0,175
Глицин	1,248
Глутаминовая кислота	4,039
Пролин	0,806
Серин	0,970
Тирозин	0,493
Цистеин	0,340
Полиненасыщенные жирные кислоты г/100 г	
Линолевая	5,903
Линоленовая	22,813
Эйкозодиеновая	0,007

Мука из семян льна богата растительным белком, обладающим высокой степенью усвояемости организмом человека, клетчаткой и повышенным содержанием калия и магния (их содержание в муке в несколько раз превышает их содержание в бананах), полиненасыщенными жирными кислотами семейств Омега-3 (линолевая кислота) и Омега-6 (линоленовая кислота), которые организм человека не может самостоятельно синтезировать, но которые абсолютно необходимы для его нормальной жизнедеятельности [43, 86, 110].

Для обоснования использования муки из семян льна в технологии рыбных продуктов была проведена ее сравнительная характеристика с другими видами муки, которая представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительная характеристика по химическому составу муки из семян льна с другими видами муки [86, 106, 149, 150]

Вид муки	Массовая доля белка, %	Массовая доля углеводов, %	Массовая доля жира, %	Массовая доля пищевых волокон, %
Мука из семян льна	36,0	9,0	10,0	30,0
Ржаная мука	8,9	61,8	1,7	4,5
Амарантовая мука	9,5	67,8	3,9	1,1
Пшеничная мука	10,6	69,0	1,3	4,4
Овсяная мука	13,0	64,9	6,8	4,5
Гречневая мука	13,6	71,9	1,2	2,8
Соевая мука (обезжиренная)	50,0	32,5	2,0	14,1

Содержание белка в муке из семян льна является наибольшим, по сравнению с ржаной, амарантовой, пшеничной, овсяной, и гречневой мукой, которые содержат 8,9, 9,5, 10,6, 13,0, и 13,6 % белка в своем составе и являются более распространёнными в пищевой промышленности. Можно отметить, что наибольшее содержания белка у соевой муки, а именно 50 %. Но при этом, по сравнению с ржаной, амарантовой, пшеничной, овсяной, гречневой и соевой мукой, мука из семян льна имеет наименьшее содержание углеводов и наибольшее содержание пищевых волокон. Кроме этого, мука из семян льна имеет наибольшую массовую долю жира, который в основном представлен полиненасыщенными жирными кислотами. По данным таблицы

5 видно, что мука из семян льна сбалансирована по химическому составу и имеет все необходимые пищевые компоненты, среди которых следует выделить белки, полиненасыщенные жирные кислоты и пищевые волокна. Также мука из семян льна обладает хорошими функционально-технологическими свойствами, при гидратации способна образовать структуру с высокой плотностью и вязкостью, что непосредственно влияет на свойства продукта с ее содержанием [86].

**Топинамбур.** За счет своих агробиологических свойств, в том числе высокой холодо- и засухоустойчивости, нетребовательности к составу почв и применению удобрений, топинамбур распространен в России повсеместно. В настоящее время в результате продвижением этой культуры из южной части в различные регионы СНГ, в том числе на восток - Сибирь, Урал, Дальний Восток, во многих городах России активно ведутся работы, связанные с использованием топинамбура в пищевых целях. Наибольшего успеха в разработке технологий переработки и использования этого нетрадиционного сырья достигли в Москве, Воронеже, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Омске, Новосибирске и Иркутске, где от опытных наработок приступили к промышленному выпуску различных продуктов из топинамбура. Пока небольшие объёмы представляют следующие первичные продукты переработки клубней: порошок (мука), сушёные дольки, пюре и фруктозо-глюкозные сиропы [17, 61, 91, 99, 108, 116].

Клубни топинамбура содержат в своем составе: инулин (11-17 %), фруктозу, фруктоолигосахариды, аминокислоты (до 8 %)(в том числе 8 незаменимых аминокислот - аргинин, гистидин, валин, лейцин, изолейцин, лизин, триптофан, метионин и фенилаланин), каротиноиды, витамины В1, В2, В3(РР), В6, В9, С, пектины (до 10 %), органические кислоты (лимонная, малоновая, яблочная, янтарная, фумаровая), жирные кислоты (0,4 %-0,7 %), азотистые вещества, клетчатку (до 6 % ), а также весьма широкий набор макро- и микроэлементов (калий, натрий, магний, железо, фосфор, марганец,

кальций, кремний, медь, цинк, сера, хром, йод, бор, алюминий, кобальт, молибден, фтор и др.) [5, 86, 99, 112].

Из-за высокого содержания в своем составе пектиновых веществ данный вид растительного сырья активно используются при изготовлении мармелада, желе, варенья и джемов для диетического и детского питания. Кроме этого, топинамбур нашел свое применение уже на протяжении многих десятков лет в таких отраслях пищевой промышленности, как хлебобулочная, мясная, молочная, консервная, также его используют в производстве алкогольных и безалкогольных напитков и различных пищевых и биологически активных добавок (в этой сфере клубни топинамбура используются в основном в качестве источника инулина) [5, 61, 91, 116]. В связи с этим топинамбур является перспективным отечественным сырьем растительного происхождения, которое возможно использовать в технологии сбалансированных продуктов питания, как источник пищевых волокон, в том числе инулина.

Одним из массовых продуктов топинамбура, выпускаемых промышленностью, является мука или порошок из его клубней, который возможно адаптировать для использования в рыбной отрасли.

Мука из клубней топинамбура (порошок) вырабатывается с использованием современных технологий, которые позволяют максимально сохранить свойства исходного растительного сырья, и представляет собой рассыпчатую массу бежевого цвета со сладковатым вкусом, который может усилиться при кислотно-термических условиях в результате гидролитического распада инулина с образованием остатков фруктозы. При соприкосновении с водой порошок приобретает тёмно-коричневый цвет и становится мягким (не хрустит). Рекомендованная степень гидратации (набухания) порошка составляет 1:5 (т.е. 1 кг порошка получается из 5 кг свежих клубней). Данный вид продукта вырабатывают с крупностью помола до 1 мм [116]. Качественные характеристики муки топинамбура представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Качественные характеристики муки (порошка) из клубней топинамбура [116]

Показатели	Значения
Содержание влаги, %	6-8
Содержание белка, %	4,7
Содержание жира, %	2,2
Содержание золы, %	1-2
в том числе: К, мг	215,0
Mg, мг	28,0
Ca, мг	42,0
Fe, мг	10,0
Zn, мг	455,0
P, мг	473,0
Mn, мг	43,0
Si, мг	7,5
Содержание углеводов, %	73,1
Содержание инулина, %	60,0-65,0
Содержание нерастворимых пищевых волокон, %	8,0
pH, ед.	6,0-6,8
Степень гидратации (набухания)	1:4

Мука топинамбура содержит высокую долю инулина и полисахаридов инулиновой природы, также в ней содержатся пектины, макро- и микроэлементы такие как магний, калий, кальций, кремний, железо, хром, цинк, марганец и фосфор. Кроме этого, в состав входит клетчатка, органические кислоты, витамины (B1, B2, B6, PP), каротиноиды, жиры, и не большое количество белковых веществ. Благодаря содержанию инулина мука топинамбура способна проявлять функционально-технологические свойства, а именно образовывать кремообразные гели и повышать стабильность эмульсионных и аэрированных продуктов [5, 83, 91, 99, 112, 116].

#### 1.4 Инулин, его свойства и характеристики

Инулин по своей природе относится к классу полисахаридов и представляет собой полифруктозан (полимер D-фруктозы), получаемый в виде кристаллов или аморфного белого порошка, который легко растворяется в горячей воде. Молекулярная масса молекулы инулина колеблется в пределах 5000—6000 кДа. За счет того, что в инулин входят остатки фруктозы, он



имеет сладкий вкус. В результате гидролиза инулина под действием кислот и фермента инулазы он распадается с образованием остатков D-фруктозы и незначительного количества глюкозы. Также во время ферментативного гидролиза возможно образование промежуточных продуктов – инулидов, которые не обладает восстанавливающими свойствами, как и инулин. Молекула данного полисахарида представляет собой цепочку, состоящую из 30—35 остатков фруктозы в фуранозной форме (рисунок 3) [29, 102, 112, 144, 183, 170].

Под воздействием низких температур и других неблагоприятных факторов инулин гидролизуется инулиназой до олиго- и моносахаров, которые встраиваются в клеточные мембраны, оказывая тем самым защитное действие на растительные клетки [112].

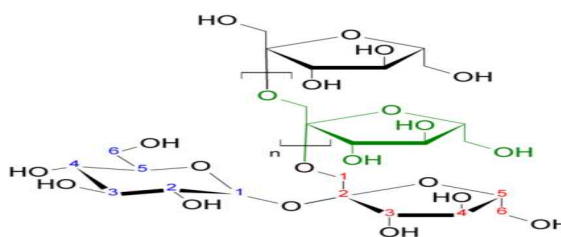


Рисунок 3 – Строение молекулы инулина [112]

Инулин, как и крахмал, является запасным углеводом, который встречается во многих растительных компонентах. В составе животных продуктов инулина нет и его не получают синтетическим путем. Таким образом, он представляет собой растворимое пищевое волокно с пребиотическими свойствами, которое не абсорбируется и не переваривается в желудке и тонком кишечнике и легко попадает в микрофлору толстого кишечника под действием которой происходит его ферментация [28, 86, 112].

В пищевой промышленности в основном используется инулин цикория и топинамбура. Именно в этих растениях данный полисахарид содержится в больших количествах. Его количество достигает 20 % в расчете на сырую массу, что является высоким процентом по сравнению с другими растительными продуктами (таблица 7) [112].

Таблица 7 – Массовая доля и степень полимеризации инулина в различных источниках [112]

Растение	Массовая доля инулина, г/100 г сырья	Средняя степень полимеризации
Бананы	0,3 – 0,7	$\leq 5$
Лук	1 - 1,75	$\leq 12$
Лук-порей	3 - 10	$\leq 12$
Чеснок	16	$\geq 5$
Якон	15 - 19	$\geq 30$
Цикорий	15 - 20	$\geq 40$
Топинамбур	17 - 20,5	$\leq 40$

Инулин способен оказывать благоприятное влияние на обмен веществ в организме человека. Из-за воздействия соляной кислоты и микрофлоры желудочно-кишечного тракта инулин расщепляется до остатков фруктозы и других мелких фрагментов, которые в дальнейшем всасываются стенками кишечника и попадают в кровеносное русло. При этом часть инулина, которая не подверглась гидролизу, выводится из организма, увлекая за собой массу вредных веществ таких, как тяжёлые металлы, холестерин, радионуклиды и различные токсины. Также особенностью инулина является его способность повышать усвояемость витаминов и минеральных веществ в организме таких, как кальций, магний, цинк, медь, железо, фосфор и селен. Инулин участвует в обмене липидов в крови – холестерина, триглицеридов и фосфолипидов, тем самым улучшая его эффективность, в результате чего снижает риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, смягчает их последствия и способствует укреплению иммунной защиты организма. К тому же инулин стимулирует сократительную способность стенок кишечника, что в свою очередь позволяет ускорить процесс очищения организма от шлаков и непереваренной пищи. За счет иммуномодулирующего и гепатопротекторного действия инулин помогает предупредить онкозаболевания. Являясь естественным пребиотиком, инулин становится питательной средой для бифидо - и лактобактерий, что способствует нормальному функционированию желудочно-кишечного в частности и

организма в целом [28, 85, 102, 108]. Благоприятны является прием инулина при ожирении, атеросклерозе, ишемической болезни сердца, инфаркте миокарда, желчнокаменной и почечнокаменной болезнях, артритах и остеохондрозе [108, 181, 183]. Рекомендованная суточная норма инулина составляет 3-12 г/сут.

Инулин - не только пребиотическое волокно, имеющее множество полезных свойств для организма человека, но еще и технологичный ингредиент, который возможно использовать, как пищевую добавку для различных продуктов питания. В качестве добавки инулин обладает следующими функциями:

- способен при взаимодействии с водой образовывать кремообразный гель, обладающий жироподобной текстурой и, таким образом, позволяя имитировать присутствие жира в обезжиренных продуктах, обеспечивая им полноту текстуры и вкуса, присущих продуктам обычной жирности. Благодаря снижению массовой доли жиров снижается и калорийность продуктов: 0,25 г инулина способно заменить 1 г жира, при этом не ухудшается вкус и улучшается текстура продукта;

- повышает стабильность аэрированных продуктов таких, как мороженое, муссы, а также эмульсий, к которым относятся такие продукты, как спреды и соусы;

- вводится в продукт без изменения технологического процесса. Порошок инулина смешивается с остальными ингредиентами или отдельно разводится с водой.

Инулин используют в различных отраслях пищевой промышленности, чаще всего для производства мороженого и напитков, а также хлебобулочных и кондитерских продуктов питания. Обогащение продуктов питания инулином является перспективным направлением. Благодаря этому получается пищевой продукт, который при употреблении способствует снижению содержания сахара в крови, а также повышению иммунной

защиты организма человека и улучшению моторики желудочно-кишечного тракта [85, 102, 112, 175, 181, 182].

### **Заключение по обзору литературы**

Анализ источников литературы показал, что одним из основных путей решения продовольственных задач, является возможность рационального использования в пищевой промышленности продуктов переработки животного сырья, в частности, вторичного рыбного коллагенсодержащего сырья (кожи рыб). При этом разработки и научные исследования в данном направлении являются задачей не только технологического и медико-биологического, но и экономического характера.

В литературном обзоре представлены сведения о получении рыбных продуктов с заданной структурой и свойствами. Рассмотрены перспективы использования рыбного коллагенсодержащего сырья, а именно кожи рыб, для получения различных коллагеновых продуктов с целью применения их в отраслях пищевой промышленности. Охарактеризованы особенности строения, а также свойства коллагена, как основного соединительнотканного белка различных тканей организмов, в том числе гидробионтов. Дана характеристика способов обработки коллагенсодержащего сырья, в частности рыбного, рассмотрены их особенности и преимущества. Показано, что продукты, полученные из коллагенсодержащего сырья, имеют обширную область применения в таких отраслях, как сельское хозяйство, кожевенная промышленность, медицина, хирургия, косметология, ветеринария и т.д.

При производстве рыбы и рыбных продуктов перед предприятиями возникает вопрос, связанный с утилизацией вторичных органических отходов, полученных после их переработки. На современном этапе рыбные предприятия являются источниками большого количества органических отходов, которые быстро разлагаются и наносят вред окружающей среде и человеку. Поэтому переработка отходов является важной задачей для снятия напряженности экологической ситуации. К основным отходам рыбоперера-

батывающей промышленности относятся: головы, кожа, чешуя, внутренности и плавники, которые являются источником белков, в том числе коллагеновых, и представляют собой важный продовольственный резерв, который нерационально используют [37].

Существенный интерес для использования в технологии рыбных продуктов представляет кожа рыб так как имеет в своем составе высокое содержание коллагена, что позволяет отнести ее к перспективным источникам сырья для производства коллагенсодержащих добавок и композиций для продуктов питания общего назначения [6, 8-20, 36-38, 41, 53, 58, 84, 88, 154, 162]. Поэтому для повышения эффективности использования кожи рыб необходимо создание и промышленное освоение способов ее переработки. В настоящее время существуют различные способы обработки сырья с высоким содержанием коллагена, позволяющие повысить область его применения. Опираясь на массив накопленной теоретической и экспериментальной информации, можно утверждать, что одним из перспективных направлений улучшения свойств данного вида сырья является ферментативная обработка, позволяющая получить гидролизаты, которые широко применяются в различных отраслях пищевой промышленности.

Из представленных источников информации можно сделать вывод, что кожа рыб является перспективным видом сырья для получения коллагеновых гидролизатов, способствующих улучшению качественных показателей продукта питания и снижению дефицита белка. Рыбные продукты с включением соединительной ткани лишь немногим уступают в пищевой ценности традиционным рыбным продуктам и доступны по цене потребителям с невысоким уровнем доходов. А обработка коллагенсодержащего сырья методами биотехнологии позволит улучшить его функционально-технологические и структурно-механические свойства, которые благоприятно повлияют на показатели качества продукта в целом. Вследствие этого, исследование и использование коллагенсодержащего

сырья, в частности кожи рыб, набирает все большую популярность при производстве широкого ассортимента продукции во многих странах мира.

В связи с неполноценностью коллагена, как белка, возможно создание композиций на его основе с использованием сырья растительного происхождения, которое позволит сбалансировать его аминокислотный состав, а также повысить качественные показатели готового продукта. В связи с этим в литературном обзоре была рассмотрена возможность использования муки из семян льна, как источника полноценного растительного белка, и муки из клубней топинамбура, в состав которой входит естественный пребиотик – инулин, позволяющий улучшать моторику желудочно-кишечного тракта человека, что благоприятно сказывается на организме в целом. Кроме этого, в состав данных продуктов растительного происхождения входят и другие пищевые волокна, в частности, не растворимые, которые также будут участвовать в нормализации пищеварительной деятельности организма человека. Таким образом, в результате комбинирования сырья животного и растительного происхождения возможно получить продукт с улучшенными функционально-технологическими свойствами, заданной структурой, повышенной пищевой ценностью, а также обогащённый витаминными, минеральными веществами и пищевыми волокнами, которые полезны для организма человека.

Разработка технологии рыбного кулинарного изделия с использованием композиции на основе коллагенового гидролизата из кожи рыб, полученного методом биотехнологии, и растительных компонентов, представленных мукой из семян льна и мукой из клубней топинамбура, будет способствовать расширению ассортимента данного вида продукта, и позволит получить его с высокими качественными показателями и регулируемыми свойствами, и при этом отвечающего требованиям потребителя к качеству продуктов питания.

## ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ ПОСТАНОВКИ ЭКСПЕРИМЕНТА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Схема постановки эксперимента

Исследования проводились на кафедре «Биотехнологии и технологии продуктов питания животного происхождения» ФГБОУ ВО МГУПП в рамках темы: «Разработка биотехнологии продуктов общего и функционального назначения на основе биомодификации сырья животного, растительного, в т.ч. вторичного и нетрадиционного происхождения, обеспечивающей импортозамещение» (№15.7579.2017/8.9). Производственная апробация работы, промышленные тестовые выработки разработанной продукции проводились на предприятиях ООО «РК-Сардиния» (Москва) и ООО ФНПП «Салута-М» (Московская область, г. Истра). Информационный материал по теме диссертационной работы сформирован из патентного поиска и литературного обзора, проведенного в фондах библиотек ФГБОУ ВПО «МГУПП», ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности», баз научного цитирования SCImago Journal Rank (<http://www.scimagojr.com/>), Thomson Reuters – Web of science (<http://ip-science.thomsonreuters.com/mjl/>), ScienceDirect ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)), электронной библиотеки диссертаций государственной библиотеки РФ (<https://dvs.rsl.ru>).

Структурная схема постановки эксперимента представлена на рисунке 4. Видно, что основными этапами исследований являлись обоснование параметров и операций технологий получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыбы, композиции на их основе, с применением растительных компонентов и кулинарного рыбного изделия с использованием разработанной коллагено-растительной композиции: 1- получение коллагеновых гидролизатов из кожи рыб; 2 – изучения физико-химических, функционально-технологических и реологических свойств коллагеновых гидролизатов из кожи рыб; 3 - обработка полученных коллагеновых

гидролизатов лимонной кислотой и изучение их физико-химических, функционально-технологических и органолептических свойств после обработки 4 – изучение использования сублимационной сушки для консервирования коллагеновых гидролизатов из кожи рыб; 5 - создание и изучение свойств композиции на основе коллагеновых гидролизатов из кожи рыб и растительных компонентов; 6 - разработка технологии и рецептурного состава рыбного кулинарного изделия с коллагено-растительной композицией и изучение его показателей качества; 7 – подготовка технической документации, а также промышленная апробация разработанной технологии и оценка экономической эффективности продукции.

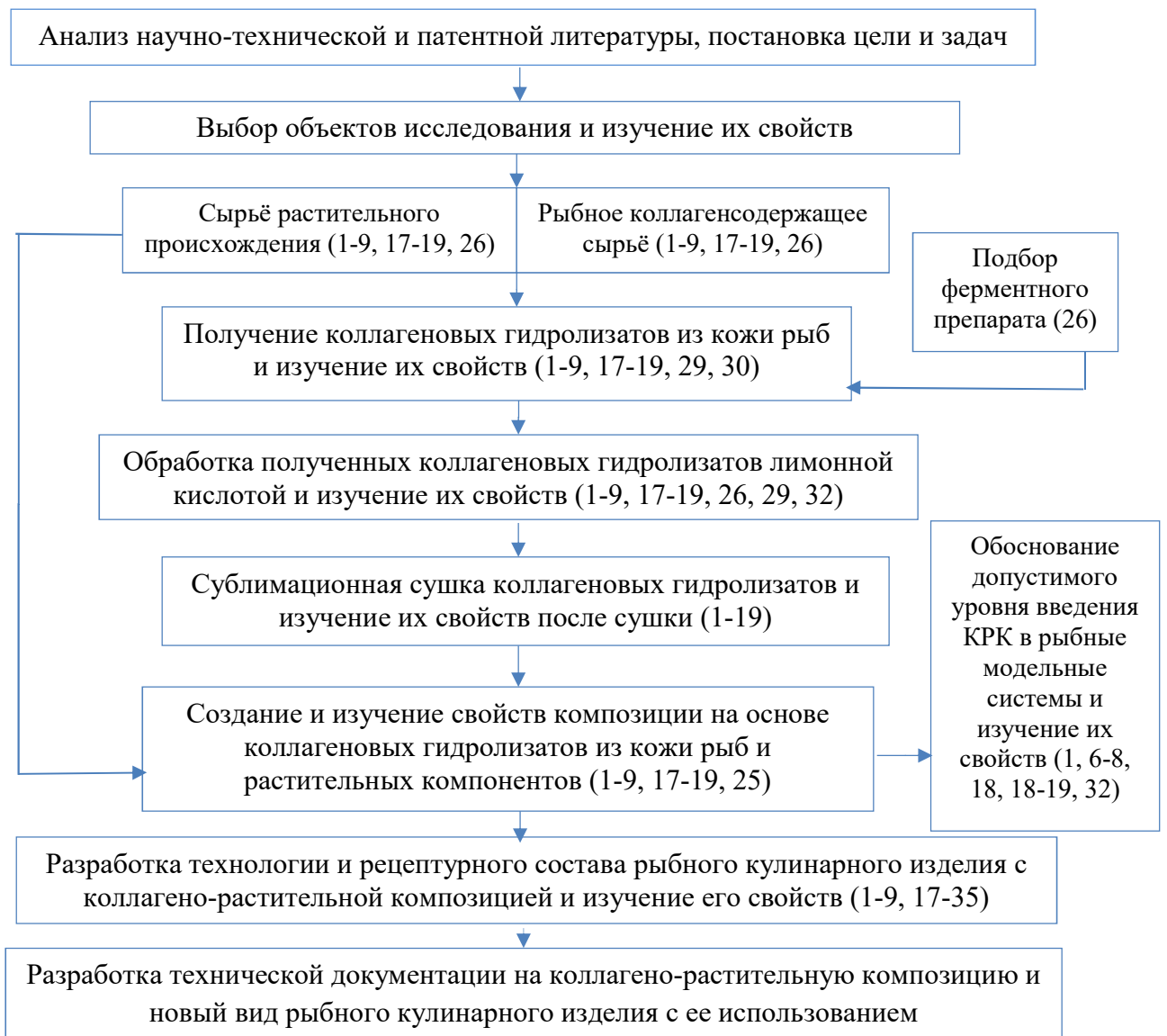


Рисунок 4 – Схема постановки эксперимента



### Определяемые показатели исследуемых объектов

При проведении исследования в соответствии со схемой, представленной на рисунке 4, определяли следующие показатели: 1, 3, 4 – определение массовой доли влаги, жира и золы по ГОСТ 7636; 2 – определение массовой доли белка на полуавтоматическом аппарате Kjeltac System 1002 «Tecator»; 5 – определение массовой доли углеводов по ГОСТ 26176 и ГОСТ Р 51880; 6 – определение влагосвязывающей способности рыбного сырья по методу П. Грау и Р. Хамму в модификации В.П. Воловинской [16, 21]; 7, 8 – определение водоудерживающей и жирудерживающей способности рыбного сырья по методу Н.Н. Липатова; 9 – определение массовой доли оксипролина колориметрическим методом; 10 – определение степени гидратации визуальным методом; 11, 12 – определение водосвязывающей и жиросвязывающей способности белковых препаратов весовым методом; 13 – определение жиροэмульгирующей способности методом центрифугирования; 14 – определение степени набухания весовым методом; 15, 16 – определение пенообразующей способности и стабильности пены механическим способом; 17 – определение пластичности методом прессования; 18 – определение предельного напряжения сдвига на приборе пенетромтр АПн-360МГ4; 19 – определение рН потенциометрическим методом; 20 – определение переваримости белков «in vitro» методом Покровского-Ертанова на модифицированном приборе МГУПБ; 21, 22 – определение напряжения среза и работа резания на универсальной испытательной машине «Instron – 1140»; 23 – определение пероксидного числа по ГОСТ 7636; 24 – определение тиобарбитурового числа дистилляционным методом; 25 – определение массовой доли инулина спектрофотометрическим методом; 26 – определение протеолитической активности ферментного препарата модифицированным методом Ансона; 27, 28 – определение аминокислотного и жирнокислотного состава методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристалл – 2000М»; 29 – определение эффективной вязкости с помощью вискозиметра ротационного «Полимер РПЭ-1М»; 30 – определение молекулярной массы

белка вискозиметрическим методом; 31 – определение выхода готового продукта весовым методом; 32 – органолептические исследования по ГОСТ 7631 с использованием профильного способа по методу Т.М. Сафроновой [136]; 33 – микробиологические исследования по ТР ЕАЭС 040/2016, ГОСТ 31747, ГОСТ 10444.12, ГОСТ 29185, ГОСТ Р 10444.15, ГОСТ 31746; 34 – определение активности воды на автоматическом анализаторе Roremeter RM-10 согласно методическим указаниям ГОУ ВПО МГУПБ; 35 – определение аминокислотной сбалансированности по методологии Липатова Н.Н. [15, 16, 21, 24, 31, 34, 37, 42, 44-48, 63, 67, 87, 104, 106, 113, 114, 109, 134-136, 142, 144, 148, 149, 155, 179].

## 2.2 Объекты исследования

Проанализировав данные научно-технической литературы и сформулировав основные задачи, объектами исследований были выбраны:

- отходы переработки океанических видов рыб, таких как трески, нерки и кеты, а именно их кожа, в качестве сырья для получения коллагеновых гидролизатов;

- продукты растительного происхождения:

- мука из семян льна, как источник полноценного растительного белка и технологический ингредиент (СТО 68311059-005-2011 «Мука льняная: для полезных котлеток, для полезной выпечки» [98]);

- мука клубней топинамбура, как источник природного пребиотического (пищевого) волокна – инулина (ТУ 9164-001-82839873-2009 «Топинамбур сушеный (кусочки и порошок) [116]);

- коллагеновые гидролизаты (КГКР), полученные в результате биотехнологической обработки кожи рыб;

- коллагено-растительная композиция (КРК), полученная на основе коллагенового гидролизата из кожи рыб, муки из семян льна и клубней топинамбура;

- рыбное кулинарное изделие без/с КРК.

Основа рецептурного состава и технологии рыбного кулинарного изделия в виде рулета из минтая является авторской [64, 67, 68, 82] и защищен патентом РФ на изобретение № 2646920 «Способ производства кулинарного рыбного изделия в виде рулета из минтая».

Для выработки опытных образцов рыбных рулетов с и без использования КРК для дальнейших исследований использовали следующее сырье и материалы: филе минтая (ГОСТ 3948-90), коллагено-растительная композиция, пшеничный хлеб (ГОСТ 27842-88), меланж (ГОСТ 30363-2013), молоко (ГОСТ 31450-2013), вода питьевая (СанПиН 2.14.1074), морковь (ГОСТ 1721-85), перец черный (ГОСТ 29050-91), лук репчатый (ГОСТ Р 51783-2001), чеснок свежий (ГОСТ 33562-2015), петрушка (ГОСТ Р 55904-2013), зелёный горошек консервированный (ГОСТ Р 54050-2010), соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2000), съедобная коллагеновая пленка «Беккдорин» (ТУ 9219-001-98553699-2010), шпагат вискозный (0,84; 1,00) (ГОСТ 17308-88), нитки льняные (ГОСТ 14961-91), скрепки (клипсы, скобы) металлические отечественного производства по технической документации или поставляемые по импорту.

### 2.3 Методы исследования

**Массовую долю влаги** определяли методом высушивания, с использованием сушильного шкафа, до постоянной массы при температуре 105 °С по ГОСТ 7636 [16, 21, 31, 45, 106, 144].

**Массовую долю белка** определяли с помощью полуавтоматического аппарата Kjeltac System 1002 «Тесатор» [16, 21, 31, 47, 106, 114, 109, 144].

**Массовую долю жира** определяли экстракционным методом в аппарате Сокслета по ГОСТ 7636 [16, 21, 31, 45, 106, 114, 144].

**Массовую долю золы** определяли методом сжигания высушенной обезжиренной навески в муфельной печи при  $t = 500\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$  до постоянной массы по ГОСТ 7636 [16, 21, 31, 106, 109, 114, 144]

**Массовую долю углеводов** определяли по ГОСТ 26176 и ГОСТ Р 51880 [45, 49, 50].

**Влагосвязывающую способность (ВСС)** определяли прессованием по методу П. Грау и Р. Хамму в модификации В.П. Воловинской [21, 63, 106].

**Водоудерживающую способность (ВУС) и жирудерживающую способность (ЖУС)** определяли по методике Н.Н. Липатова [104, 106].

**Массовую долю оксипролина** определяли колориметрическим методом Ньюмана и Логана, сущность которого заключается в выделении оксипролина во время кислотного гидролиза пробы продукта, проведении цветной реакции с продуктами ее окисления и измерении интенсивности развивающейся окраски на фотоэлектроколориметре [16, 21, 106, 134, 179].

Для каждой серии анализов необходимо строить свой градуировочный график. Пример градуировочного графика представлен на рисунке 5.

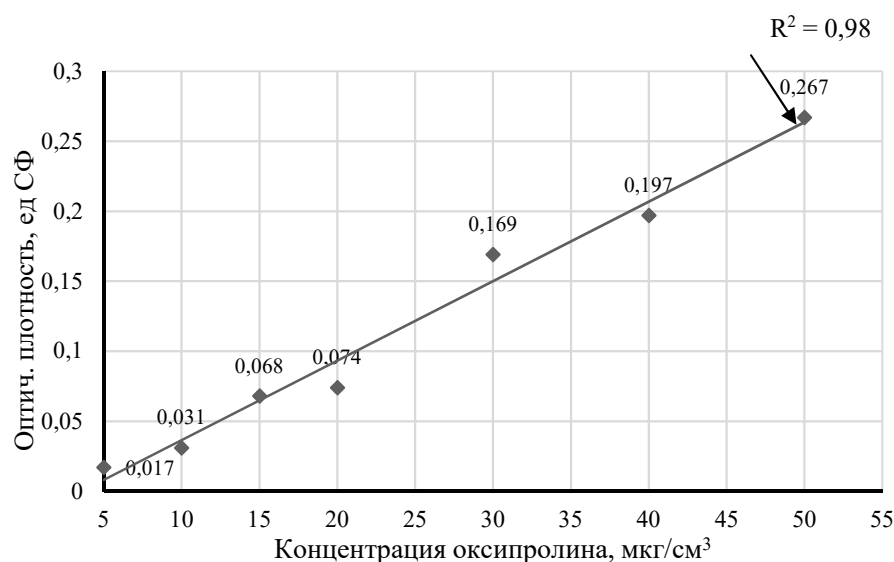


Рисунок 5 – Градуировочный график для определения содержания оксипролина (спектрофотометр Specord M 40)

Массовую долю оксипролина вычисляли по формуле:

$$X = m_1 \times 100 \times 10^{-6} \times 100/V \times m, \text{ где} \quad (1)$$

$X$  – массовая доля оксипролина, %;

$m_1$  – масса оксипролина в исследуемом растворе, найденная по градуированному графику, мкг;

100 – объем колбы для разведения, см<sup>3</sup>;

10<sup>-6</sup> – коэффициент перевода мкг в г.

100 – коэффициент для перевода в процентную концентрацию;

$V$  – объем раствора, взятого для цветной реакции, см<sup>3</sup>;

$m$  – масса продукта, взятого на исследование, г.

Вычисления проводили с точностью до второго знака после запятой и округляли до первого знака после запятой.

**Степень гидратации** определяли путем добавления определенного количества воды к образцу (по 0,1 мл) до получения однородной, мягкой и мажущей консистенции без отделения жидкости при размещении его на решетке [16, 42, 106].

Метод заключается в добавлении небольшого количества воды (по 0,1 мл) до тех пор, пока не получится однородная, мягкая и мажущая консистенция.

**Степень набухания** [24, 106] определяли весовым методом и рассчитывали по формуле:

$$H = m_2/m_1 \cdot 100, \text{ где} \quad (2)$$

$m_1$  и  $m_2$  – массы образцов до и после набухания, соответственно, г

**Водосвязывающую способность (ВСС)** белковых препаратов определяли весовым методом и выражали в г связанной воды на 1 г продукта. К 1 г белкового препарата прибавляли 25 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, перемешивали 1 мин при 1000 об/мин и центрифугировали при 8000 об/мин в течение 15 мин. Надосадочный раствор сливали в пробирку и ставили в перевернутом положении на фильтровальную бумагу. Через 10 мин пробирку взвешивали и рассчитывали ВСС [16, 57, 113].

**Жиросвязывающую способность (ЖСС)** белковых препаратов определяли весовым методом. Показатель выражали в г связанной воды на 1 г продукта. К 1 г препарата прибавляли 25 см<sup>3</sup> подсолнечного масла, перемешивали 1 мин при 1000 об/мин и центрифугировали при 8000 об/мин 15 мин. Надосадочный раствор сливали и пробирку ставили в перевернутом положении на фильтровальную бумагу. Через 10 мин пробирку взвешивали и рассчитывали ЖСС как отношение массы масла, связанного белковым препаратом к исходной массе последнего [16, 57, 113].

Для определения **жироэмульгирующей способности (ЖЭС)** белковых препаратов навеску 3,5 г помещали в смеситель. Добавляли 50 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и суспензировали 1 мин при 4000 об/мин. Затем к смеси добавляли 50 см<sup>3</sup> подсолнечного масла и эмульгировали 5 мин со скоростью 8000 об/мин. Эмульсию разливали в 4 пробирки и центрифугировали 5 мин при 2000 об/мин. ЖЭС рассчитывали, как отношение объема эмульсии к объему общей системы, выраженное в % [16, 57, 113].

**Пенообразующую способность (ПОС)** определяли механическим способом, основанном на встряхивании исследуемого образца в количестве 0,6 г и 30 см<sup>3</sup> дистиллированной воды в цилиндре емкостью 100 см<sup>3</sup> [16, 57, 106, 113].

ПОС рассчитывали по формуле

$$\text{ПОС} = h / h_1 * 100, \text{ где} \quad (3)$$

ПОС - пенообразующая способность, %

$h$  – высота пены, см;

$h_1$  – высота исходной жидкости, см.

**Стабильность пены (СП)** белковых препаратов определяли по формуле [57, 113]:

$$\text{СП} = h / h_1, \text{ где} \quad (4)$$

СП – стабильность пены, %

$h$  – высота пены после 15 мин статического стояния, см;

$h_1$  – высота исходной жидкости, см.

**Пластичность** определяли общепринятым методом, который основан на степени сжатия навески материала под воздействием фиксированной нагрузки с последующим расчетом по формуле [16, 42]:

$$\Pi = S_n/M, \text{ где} \quad (5)$$

$\Pi$  – пластичность, см<sup>2</sup>/г;

$S_n$  – площадь пятна от раздавленной навески, см<sup>2</sup>;

$M$  – масса используемой навески, г.

**Предельное напряжение сдвига (ПНС)** определяли на приборе пенетромтр АПн-360МГ4 с использованием стандартной методики [16, 21, 42, 106]. Значение ПНС рассчитывали по формуле Ребиндера:

$$\Theta_0 = k \cdot m/h^2, \text{ где} \quad (6)$$

$\Theta_0$  – предельное напряжение сдвига, Па;

$k$  – константа Ребиндера;

$k=2,1$  Н/кг при конусе с углом при вершине 60 °С;

$m$  – масса конуса со штангой (50, 69 · 10<sup>-3</sup> кг);

$h$  – глубина погружения конуса, м.

**Показатель ионов водорода (рН)** определяли потенциометрическим методом, основанном на приготовлении водной вытяжки и измерении рН универсальным иономером рН-340 [16, 21, 106].

**Степень переваримости** определяли с помощью *in vitro* посредством воздействия на белковые вещества образцов системой протеиназ (пепсином и трипсином). Накопленные продукты ферментативного гидролиза определяли по цветной реакции Лоури на спектофотометре и выражали в мг тирозина на 1 г белка [16, 21, 106].

**Напряжение среза и работу резания** определяли на универсальной испытательной машине «Instron – 1140» [36] с использованием приставки "Kramer Shear Press" с последующим расчетом по формулам:

Напряжение рассчитывается по формуле:

$$\theta = \frac{P_{\max} \delta}{\pi R^2 h_{\text{ср}} n}, \text{ Н} * \text{ М}^{-2}, \text{ где} \quad (7)$$

$P_{\max}$  – максимальное усилие, воспринимаемое тензодатчиком при разрезании образца, Н;

$\delta$  – ширина вертикального паза ( $\delta = 0,003$ ), м;

$R$  – радиус образца продукта, м;

$h_{\text{ср}}$  – усредненная высота образца, м;

$n$  – количество образцов, загруженных в ячейку.

Расчет работы резания производится по формуле:

$$A_{\text{рез}} = \frac{SV_{\text{тр}} \delta}{V_{\text{лен}} \pi R^2 h_{\text{ср}} n}, \text{ ДЖ} * \text{ М}^{-2}, \text{ где} \quad (8)$$

$V_{\text{тр}}$  – скорость движения траверсы, м/с;

$V_{\text{лен}}$  – скорость движения диаграммной ленты, м/с;

$S$  – площадь под кривой «усилие – деформация», Нм.

Определение **пероксидного числа жира** проводили по ГОСТ 7636 [16, 21, 63, 106].

Пероксидное число жира вычисляли по формуле:

$$X = 0,00127K (V - V_1)100/m_0, \text{ где} \quad (9)$$

$K$  – коэффициент пересчёта на точно 0,01 М раствор тиосульфата натрия;

$V$  - объём 0,01 М раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрования, мл;

$V_1$  - объём 0,01 М раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрования контрольного опыта, мл;

$m_0$  – масса навески, г;

0,00127 – коэффициент пересчёта.

Содержание **малонового диальдегида** определяли дистилляционным методом, основанном на образовании окрашенных веществ в результате взаимодействия продуктов окисления жира (малонового диальдегида) с 2-



тиобарбитуровой кислотой и на измерении интенсивности развивающейся окраски на спектрофотометре [16, 63, 106, 149].

Концентрацию малонового диальдегида вычисляют по формуле:

$$Ст = (D_{532} - D_{580}) \times 6000 / 155, \text{ где} \quad (10)$$

Ст - тиобарбитуровое число;

$D_{532}$  – оптическая плотность при длине волны 532;

$D_{580}$  – оптическая плотность при длине волны 580;

155, 6000 – коэффициенты пересчёта.

**Массовую долю инулина** определяли спектрофотометрическим методом, основанном на способности таких сахаров, как фруктоза и сахароза, при нагреве с концентрированными кислотами образовывать продукты с максимальным поглощением 200 – 380 нм. Для этого навеску инулинсодержащего продукта массой около 0,1 г помещали в коническую колбу объёмом 250 мл, приливали 100 мл дистиллированной воды и растворяли при нагревании на кипящей водяной бане (раствор А).

В круглодонную колбу со шлифом помещали 1,0 мл раствора, приливали 25 мл 5 % раствора хлористоводородной кислоты, присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 2,5 ч. После охлаждения до комнатной температуры содержимое колбы количественно переносили в мерную колбу объёмом 25 мл и доводили до метки 5 % раствором хлористоводородной кислоты (раствор Б).

Оптическую плотность раствора Б определяли на фотоэлектроколориметре при длине волны 285 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали раствор, состоящий из 1,0 мл раствора А, доведенного в мерной колбе объёмом 25 мл 5 % раствором хлористоводородной кислоты до метки [4, 119].

Содержание инулина в пересчете на фруктозу в % вычисляется по формуле:

$$X = \frac{D \times 100 \times 25}{E_{1\text{см}}^{1\%} \times m \times 1} = \frac{D \times 100 \times 25}{298 \times m \times 1}, \text{ где} \quad (11)$$

X – содержание инулина, %

D – оптическая плотность испытуемого раствора;

298 – удельный показатель поглощения продукта трансформации фруктозы после кислотного гидролиза;

m – навеска продукта, г.

**Протеолитическую активности ферментного препарата** определяли модифицированным методом Ансона с применением казеината натрия [16, 21, 106].

Метод основан на определении скорости ферментативной реакции пирролиза белка (казеината натрия) по количеству образовавшегося тирозина, которое устанавливали колориметрической реакцией с реактивом Фолина. В результате реакции получается комплексное соединение, которое окрашивает раствор в голубой цвет. Интенсивность образовавшейся окраски измеряют на фотоэлектроколориметре.

Протеолитическую активность ПАк (ед/г) рассчитывали, используя полученные при колориметрировании оптические плотности, по уравнению:

$$\text{ПА}_k = \frac{A \cdot 4 \cdot 1000}{\text{ТЭ} \cdot 10^a}, \text{ где} \quad (12)$$

A - оптическая плотность опытного раствора в сравнении с контрольным;

4 - отношение объема реакционной смеси после добавления трихлоруксусной кислоты к объему ферментного раствора;

ТЭ – тирозиновый эквивалент; 10-длительность инкубации реакционной смеси, мин;

1000 — коэффициент перевода мг в граммы;

a - количество ферментного препарата в опытной пробе, мг.

**Аминокислотный состав** определяли с помощью хроматографии на сульфо-полистирольном ионообменнике с элюцией ступенчатым градиентом натрийцитратных буферных растворов на аминокислотном анализаторе ААА

Т339. Подготовка проб осуществлялась следующим образом: навески исследуемых образцов лиофилизировали до постоянной массы. Полученные сухие образцы растирали в ступке. Приготовленные таким образом препараты использовали для кислотного гидролиза. Для проведения кислотного гидролиза навески сухих растертых образцов помещали в стеклянные ампулы, затем добавляли по 400 мкл смеси, состоящей из 2 мл концентрированной HCl, 1 мл трифторуксусной кислоты и 3 мкл р-меркаптоэтанола. Ампулы запаивали и выдерживали 1 ч при 155 °С. После этого ампулы вскрывали и высушивали образцы в роторном испарителе. Для удаления остатков кислот дважды добавляли по 400 мкл воды и высушивали. Затем образцы растворяли в 1 мл воды. К 50 мкл полученного раствора добавляли 450 мкл воды. К 100 мкл этой смеси добавляли 150 мкл 0,1 N HCl и полученный раствор использовали для нанесения на аминокислотный анализатор [16, 34, 37, 106].

**Жирнокислотный состав липидов** определяли методом газожидкостной хроматографии [16, 21, 34, 106]. Подготовку проб осуществляли следующим образом: 10 г гомогенизированного продукта экстрагировали 3 раза смесью хлороформ-этанол (в соотношении 2:1 – 50 мл). Экстракцию проводили на аппарате для встряхивания. Длительность первой экстракции – 2 ч, две последующие экстракции – по 1 ч. Раствор отфильтровывали в делительную воронку через стеклянный фильтр с помощью вакуумного насоса. Остаток на фильтре промывали смесью хлороформ-этанол (4 раза по 10 мл). В делительную воронку добавляли 50 мл дистиллированной воды. Интенсивно встряхивали и оставляли до полного разделения хлороформного и водно-спиртового слоев. Хлороформный слой отделяли. Хлороформ отгоняли досуха на ротационном испарителе. К остатку добавляли 2 мл гексана и 0,1 мл раствора метилата натрия в метаноле (молярная концентрация 2 моль/л). После интенсивного встряхивания реакцию смесь отстаивали 10 минут и фильтровали через бумажный фильтр. Полученный раствор анализировали на хроматографе «Кристалл – 2000М».

Обработка хроматограммы проводилась по методу внутренней нормализации.

**Эффективную вязкость** изучали с помощью вискозиметра ротационного «Полимер РПЭ-1М», обеспечивающего измерение этой характеристики в диапазоне от  $1,8 \cdot 10^{-3}$  до  $3,75 \cdot 10^4$  Па·с со стандартными воспринимающими элементами типа «цилиндр-цилиндр Т1-В1». Вискозиметр позволяет проводить исследования реологических свойств материалов путем определения зависимости вязкости от скорости сдвига.

Объем исследуемого образца составлял  $14 \text{ см}^3$ . Все измерения выполнялись при температуре около  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Вискозиметр обеспечивает автоматическую обработку результатов измерения вязкости с цифровой индикацией измеряемой величины. Вязкость исследуемой жидкости соответствует показаниям вискозиметра в паскаль-секундах [48].

Для определения **молекулярной массы белка** использовали вискозиметрический метод с применением вискозиметра Оствальда. Определив относительную, удельную и приведенную вязкости, находили характеристическую вязкость, с помощью графика зависимости приведенной вязкости от концентрации белка. Молекулярную массу белка, содержащегося в растворе, определяли по уравнению [24, 155]

$$[\eta] = KM^\alpha, \text{ где} \quad (13)$$

$[\eta]$  – характеристическая вязкость;

$M$  – молекулярный вес кДа;

$K$  и  $\alpha$  – коэффициенты, постоянные для вещества.

Для желатина щелочного метода производства

$$K = 1,66 \times 10^{-5} \text{ и } \alpha = 0,885$$

для желатина кислотного метода производства

$$K = 1,10 \times 10^{-4} \text{ и } \alpha = 0,74$$

Для растворённого коллагена  $K = 1,23 \times 10^{-6}$  и  $\alpha = 1,8$ .

**Выход готовой продукции** рассчитывается по формуле [16, 21]:

$$X = a(100+b+c)/d, \text{ где} \quad (14)$$

*a* – масса колбасного батона после тепловой обработки, кг;

*b* – количество добавленной воды, %;

*c* – количество добавленной соли, %;

*d* – масса колбасного батона до термообработки, кг.

**Органолептическую оценку** проводили по 10-ти балльной шкале по ГОСТ 7631 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей» с использованием метода Сафроновой [44, 46, 87, 136]. Сущность метода заключалась в определении совокупности простых составляющих (дескрипторов), которые оцениваются по качеству, интенсивности и порядку проявления. Результаты изображают графически в виде профильной диаграммы. Количество осей на профилограмме соответствует количеству оцениваемых дескрипторов. На осях откладываются отрезки, соответствующие значениям интенсивности [164]. Преимуществом органолептической оценки, как одного из методов анализа качественных показателей продукции, является возможность относительно быстрого и одновременного выявления комплекса таких свойств продукта, как внешний вид, цвет на разрезе, аромат, вкус, консистенция.

**Микробиологические исследования** [16, 21, 106, 135, 148] проводились в соответствии с ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции». ГОСТ 31747-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)». ГОСТ 10444.12-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов». ГОСТ 29185-2014 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета сульфитредуцирующих бактерий, растущих в анаэробных условиях », ГОСТ Р 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов». ГОСТ 31746-

2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*»

**Определение активности воды** [15, 21, 106, 133] осуществлялось на автоматическом анализаторе Roremeter RM-10, который состоит из электронной части и измерительной ячейки. В измерительную ячейку помещается пластиковая кювета, в которой находится исследуемый образец.

Принцип работы анализатора основан на измерении точки росы равновесного воздуха. Этот метод измерения базируется на физической связи между температурой конденсации (точка росы) водяного пара и содержанием водяного пара в воздухе. По результатам измерения точки росы и температуры пробы, анализатор вычисляет значение показателя активности воды в исследуемом образце.

Для проведения измерения необходимо поместить в кювету исследуемый образец, который должен быть на 2-4 мм ниже края кюветы. Кювету с образцом помещают в прибор и нажимают кнопку старт, после этого сенсор анализатора просушивается путем нагревания точки росы. Затем зеркало охлаждается до комнатной температуры. Процесс просушки продолжается 30–60 сек, после просушки начинается измерение. На дисплее выводится промежуточный результат активности воды ( $a_w$ ). В течение нескольких минут устанавливается равновесие водяного пара между пробой и воздухом измерительной ячейки. Численное значение, выводимое на дисплей, растет и падает, вначале быстро, затем медленней. Скорость измерения измеряемой величины выводится в нижнюю строку дисплея в правой ее части. Это значение соответствует измерению текущего значения активности воды в течение одной минуты. Когда скорость измерения измеряемой активности воды становится близкой к нулю, равновесие достигнуто и измерение заканчивается. Анализатор издает звуковой сигнал. На дисплей выводится окончательный результат измерения активности воды в исследуемом образце.

**Аминокислотную сбалансированность** рыбных продуктов оценивали по комплексу показателей, рекомендуемых Липатовым Н.Н. (1996): биологическая ценность (БЦ), аминокислотный скор (С), показатель сопоставимой избыточности ( $\sigma$ ), коэффициент рациональности аминокислотного состава ( $R_c$ ) [104, 142].

**Математическая и статистическая обработка результатов исследований.** Обработку полученных количественных экспериментальных данных в процессе исследований осуществляли с применением общепринятых методов математической статистики с помощью программ Microsoft Excel 365, позволяющих рассчитать коэффициент корреляции, стандартное отклонение, воспроизводимость, повторяемость и линейность калибровочного ряда.

Каждый эксперимент при его проведении предполагает некоторые ошибки и погрешности, поэтому исследования проводили в одинаковых условиях 3-5-ной повторности, вычисляли среднее арифметическое всех результатов ( $\bar{X}$ ), равное сумме отдельных результатов, деленной на количество параллельных опытов (n):

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n X_1}{n}, \text{ где} \quad (15)$$

Отклонения результата опыта от среднего арифметического значения:  $X_1 - \bar{X}$ , где  $X_1$  - результат отдельного опыта, что свидетельствует об изменчивости повторных опытов. Для измерения этой изменчивости использовали дисперсию ( $S^2$ ) и среднее квадратичное отклонение (S), которое вычисляли по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_1 - \bar{X})^2}{n-1}}, \text{ где} \quad (16)$$

где  $n-1$  – число степеней свободы, равное количеству опытов минус единица: одна степень свободы использована для вычисления среднего.

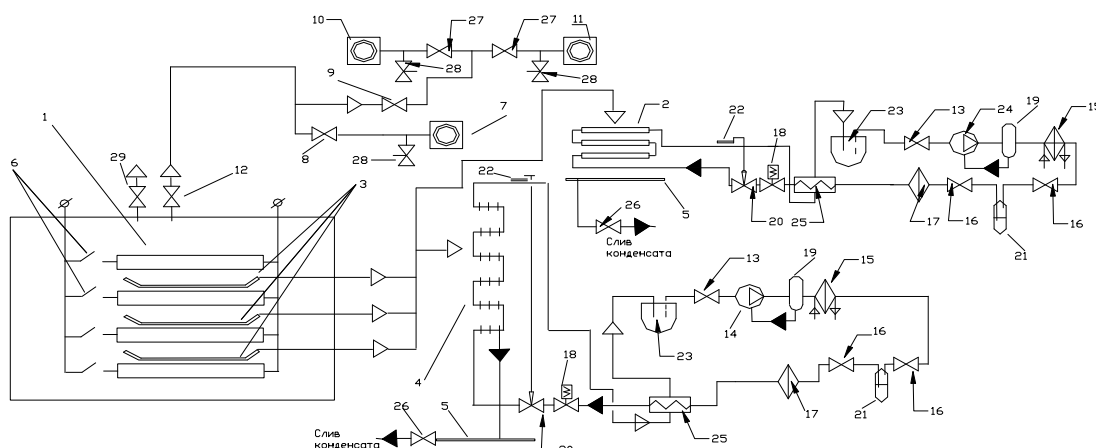
Результаты измерений записывали следующим образом:  $\bar{X} \pm S$  [106].

## 2.4 Обработка объектов исследования

**Сублимационная сушка.** Сушка коллагеновых гидролизатов из кожи рыб проводилась на экспериментальном стенде для вакуумной сублимационной сушки ФГБОУ ВО МГУПП, марки СВП – 0,36 (рис. 5 - 6), работающий в широком диапазоне необходимых режимных параметров.



Рисунок 6 – Общий вид экспериментального стенда СВП-0,36



1 – электронагреватели, 2 – десублиматор, 3 - противни с продуктом, 4 - конденсатор «плачущего» типа, 5 - поддоны для слива конденсата, 6 - тумблеры вкл/выкл электронагревателей, 7 - агрегат вакуумный НВМ-5, 8 - вентиль СК26013-020, 9 - вентиль СК26013-010, 10 - агрегат вакуумный 2НВР-5ДМ, 11 - агрегат вакуумный 2НВР-01Дм, 12 - вентиль СК26013-025, 13 – вентиль, 14 - компрессор SC10G, 15 - конденсатор воздушный, 16 – вентиль, 17 - фильтр-осушитель, 18 - соленоидный вентиль, 19 – маслоотделитель, 20 - электронное ТРВ, 21 – ресивер, 22 – термобалон, 23 - отделитель жидкости, 24 - компрессор SC21CL, 25 – теплообменник, 26 – вентиль, 27 – клапан, 28 – натекатель, 29 - девакумирующий вентиль.

Рисунок 7 – Принципиальная схема экспериментального стенда для изучения вакуумной сублимационной сушки



Выбранная установка является универсальной для сушки широкого ассортимента сырья и может быть использована для сушки продуктов животного происхождения. Эксперименты проводили в режиме классической сублимационной сушки, при которой удаление влаги происходит посредством фазового перехода «лёд – пар», при  $P = 0,1 - 0,5$  мм.рт.ст. (10 – 70 Па) [179].

Технологический процесс вакуумной сублимационной сушки выполнялся в следующей последовательности:

1) Подготовленное сырьё помещали на противни, слоем толщиной  $5 \pm 1$  мм<sup>2</sup>.

2) Создавалось рабочее давление в камере, соответствующее режиму испарения влаги в вакууме. Рабочее давление для вакуумной сушки находится в пределах от 30 до 40 мм.рт.ст. (4000 Па ÷ 5300 Па).

3) Осуществлялся теплоподвод к объекту сушки (кондуктивный и радиационный) плоскими экранированными электронагревателями до заданных температур (которые зависят от предельной максимально заданной для сырья температуры, она обычно регулируется в диапазоне 20...50 °С).

4) Выполнялась первая стадия процесса (испарение влаги в вакууме) до удаления заданного количества влаги.

5) По окончании первой стадии цикла отключались электронагреватели, и сбрасывалось давление до 0,1 ÷ 0,4 мм.рт.ст. Происходило криоконцентрирование продукта. Температура замороженного продукта в соответствии с технологическим регламентом на его производство обеспечивалась в диапазоне минус 20 до минус 30°С;

6) После полного замораживания продукта вторично осуществлялся подвод теплоты и начинался процесс классической сублимационной сушки.

7) Выполнялся цикл сушки сырья при выполнении подъема температуры его поверхности до предельно допустимого значения и далее при

поддерживании ее в заданных пределах (для пищевых продуктов 40...50 °С) до полного выполнения цикла.

8) По окончании цикла сушки отключались холодильные и вакуумные станции. Далее девакуумировалась камера и удалялся продукт [106, 137, 138, 139].

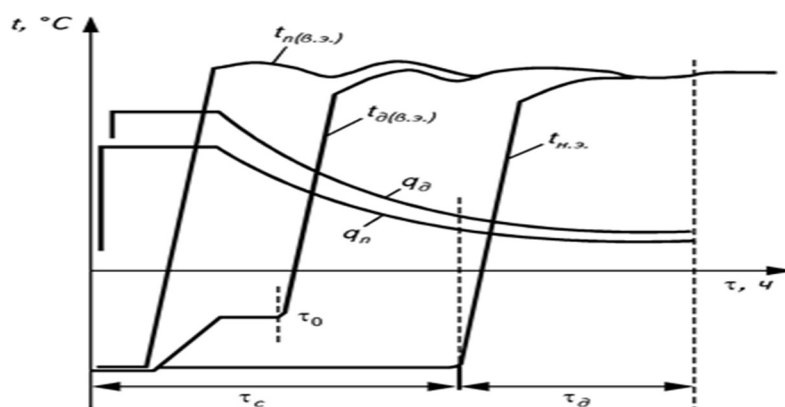
Продолжительность сушки составила 8 ч до конечного содержания влаги в продуктах 4,9 -7,9 %.

Рабочие параметры сублимационной сушки:

- начало вакуумирования:  $T$  десублиматора = - 20°С;  $T_{пр}$  = - 17°С;  $T_{наг}$  = 10,5°С;

- начало сушки:  $T$  десублиматора = -30 °С;  $P_{кам}$  = 159 Па;  $T_{пр}$  = -19°С;

График сублимационной сушки представлен на рис. 8 [137, 138, 139].



$t_{п(в.э.)}$ ,  $t_{д(в.э.)}$ ,  $t_{н.э.}$  – верхние экстремальные температуры на поверхности, у дна и нижняя экстремальная температура;  $q_{п}$  и  $q_{д}$  – радиационный тепловой поток к открытой поверхности материала и от дна, через замороженный слой;  $\tau_c$  и  $\tau_d$  – длительности сублимации и досушки;  $\tau_0$  – условное время продвижения фронта сублимации ко дну

Рисунок 8 – Термограмма сублимационной сушки коллагеновых гидролизатов из кожи рыб

**Методические основы математического моделирования.** Повседневный пищевой рацион, даже составленный в соответствии с рекомендуемыми нормами [1, 149], как правило, не полностью обеспечивает организм человека всеми необходимыми функциональными ингредиентами [149].

Чаще всего в дефиците остаются полноценные по аминокислотной сбалансированности белки и пищевые волокна, обладающие также профилактическими свойствами.

В связи с этим разрабатываются комбинированные пищевые изделия с использованием различных видов как животного, так и растительного сырья или композиций на их основе [1, 40, 106, 149].

Основопологающей задачей разработчиков новых видов поликомпонентных продуктов является обоснование соотношений рецептурных компонентов животного и растительного происхождения в пищевых добавках, комплексах и композициях, используемых при производстве продуктов питания [1, 149]. На сегодняшний день имеется большое количество научных трудов как теоретического так экспериментального характера, которые посвящены созданию и проектированию многокомпонентных, сбалансированных по пищевой ценности продуктов, основанных на теории адекватного, рационального и сбалансированного питания. Данные вопросы питания и их решения изложены в основополагающих трудах А.М. Уголева [132, 149, 151], И.А. Рогова [132-133, 149], Н.Н. Липатова (мл.), Е.И. Титова [149-152], Л.С. Абрамовой [1] и др. [1, 106, 149, 150, 124].

Ниже описывается подход к созданию многокомпонентных пищевых композиций с использованием современных методов математической и компьютерной обработки.

При проектировании рецептуры сбалансированного продукта ставят следующие задачи:

- 1) Составить балансовые уравнения по химическому составу конечного продукта (жир, белок, углевод, сумма ПНЖК);
- 2) Установить технологические ограничения на использование отдельных видов ингредиентов;
- 3) Определить функцию цели для проведения оптимизации рецептуры;

4) Решить поставленную задачу в компьютерной математической системе с помощью программы MicrosoftExcel через надстройки «Поиск решения»;

5) Проанализировать с технологической и экономической точек зрения варианты рецептур (композиций), и выбрать альтернативу (вариант), наиболее полно отвечающий поставленным целям [106, 149].

При выборе процентного соотношения компонентов в пищевых композициях руководствовались рядом нижеперечисленных критериев, удовлетворяющих заданным параметрам адекватности и качеству для рецептурной оптимизации многокомпонентной смеси [149].

**1. Критерий оптимизации по элементам химического состава, определяющим пищевую ценность (белок, жир, углевод) моделируемого продукта:**

$$P(z) = \sum_{i=1}^n \left[ \left( z_i^0 - \sum_{j=1}^m b_{ij} x_j \right) \right]^2 \rightarrow \min, \quad (17)$$

где  $z_i^0$  - эталонное содержание  $i$ -го элемента пищевой ценности;

$b_{ij}$  - удельное содержание  $i$ -го элемента химического состава (белка, жира, влаги и т.д.) в  $j$ -м рецептурном компоненте проектируемого продукта;

$x_i$  - массовая доля  $i$ -го компонента рецептура.

**2. Критерий минимального отклонения от заданной структуры минорных компонентов (ПНЖК)**

$$P_i(V) = \sum_{k=1}^n \left( V_k^0 - \frac{\sum_{j=1}^m b_{kj} x_j}{\sum_{j=1}^m x_j} \right) \rightarrow \min \quad i = 1, 2, 3 \quad (18)$$

В качестве ограничений используются следующие соотношения:

- отношение содержания белка к содержанию жира и углеводов

$$\frac{\sum_{i=1}^m b_i^a x_i}{\sum_{i=1}^m b_i^x x_i} = 1:1 \quad (19)$$

$$\frac{\sum_{i=1}^m b_i^a x_i}{\sum_{i=1}^m b_i^y x_i} = 1:4$$

где  $b^a_i, b^{ж}_i, b^y_i$  – массовая доля соответственно белка, жира и углевода  $j$ -ом рецептурном компоненте;

$x_j$  – массовая доля  $j$ -й компоненты рецептуры;

**- элементному химическому составу продукта**

$$L_r^{minr} \leq \sum_{i=1}^m t_{ri} x_i \leq L_r^{maxr} = \overline{1.\chi}. \quad (20)$$

где  $L_r^{minr}, L_r^{maxr}$  – допустимые пределы изменения содержания  $r$ -го элемента в продукте;

$t_{rj}$  – содержание  $r$ -го элемента в  $i$ -ом компоненте рецептуры;

**- по рецептурным компонентам**

$$\sum_{i=1}^m x_i = 100; x_i^{min} \leq x_i \leq x_i^{max}; i = \overline{1.m}. \quad (21)$$

где  $x_i^{min}, x_i^{max}$  – допустимые пределы изменения содержания  $j$ -го компонента в рецептуре продукта,

**- по стоимостным показателям**

$$\sum_{i=1}^m d_n x_i \leq D_p^{max}. \quad (22)$$

где  $d_n$  – стоимость единицы  $j$ -го компонента;

$D_p^{max}$  – максимальная стоимость продукта [1, 106, 149].

Проектирование рецептурного состава пищевого продукта может быть эффективно выполнено только с помощью современного математического аппарата, а также специализированных компьютерных программ, позволяющих смоделировать продукт, удовлетворяющий физиологическим потребностям человека в пищевых веществах. В данной диссертационной работе решение рецептурной оптимизации осуществлялось с помощью надстройки программы Microsoft Excel 365 через табличный процессор «Поиск решения».

## 2.5 Производственные испытания

Производственная апробация результатов исследований проводилась на предприятиях ООО «РК-Сардиния» (Москва) и ООО ФНПП «Салута-М» (Московская область, г. Истра). В ходе испытаний была реализована обоснованная в работе технология получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыб, коллагенно-растительной композиции с их использованием, а также кулинарного рыбного изделия «Рулет из минтая в оболочке» с разработанной композицией в промышленных условиях предприятий ООО «РК-Сардиния» и ООО ФНПП «Салута-М».

В лабораторных условиях предприятия ООО «РК-Сардиния» и ООО ФНПП «Салута-М» выработана опытная партия гидролизатов из кожи нерки, трески и кеты. Далее согласно ТУ «Коллагено-растительная композиция» (ТУ 9283-001-02068634-2015) и патенту №2583660 «Коллагено-растительная композиция для пищевых продуктов» из гидролизатов были изготовлены композиции различного состава в количестве 150 кг. На выработанные партии опытной продукции коллагеновых гидролизатов из кожи рыб и композиции на их основе были получены справки о внедрении технологий в производство.

В производственных условиях ООО «РК-Сардиния» была проведена опытно-промышленная выработка партии рыбных рулетов из минтая с использованием коллагено-растительной композиции на основе гидролизата из кожи нерки, муки из семян льна и муки из клубней топинамбура в количестве 500 кг. Технология производства рыбных рулетов из минтая с коллагено-растительной композиции включала следующие основные операции: разделку тушек минтая, подготовку и измельчение основного и вспомогательного сырья на волчке, составление и перемешивание фарша на фаршемешалке с компонентами по рецептуре, в том числе с предварительно подготовленной коллагено-растительной композицией в количестве 10-15 % от массы рыбного сырья, подготовку овощной начинки, формирование

рулетов, термообработку, охлаждение, контроль качества готовой продукции, упаковывание, маркирование и хранение. Оценка качества выработкой продукции проводилось на предприятии специалистами С.В. Макаровым, Т.И. Кондратьевой с заключением соответствующего акта о внедрении технологии в производство. В результате выработки установлено, что полученный продукт соответствовал требованиям нормативных и технических документов. По внешнему виду готовый продукт имел форму батонов, поверхность которых была чистой и сухой, без повреждений оболочки, наплывов фарша, слипов, бульонных и жировых отеков. Выработанный рулет отвечает потребительским свойствам и высоким показателям качества и соответствует требованиям Технического регламента «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016).

## **2.6 Оценка экономической эффективности продукта**

Анализ экономической эффективности разработанной технологии проводился на примере производства рыбного рулета из минтая в оболочке с коллагено-растительной композицией с помощью метода реального экономического эффекта по прибыли. Основными расчетными показателями являлись себестоимость продукции, оптовая цена, прибыль от реализации, чистая прибыль и рентабельность. Расчеты велись по общепринятым методикам [40, 106].

## **ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КОЛЛАГЕНОВЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ ИЗ КОЖИ РЫБ**

### **3.1 Определение химического состава и свойств кожи океанических видов рыб**

По данным Роскомстата, Россия добывает и перерабатывает порядка 4,5 млн. тонн рыбы в год. При разделке рыбного сырья превалирует выход коллагеносодержащих отходов (кожа, чешуя, хрящи, плавники), варьирующий от 38,0 до 58,0 % в зависимости от видового состава сырья, т.е. от 1,7 до 2,6 млн. тонн отходов в год. Среди них на кожу рыб приходится от 120 до 200 тыс. тонн в год. Кожа рыб в основном перерабатывается на кормовые и технические продукты, но из-за содержания полезных компонентов в ее составе, имеется возможность расширения области применения кожи рыб в производстве продуктов питания. Таким образом, целесообразным является разработка технологий переработки рыбных отходов, в частности кожи рыб, для их рационального использования в таких отраслях пищевой промышленности, как рыбная, мясная и молочная, для получения продуктов питания с заданными свойствами [1, 5, 6, 7, 13, 36, 37, 41, 88, 117].

Интерес к коже рыб оправдывается высоким содержанием соединительнотканых белков, в частности, коллагена, что делает его перспективным источником для получения коллагеновых гидролизатов и препаратов, которые возможно использовать в технологиях различных пищевых, в том числе рыбных продуктов [6, 36, 37, 58, 88, 94, 155]. В связи с этим данные настоящих исследований могут стать теоретической основой для разработки технологии рационального использования данного вида сырья, а также возможность его применения в рыбной отрасли, в качестве основы для создания комбинированных продуктов питания в различных вариациях [11, 13, 15, 37, 65].



Анализ особенностей химического состава, а также свойств кожи рыб показывает, что данный вид сырья обладает высоким потенциалом, который обуславливается содержанием коллагена и высокими показателями функционально-технологических и реологических свойств, что является характерным для кожного покрова и открывает возможность ее использования при производстве продуктов питания в качестве технологического, а также функционального ингредиента [8-15, 20, 66, 88, 93, 95, 106, 129, 130].

В последнее время ведущими мировыми и отечественными учёными, а также специалистами отраслей пищевой промышленности доказана и обоснована целесообразность использования ферментных препаратов протеолитического действия для обработки сырья с высокой массовой долей коллагена. В результате данной обработки получают коллагеновые гидролизаты или ферментоллизаты с заданными качественными показателями, которые при этом способны сорбировать радионуклиды, токсичные вещества и тяжёлые металлы, а также обеспечивать высокие функционально-технологические свойства многокомпонентных пищевых систем [12, 14, 54, 60, 92, 93, 106, 114].

В настоящей диссертационной работе, в соответствии с поставленными задачами, в качестве основного объекта исследований была выбрана кожа океанических рыб - нерки, трески и кеты. Выбор видов рыб обоснован высокими показателями их вылова в России: для трески - 426849,0 т/год, для нерки - 42047,0 т/год, для кеты – 81270,6 т/год [36, 117]. Именно данные виды рыб наиболее часто подвергаются глубокой разделке при производстве рыбных продуктов, что обуславливает значительные количества отходов, представленных, в том числе и кожей, в среднем 2-7 % от массы рыб [95, 101, 117, 120], что составляет для трески – 8536,98-28879,43 т/год, для нерки – 840,94-2943,29 т/год, для кеты – 1625,41-5688,94 т/год.

Кожа рыб в естественном виде характеризуется высокими прочностными характеристиками и неудовлетворительными органолептическими

свойствами, а именно рыбным запахом, что может отрицательно повлиять на качество продукта, а именно на функционально-технологические, структурно-механические и органолептические показатели [8-15, 20, 66, 88]. С целью улучшения свойств кожи рыб и расширения ее области применения проводились научные исследования по разработке биотехнологического способа обработки данного сырья, который способствует получению коллагеновых гидролизатов с повышенными качественными показателями.

На первом этапе работы исследовали химический состав, физико-химические, функционально-технологические и реологические свойства исходного сырья, которые сопоставляли с дальнейшими результатами исследований. Физико-химические показатели, прежде всего, химический состав, характеризует пищевую, в том числе, биологическую ценность применяемого при производстве продуктов питания сырья. С учетом химического биопотенциала последнего, возможно, спрогнозировать целесообразность использования данного вида сырья в технологиях различных пищевых продуктов [37, 106].

Непосредственно перед проведением исследований, очищенную от чешуи и прирезей мышечной ткани, кожу рыб в замороженном виде подвергали измельчению на волчке с диаметром отверстий 2-3 мм. Результаты по изучению химического состава, физико-химических, функционально-технологических и реологических свойств кожи нерки, трески и кеты представлены на рисунке 9 и в таблице 8.

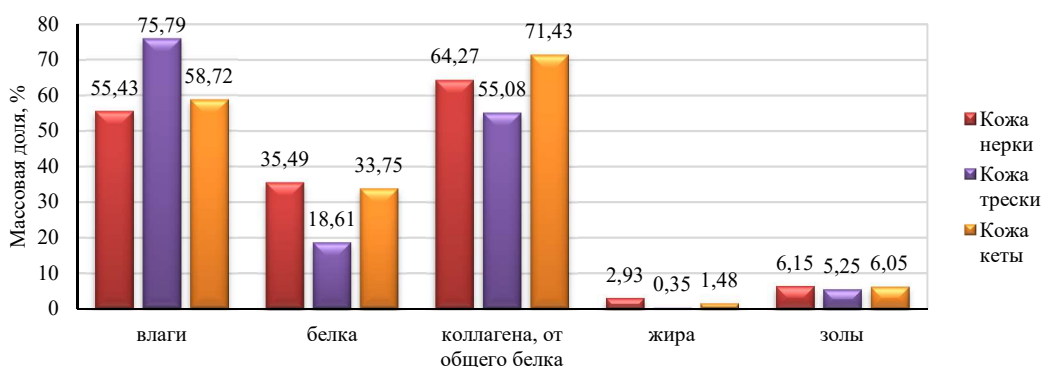


Рисунок 9 – Химический состав кожи рыб

Таблица 8 – Физико-химические, функционально – технологические и реологические свойства исследуемой кожи рыб

Наименование показателя	Исследуемые виды кожи океанических рыб		
	Кожа нерки	Кожа трески	Кожа кеты
рН, ед.	5,66±0,02	5,87±0,03	5,75±0,03
ВСС, % к общей влаге	93,82±3,92	61,41±2,57	97,58±4,08
ВУС, % к сухому веществу	101,80±4,25	263,73±8,02	113,66±4,75
ЖУС, % к сухому веществу	72,58±3,03	47,32±1,97	87,25±3,65
Пластичность, 10 <sup>-2</sup> см <sup>2</sup> /г	1,07±0,05	1,62±0,07	1,03±0,04
ПНС, Па	1534±38,21	1236,45±28,76	1413,74±31,83
Эффективная вязкость, Па·с	2432,17±72,37	1973,45±34,21	2276,25±65,96

Кожа трески содержала – 75,79 % влаги, что на 20,36 и 17,07 % больше, чем в коже нерки и кеты, у которых данный показатель находился практически на одинаковом уровне. Кроме того, кожа трески имела в своем составе наименьшее содержание жира, по сравнению с другими объектами исследования. Данный факт объясняется тем, что треска относится к нежирным видам рыб, что обуславливает ее использование в технологии диетических продуктов питания. Наименьшее содержание влаги в коже нерки и кеты говорит о более плотной ее структуре, что непосредственно связано с содержанием белков, в том числе соединительнотканых, в частности коллагена. По содержанию белка самый высокий показатель имела кожа нерки – 35,49 %, что на 16,88 % и 1,74 % больше, чем у кожи трески и кеты соответственно. Наиболее высокое содержание соединительнотканых белков наблюдалось у кожи кеты, что связано с особенностями строения данного вида рыб. Все образцы имели высокое массовое содержания золы, что характерно для данного вида рыбного сырья [53].

Показатели рН исследуемых образцов находились в пределах близких к нейтральной среде, а именно от 5,66 до 5,87.

Наибольшей влагосвязывающей способностью (ВСС) обладала кожа кеты, превышая значение данного показателя для кожи нерки на 3,76 % и на 36,17 % для кожи трески. Значение водоудерживающей способности (ВУС)

больше у кожи трески, что, можно объяснить большим содержанием влаги в данном образце исследуемого сырья. Показатель жиродерживающей способности (ЖУС) кожи кеты был выше, чем у кожи нерки и трески, что возможно связано с большим содержанием соединительнотканых белков, в частности коллагена. По показателю пластичности наибольшее значение имела кожа трески.

Измельчённая кожа выбранных видов рыб представляла собой высокопрочную систему, что обусловлено высокими показателями предельного напряжения сдвига (ПНС) и эффективной вязкости. Наибольшими, данные показатели, были у кожи нерки, что также объясняется высокой массовой долей белка в ее составе и меньшем содержанием влаги по сравнению с другими видами кожи.

Проанализировав химический состав и свойства кожи нерки, трески и кеты, можно сделать вывод о возможности ее использования для получения коллагеновых гидролизатов, в связи с высокими значениями массовой доли коллагена, функционально-технологических и реологических свойств.

### **3.2 Обоснование выбора режимов и параметров ферментативной обработки кожи рыб**

При подборе ферментного препарата для ферментативной обработки кожи рыб с целью расщепления соединительнотканых белков и получения коллагеновых гидролизатов, принимались во внимания следующие факторы:

- активность ферментного препарата и его специфичность действия по отношению к коллагену;
- не трудоёмкость технологического процесса ферментации;
- доступность ферментного препарата;
- оптимум действия фермента при pH, близкой к рыбному сырью.

Для изучения воздействия на рыбное коллагенсодержащее сырье был выбран ферментный препарат животного происхождения «Протепсин»,

производимый ЗАО «Эндокринные ферменты» по ТУ 9219-005-42789257-2005. Данный ферментный препарат представляет собой порошок светло-серого цвета, является энзимным препаратом животного происхождения, содержащий комплекс кислых протеиназ и предназначенный для обработки мясного и рыбного сырья. По своему ферментному составу препарат полностью сбалансирован по составу протеиназ, благодаря чему может воздействовать на различные белковые структуры, переводя их в более доступную форму для использования в технологии получения продуктов питания. Действие протепсина на белки мышечной ткани аналогично действию внутриклеточных ферментов (катепсинов), он является их синергистом с дополнительными качествами [35, 128]. За счет сбалансированности состава, дополнительных качеств и свойств Протепсин способен проявлять свои свойства в более широких диапазонах технологических параметров, а также воздействовать на те белковые системы, в которых внутриклеточные ферменты не действуют или оказывают действие в незначительной степени. Протепсин, обладая коллагеназной активностью, способен высвобождать из коллагена аминокислоты (пролин, гидроксипролин, оксипролин и гидроксизин), что позволяет перевести его в гидролизованную форму [35, 127, 128]. Технологические характеристики ферментного препарата «Протепсин» представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технологические характеристики ферментного препарат «Протепсин» (согласно данным производителя) [35, 128]

Показатель	Значение
Оптimum действия: - кислотный, pH - термический, °C	6,5 40
Область стабильности: - кислотный, pH - термический, °C	4,5-6,0 25-45
Общая протеолитическая активность ед/г	150
Температура инактивации, °C	70

Технологические и функциональные свойства коллагеновых волокон, выделенных из различных источников животного сырья и используемых при производстве различных продуктов питания, во многом зависят от их структуры. Коллагеновые волокна в нативном состоянии характеризуются невысокими функционально-технологическими свойствами. Данное обстоятельство связано с низкой доступностью функциональных и гидрофильных групп, а также активных центров. При этом нужно учитывать, что сильное дезагрегирование коллагеновых волокон может привести к снижению некоторых функционально-технологических свойств, как например, в случае желатина, обладающего способностью к набуханию и образованию студней, но недостаточно хорошо удерживающего влагу, по сравнению с коллагеновыми волокнами и их фракциями более высокого молекулярного порядка [37, 40, 106].

В связи с этим проводили исследования по изучению условий для получения гидролизированных форм коллагеновых белков, обладающих заданной степенью биоагрегации, высокой технологической функциональностью и имеющих в своем составе высоко- и среднемолекулярные пептидные фракции.

При увеличении площади контакта реагируемых фаз, скорость биохимических реакций способна резко возрасти, поэтому кожу рыб первоначально подвергали механическому измельчению с последующей ее ферментативной обработкой.

Исследуемое рыбное коллагенсодержащее сырье (кожу нерки, трески и кеты) после промывки водой температурой 18-20 °С в течение 20 мин, зачистки от чешуи и прирезей мышечной ткани, подмораживали и подвергали измельчению на волчке с диаметром отверстий подрезной решетки 2-3 мм. Более мелкое измельчение нецелесообразно, так как затрудняется отделение фракций фильтрата от гидролизата после ферментации. Ферментативную обработку проводили в водном растворе фермента. Для этого соответствующее количество ферментного препарата

«Протепсин» растворяли в воде с температурой 30-35 °С и заливали измельченное сырье. Гидромуль сырье:водный раствор равнялся 1:2, и был подобран экспериментально, с учетом полного погружения сырья в раствор.

На основе анализа научно-технической и патентной литературы для ферментативной обработки кожи рыбы были подобраны дозировки ферментного препарата, которые составляли ряд 0,005; 0,01; 0,05 и 0,1 % к массе сырья с продолжительностью воздействия от 1,5 до 3 часа с шагом 30 мин. Ферментативную обработку образцов кожи рыб проводили при постоянном перемешивании и температуре 35 °С. Данная температура входит в область стабильности ферментного препарата «Протепсин» [128].

Для инактивации ферментного препарата температуру раствора с гидролизатом доводили до 70 °С и выдерживали в течение 15 мин [128]. Гидролизат получали непосредственно после ферментации посредством механического отделения жидкой субстанции (фильтрат) от субстрата (гидролизат) через фильтр с диаметром отверстий 0,1 мм.

Критериями, определяющими эффективность ферментации, являлись показатели: накопление продуктов гидролитического распада, которые содержат в своем составе пептидные связи и обладают высокими функционально-технологическими свойствами, и минимальные потери белковых фракций во время обработки.

С целью обоснования влияния ферментативной обработки на основные свойства исследуемого коллагенсодержащего сырья и установления требуемых режимов и параметров ферментации, изучали химический состав коллагеновых гидролизатов из кожи рыб, в том числе потери белка, функционально-технологические и структурно-механические свойства, а именно влагосвязывающую, жирудерживающую и водоудерживающую способности, предельное напряжение сдвига, эффективную вязкость и молекулярную массу.

Для простоты восприятия результатов экспериментов принято следующее обозначение вариантов обработки: КГКР с/т, где КГКР – коллагеновый

гидролизат из кожи рыб (для кожи нерки – КГКН; для кожи трески - КГКТ; для кожи кеты - КГКК) с – дозировка ферментного препарата; t – продолжительность обработки. Контролем или нативным образцом служила, кожа рыб, не обработанная ферментным препаратом «Протепсин». Изменение химического состава во время ферментативной обработки кожи рыб представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Влияние ферментативной обработки на изменение химического состава в объектах исследования

с*	Массовая доля											
	влаги, %			белка, %			жира, %			зола, %		
	КГКН	КГКТ	КГКК	КГКН	КГКТ	КГКК	КГКН	КГКТ	КГКК	КГКН	КГКТ	КГКК
<b>0</b>	55,43 ±2,32	75,79 ±3,16	58,72 ±2,45	35,49 ±0,39	18,61 ±0,21	33,75 ±0,37	2,93 ±0,12	0,35 ±0,05	1,48 ±0,06	6,15 ±0,26	5,25 ±0,22	6,05 ±0,25
<b>t** = 1,5 ч</b>												
<b>0,005</b>	68,60 ±2,87	78,24 ±3,27	68,05 ±2,84	22,52 ±0,25	16,66 ±0,18	24,72 ±0,27	2,86 ±0,12	0,30 ±0,03	1,36 ±0,06	6,02 ±0,25	4,80 ±0,20	5,87 ±0,25
<b>0,01</b>	69,84 ±2,92	78,95 ±3,30	70,68 ±2,95	21,70 ±0,24	16,39 ±0,18	22,96 ±0,25	2,58 ±0,11	0,26 ±0,02	1,33 ±0,06	5,88 ±0,25	4,40 ±0,18	5,03 ±0,21
<b>0,05</b>	70,62 ±2,95	80,44 ±3,36	71,10 ±2,97	21,57 ±0,24	15,75 ±0,17	22,93 ±0,25	2,54 ±0,11	0,22 ±0,01	1,29 ±0,05	5,27 ±0,22	3,59 ±0,15	4,68 ±0,20
<b>0,1</b>	72,91 ±3,05	81,34 ±3,40	72,59 ±3,03	19,56 ±0,22	15,04 ±0,17	21,84 ±0,24	2,41 ±0,10	0,18 ±0,01	1,15 ±0,05	5,12 ±0,21	3,44 ±0,14	4,42 ±0,18
<b>t = 2 ч</b>												
<b>0,005</b>	70,14 ±2,93	80,54 ±3,37	70,04 ±2,93	21,23 ±0,23	14,78 ±0,16	22,91 ±0,25	2,68 ±0,11	0,29 ±0,03	1,32 ±0,06	5,95 ±0,25	4,39 ±0,18	5,73 ±0,24
<b>0,01</b>	71,21 ±2,97	81,21 ±3,40	71,25 ±2,98	20,58 ±0,23	14,67 ±0,16	22,80 ±0,25	2,59 ±0,11	0,22 ±0,02	1,27 ±0,05	5,62 ±0,23	3,90 ±0,16	4,68 ±0,20
<b>0,05</b>	72,48 ±3,03	81,94 ±3,43	71,72 ±3,00	20,22 ±0,22	14,31 ±0,16	22,68 ±0,25	2,11 ±0,09	0,19 ±0,01	1,21 ±0,05	5,19 ±0,22	3,56 ±0,15	4,39 ±0,18
<b>0,1</b>	73,71 ±3,08	82,37 ±3,44	72,54 ±3,03	20,16 ±0,22	14,20 ±0,16	22,16 ±0,24	1,47 ±0,06	0,16 ±0,01	1,18 ±0,05	4,66 ±0,19	3,27 ±0,14	4,12 ±0,17
<b>t = 2,5 ч</b>												
<b>0,005</b>	70,95 ±2,97	82,22 ±3,44	73,60 ±3,08	20,60 ±0,23	13,79 ±0,15	20,11 ±0,22	2,58 ±0,11	0,26 ±0,02	1,27 ±0,05	5,87 ±0,25	3,73 ±0,16	5,02 ±0,21
<b>0,01</b>	71,56 ±2,99	82,38 ±3,44	74,22 ±3,10	20,53 ±0,23	13,69 ±0,15	20,01 ±0,22	2,43 ±0,10	0,23 ±0,01	1,16 ±0,05	5,48 ±0,23	3,70 ±0,15	4,61 ±0,19
<b>0,05</b>	73,07 ±3,05	83,89 ±3,51	76,44 ±3,20	19,22 ±0,21	13,34 ±0,15	18,81 ±0,21	2,39 ±0,10	0,10 ±0,01	1,01 ±0,04	5,32 ±0,22	2,67 ±0,11	3,74 ±0,16
<b>0,1</b>	75,38 ±3,15	85,23 ±3,56	77,63 ±3,25	18,87 ±0,21	13,06 ±0,14	17,98 ±0,20	2,27 ±0,09	0,07 ±0,01	0,95 ±0,04	3,48 ±0,15	1,64 ±0,07	3,44 ±0,14
<b>t = 3 ч</b>												
<b>0,005</b>	70,64 ±2,95	80,35 ±3,36	71,93 ±3,00	21,18 ±0,23	16,52 ±0,18	21,86 ±0,24	2,57 ±0,11	0,29 ±0,03	1,22 ±0,05	5,61 ±0,23	2,84 ±0,12	4,99 ±0,21
<b>0,01</b>	71,01 ±2,97	80,84 ±3,38	72,18 ±3,02	21,15 ±0,23	16,46 ±0,18	21,78 ±0,24	2,40 ±0,10	0,26 ±0,02	1,15 ±0,05	5,44 ±0,23	2,44 ±0,11	4,89 ±0,20
<b>0,05</b>	72,14 ±3,02	81,64 ±3,41	73,32 ±3,07	20,23 ±0,22	16,21 ±0,18	20,84 ±0,23	2,33 ±0,10	0,15 ±0,01	0,99 ±0,04	5,30 ±0,22	2,00 ±0,08	4,85 ±0,20
<b>0,1</b>	74,50 ±3,11	81,95 ±3,43	73,72 ±3,09	20,21 ±0,22	16,17 ±0,17	20,78 ±0,23	2,17 ±0,09	0,10 ±0,01	0,86 ±0,03	3,12 ±0,13	1,78 ±0,07	4,64 ±0,19

Примечание: с\* – дозировка ферментного препарата, %; t\*\* – продолжительность обработки, ч.



Проанализировав полученные экспериментальные данные, можно сделать вывод о том, что наибольшие структурные изменения, наблюдаемые визуально, произошли во всех образцах, обработанных раствором с ферментным препаратом «Протепсин» при дозировке 0,1 % к массе кожи рыб. Общее повышение массовой доли влаги составляло в КГКН - от 68,60 до 75,38 %, КГКТ – от 78,24 до 85,23 % и КГКК – от 68,05 до 77,63 %. Образцы КГКР 0,05/2,5 и КГКР 0,1/2,5 имели наибольшую массовую долю влаги по сравнению с контрольным образцом, увеличение составляло 8,10 % и 9,44 %, соответственно.

Массовая доля влаги в образцах КГКТ 0,005/1,5 и КГКТ 0,01/1,5 близка к значению данного показателя в нативном сырье: КГКТ 0,005/1,5 - больше на 2,45 %, а КГКТ 0,01/1,5 - больше на 3,16 %. Данную динамику изменения массовой доли влаги, по сравнению с контрольным образцом необработанной кожи рыб, можно объяснить начальной стадией деструкции белковых волокон при данном способе обработки. Увеличение массовой доли влаги во всех образцах при повышении концентрации ферментного препарата «Протепсин» связано с разрывом цепей коллагена и увеличением межцепочечных расстояний.

Наибольшее содержание влаги наблюдалось в образцах с продолжительностью обработки 2,5 ч, независимо от вида кожи рыб. Например, в КГТН 0,05/2,5 содержание влаги составило 73,07 %, что выше по сравнению с КГТН 0,05/2,0 в котором данный показатель был на уровне 72,48 %. При 3-х часовой обработке наблюдалось понижение анализируемого показателя. Данная динамика объясняется активностью ферментного препарата, которая достигала своего максимального значения при ферментации в течение 2,5 ч, после чего имел место спад активности и понижение скорости процессов гидролиза, что и приводило к снижению содержания влаги при 3-х часовой обработке.

Повышение концентрации ферментного препарата приводило к уменьшению массовой доли белка во всех образцах КГКР в среднем для КГКН – на 3,65 %, КГКТ – на 3,60 % и КГКК – на 6,74 %. Наибольшие изменения массовой доли белка наблюдались при 2,5 часовой обработке, что объясняется максимально активными процессами ферментативного гидролиза кожи рыб, по сравнению с 3-х часовой обработкой объектов исследования. Изменения массовой доли белковых веществ в меньшую сторону, в зависимости от концентрации ферментного препарата и времени обработки, связаны с повышением влаги в системе и деструктивными изменениями белка, что приводит к переходу его некоторой части в раствор.

При повышении концентрации ферментного препарата и продолжительности обработки происходили потери белковых веществ во всех образцах, например, для КГКН 0,1/3 потери составили 1,38 %, для КГКТ 0,1/3 – 0,96 % и КГКК 0,1/3- 1,24 %. Наименьшие потери массовой доли белка, по сравнению с другими видами сырья, независимо от параметров ферментативной обработки, наблюдались в образцах гидролизатов из кожи трески (рисунок 10).

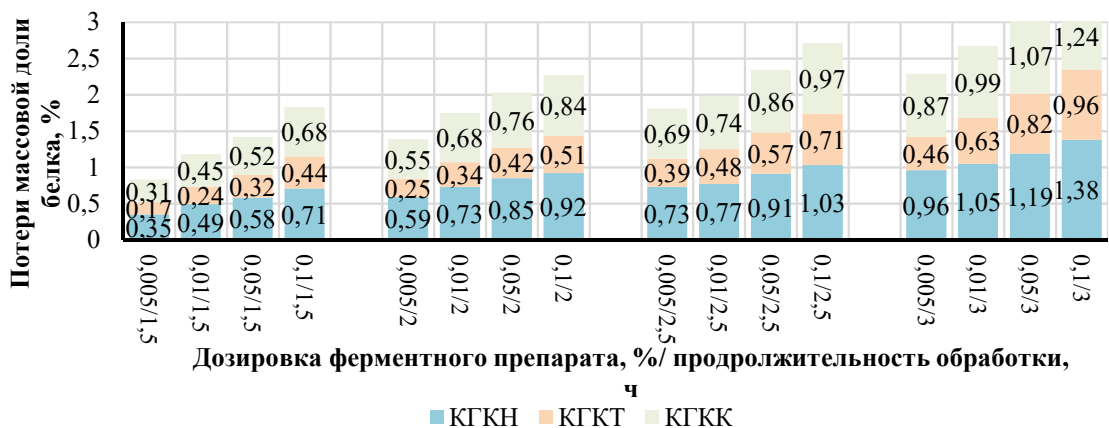


Рисунок 10 – Потери массовой доли белка в зависимости от дозировки ферментного препарата и продолжительности обработки

Потери массовой доли белка также объяснялись деструкцией белковых молекул, в результате чего часть фермента проникала вглубь белка, что

вызывало дополнительный гидролиз, приводивший к переходу его части в раствор и, соответственно, к уменьшению общей массовой доли белка в образцах.

Содержание жира понижалось во всех исследуемых образцах с увеличением концентрации ферментного препарата и продолжительности обработки (таблица 10), что объясняется частичным гидролизом жира, в результате чего он переходил в раствор во время ферментации. Содержание золы также уменьшалось, что связано с разрушением молекулярных связей, удерживающих ионы элементов, в результате чего они также переходят в раствор. Минимальные значения данных показателей наблюдались при дозировке ферментного препарата 0,1 %, независимо от продолжительности обработки и вида кожи рыб.

Для обоснования результатов исследований было изучено влияние ферментативной обработки на содержание соединительнотканых белков, а именно, коллагена. На рисунке 11 представлены результаты по определению содержания коллагена в КГКР из кожи рыб, в зависимости от вариантов ферментативной обработки.

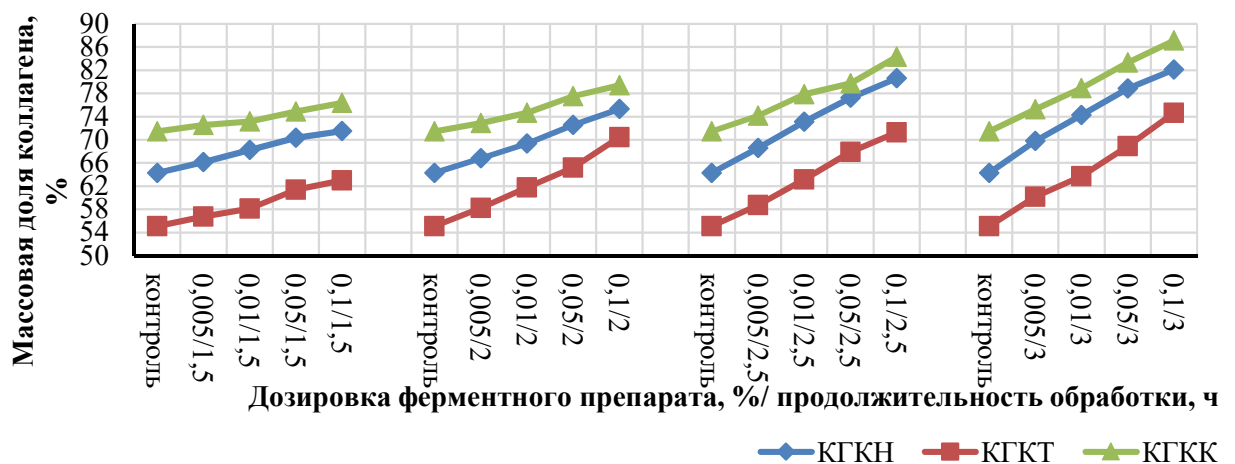


Рисунок 11 – Изменение массовой доли коллагена в КГКР в зависимости от дозировки ферментного препарата и продолжительности обработки

Из рисунка 11 видно, что увеличение таких параметров обработки, как дозировка ферментного препарата и продолжительность обработки, приводило к повышению массовой доли соединительнотканых белков, а именно коллагена. Его максимальный прирост составлял на 14,56 - 17,96 % при дозировке ферментного препарата 0,1 % и продолжительности обработки 3 ч. При этом количество общего белка уменьшалось (таблица 10) в результате перехода части белковой фракции во время ферментативной обработки в раствор, в зависимости от степени гидролиза кожи рыб.

Результаты изменений функционально-технологических свойств КГКР, в зависимости от дозировки ферментного препарата и продолжительности обработки, представлены на рисунках 12-14.

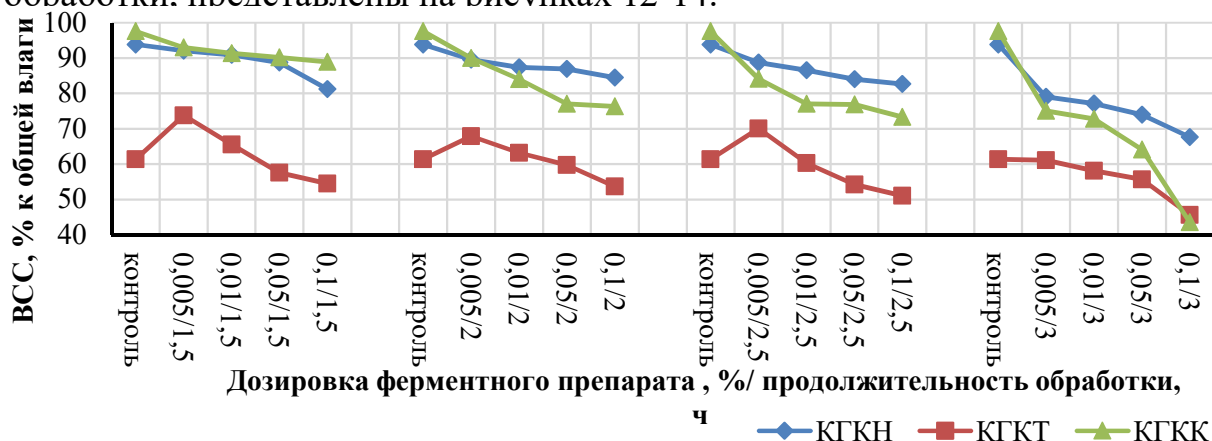


Рисунок 12 – Изменение влагосвязывающей способности КГКР в зависимости от дозировки ферментного препарата и продолжительности обработки

Влагосвязывающая способность - один из важнейших показателей сырья, отражающий характер взаимодействия в системе «белок – вода». Значения данного показателя отражают влияние такие факторы, как растворимость белковых систем, содержание, вид, состав белка, способ обработки и т.д. Из данных рисунка 12 видно, что для всех исследованных образцов показатель ВСС имел более высокие значения при 1,5-а часовой обработке, чем при 3-х часовой, что объясняется степенью гидролиза коллагеновых волокон.

При 3-х часовой обработке коллагеновые волокна подвергались глубокому гидролизу, приводящему к полному их распаду и ухудшению способности связывать влагу. Так, например, в образце КГКН 0,005/1,5 значение ВСС было выше на 13,03 %, по сравнению с образцом КГКН 0,005/3, для КГКК 0,005/1,5 - на 17,95 %, в зависимости от образца КГКК 0,005/3, а для образца КГКТ 0,005/1,5 - на 12,71 % соответственно. Во всех исследованных образцах, кроме КГКТ, значения ВСС ниже, чем у контроля в среднем на 4 %, у КГКТ 0,005/1,5 значения данного показателя выше на 12,39 %, по сравнению с контролем. Увеличение ВСС в процессе полуторачасовой ферментативной обработки в КГКТ, можно объяснить набуханием коллагеновых волокон в сырье. С повышением дозировки ферментного препарата, а также продолжительности обработки, наблюдалось понижение ВСС во всех изучаемых образцах. Данная закономерность объясняется разрывом пептидных и межмолекулярных связей белков, в частности, коллагена во время ферментации, в результате чего белки уже не способны связывать влагу и ВСС уменьшается.

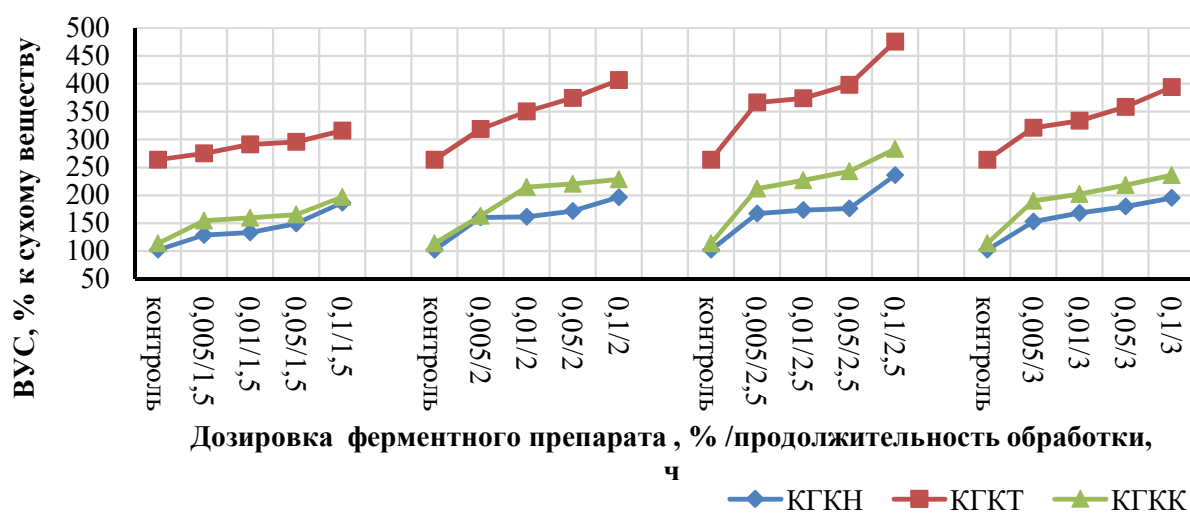


Рисунок 13 – Изменение водоудерживающей способности КГКР в зависимости от дозировки ферментного препарата и продолжительности обработки

Для всех образцов значения ВУС с увеличением времени обработки и дозировки ферментного препарата возрастали, по сравнению с контролем. Наибольшие значения данного показателя наблюдались при дозировке

ферментного препарата 0,1 % и времени обработки 2,5 ч. Например, для КГКН 0,005/1,5 показатель ВУС составил 128,49 %, а для КГКН 0,1 / 2,5 – 235,86 %, такая же закономерность наблюдалась и в остальных образцах.

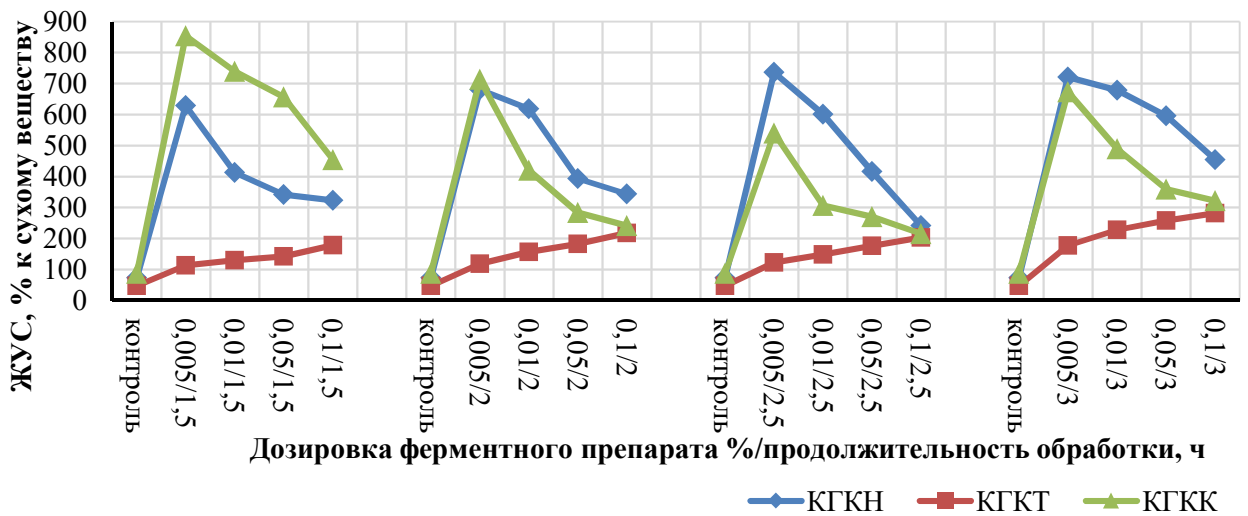


Рисунок 14 – Изменение жиродерживающей способности КГКР в зависимости от дозировки ферментного препарата и продолжительности обработки

По сравнению с контролем, ЖУС увеличивалась у всех исследуемых образцов коллагеновых гидролизатов из кожи рыб. Особенно резкое увеличение наблюдалось в образцах КГКН и КГКК, но с повышением дозировки ферментного препарата, ЖУС в данных образцах понижалась. В образцах КГКТ наблюдалась обратная зависимость - с повышением дозировки ферментного препарата ЖУС повышалась и достигала своего максимального значения при дозировке ферментного препарата 0,1 % и продолжительности обработки 3 ч.

Данную динамику изменения функционально-технологических свойств в исследованных образцах КГКР можно объяснить с применением теоретических аспектов о роли белка и воды в структурировании дисперсной системы при нагревании [40, 92, 106]. Во время ферментной обработки происходит деформация трехмерной суперспирали коллагена, состоящей из 3-х скрученных полипептидных цепей, что объясняется ослаблением и разрывом водородных связей, и освобождением гидроксипролина, который

способен связывать водород через –ОН- группу и тем самым стабилизировать полипептидную цепочку коллагена (см. подглаву 1.2.1). Разрыв водородных, а также полипептидных связей во время ферментативной обработки, приводил к диспергированию волокон коллагена, в результате чего между ними возникают новые реакционно-активные связи, что в одном случае способствует увеличению водоудерживающей способности, а в другом - жирудерживающей способности, вследствие чего обеспечивается формирование стабильной системы белок-жир-вода [37, 40, 106].

Для более полного изучения параметров ферментативной обработки, также изучали влияние дозировки ферментного препарата и продолжительности обработки на реологические свойства КГКР. В качестве реологических свойств исследовали изменение предельного напряжения сдвига и эффективной вязкости в образцах гидролизатов. Результаты данных исследований представлены на рисунках 15-16.

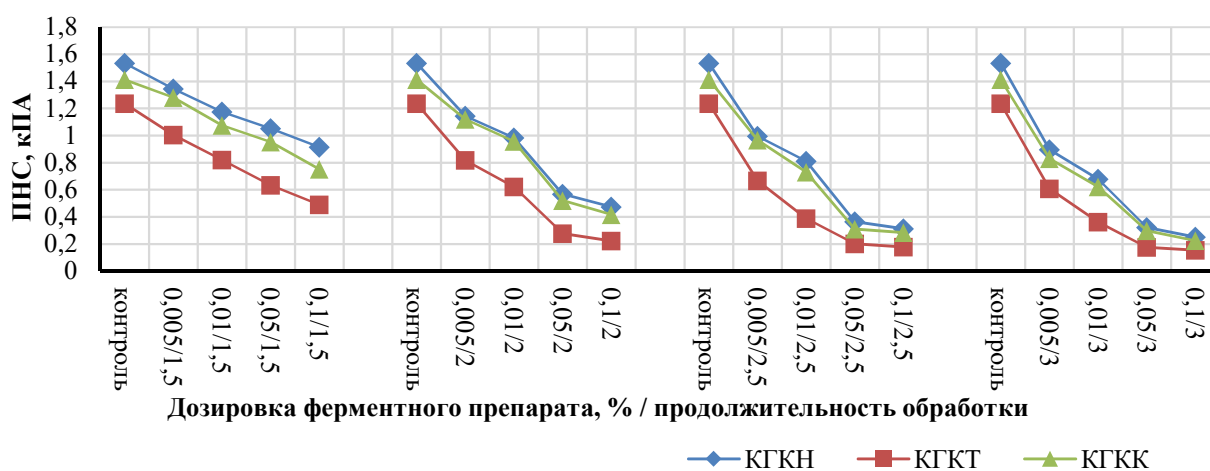


Рисунок 15 – Изменение предельного напряжения сдвига КГКР, в зависимости от дозировки ферментного препарата и продолжительности обработки

Из данных рисунка 15 видно, что предельное напряжение сдвига постепенно понижалось с увеличением концентрации и времени обработки. Минимальное значение данного показателя наблюдалось при дозировке ферментного препарата 0,1 % и продолжительности обработки 3 ч и

составляло для КГКН – 0,351, КГКТ – 0,204 и КГКК – 0,325 кПа соответственно. Это связано с понижением прочностных характеристик кожи рыб во время ферментации. В результате ферментативного гидролиза, увеличивалось присутствие диспергированных белковых волокон, что приводило к образованию гидрофильных связей, которые присоединяли к себе диполи воды. При увеличении массовой доли влаги (таблица 10), сдвиговые свойства постепенно уменьшаются, о чем и свидетельствуют данные определения предельного напряжения сдвига.

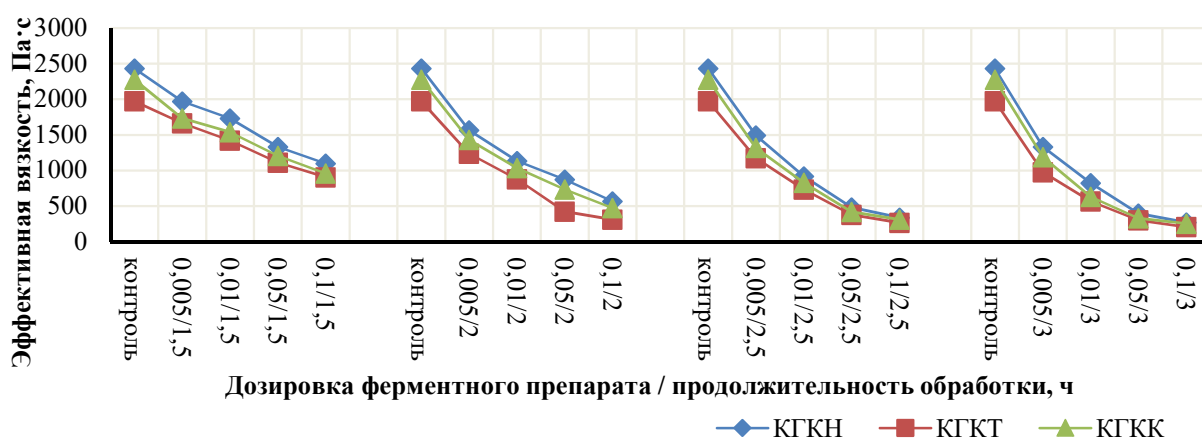


Рисунок 16 – Изменение эффективной вязкости КГКР, в зависимости от дозировки ферментного препарата и продолжительности обработки

Как видно из данных, представленных на рисунке 16, эффективная вязкость гидролизатов из кожи рыб уменьшалась при увеличении дозировки ферментного препарата и продолжительности обработки. Максимальное влияние на эффективную вязкость оказала дозировка ферментного препарата 0,1 %. Независимо от времени обработки, при данной концентрации наблюдались наименьшие значения вязкости. Наибольшие изменения значений показателя вязкости наблюдалось при 3-х часовой обработке, например, для КГКН 0,1/3 эффективная вязкость была на уровне 271,23 кПа·с, что по сравнению с контролем, практически в 10 раз меньше. Снижение эффективной вязкости объясняется гидролизом белковых



компонентов и уменьшением их молекулярной массы за счет образования более мелких белковых фрагментов.

На основании изложенных результатов исследований по изучению химического состава, функционально-технологических и реологических свойств образцов коллагеновых гидролизатов, были выбраны следующие технологические параметры ферментативной обработки кожи рыб: дозировка ферментного «Протеписин» для трех видов кожи 0,05 % от массы сырья; продолжительность обработки - для кожи нерки и кеты 2,5 часа, для кожи трески 2 часа.

Подобранные параметры ферментативной обработки кожи рыб способствуют улучшению ее функционально-технологических свойств и получению коллагеновых гидролизатов с наличием среднемолекулярных пептидов. Данные параметры обуславливают изменение характера взаимосвязи белка, жира и воды в коллагеновой системе на основе ферментированной кожи и способствует увеличению в ней влагосвязывающей, водо- и жирудерживающей способностей, независимо от вида рыбы [37, 40, 65, 66, 69, 70, 71, 73, 75, 76, 106].

Для подтверждения наличия в коллагеновых гидролизатах из кожи рыб пептидов коллагенового волокна, были проведены исследования молекулярной массы белковой фракции КГКР, данные которых представлены в таблице 11.

Таблица 11– Молекулярная масса белков КГКР

Исследуемый образец	Молекулярная масса, кДа
Не ферментированная кожа нерки/КГКН	453,45±15,21 /20,42 ±3,21
Не ферментированная кожа трески/КГКТ	437,17±14,37/22,82±4,19
Не ферментированная кожа кеты /КГКК	449,78±15,27/21,53±3,45

Данные исследований по определению молекулярной массы свидетельствуют об структурных изменениях, которые произошли в полипептидных цепочках коллагена под действием ферментативного гидролиза, и указывают на присутствие в матрице комплексов из полипептидных цепей белка,

которые способствуют формированию плотных гелей, способных в дальнейшем повышать стабильность пищевых систем и готовых продуктов на их основе [92, 106].

Таким образом, в результате проведенной ферментативной обработки исследуемых видов кожи рыб, имела место деструкция их морфологических структур, которая выражалась в виде незначительного набухания и разрыхления пучков коллагеновых волокон, что связано, в первую очередь, с разрушением белковых комплексов [106].

На основе данных по определению молекулярной массы белка можно сделать вывод, что обоснованные параметры ферментативной обработки рыбного коллагенсодержащего сырья, позволяют получить КГКР с наличием фрагментов коллагеновых волокон, а именно ди-, три- и других низкомолекулярных, а также средномолекулярных пептидов с усреднённой молекулярной массой 21,59 кДа, которые в отличие от полных гидролизатов, содержащих только свободные аминокислоты, обладают более высокими функционально-технологическими и структурно-механическими свойствами [18, 19, 20, 106].

### **3.3 Изучение возможности использования лимонной кислоты для улучшения органолептических показателей коллагеновых гидролизатов из кожи рыб**

В рыбе и продуктах ее переработки находится большое количество азотсодержащих экстрактивных веществ, за счёт которых формируется специфический рыбный аромат. К ним относятся такие соединения, как триметиламин, триметиламиноксид, бетаин. Поэтому повышения привлекательности и конкурентоспособности данного рыбного сырья, можно достичь только путем улучшения его качественных показателей. Это связано в первую очередь с улучшением органолептических и технологических

характеристик коллагеновых гидролизатов и готовых изделий с его использованием.

Эффективным способом решения данной проблемы может стать обработка сырья растворами органических кислот. В результате исследования литературных источников, в качестве органической кислоты для обработки коллагеновых гидролизатов из кожи рыб, была выбрана лимонная кислота, которая является наиболее безопасной по сравнению с другими видами кислот, например, уксусной и янтарной. Она широко используется в пищевой отрасли, как пищевая добавка и проста в применении, как технологический ингредиент. Также она не вызывает раздражения слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта, повышает усвояемость организмом кальция и оказывает активирующее или ингибирующее действие на некоторые ферменты. При всех ее особенностях лимонная кислота является эффективным компенсирующим агентом для маскировки рыбного запаха, при этом она не ухудшает других качественных показателей гидролизатов [164, 165, 166].

В связи с этим была проведена обработка полученных КГКР раствором лимонной кислоты для улучшения их органолептических характеристик и сведения к минимуму специфического рыбного запаха. С целью обоснования целесообразности использования данного способа, изучали влияние раствора лимонной кислоты на качественные показатели коллагеновых гидролизатов из кожи рыб, полученные при выбранных режимах ферментации.

Для этого свежеполученные гидролизаты обрабатывали лимонной кислотой различной дозировки в водном растворе: 0,15; 0,30; 0,45 и 0,60 % от массы гидролизата при продолжительности обработки 30, 45 и 60 мин. Обработка производилась при температуре 15-20 °С и постоянном перемешивании, соотношение гидролизат : раствор кислоты составляло 1:3 [164-166]. После водный раствор отделили от КГКР фильтрацией.

Следует отметить, что при дозировке в водном растворе лимонной кислоты 0,15 %, происходили наименьшие изменения качественных

характеристик гидролизатов, прежде всего, рыбного запаха, независимо от продолжительности обработки. При обработке гидролизатов раствором лимонной кислоты при дозировке 0, 45 и 0,60 %, наблюдалось сильное подкисление системы, что не является благоприятным фактором, так как приводит к частичной денатурации белка и, соответственно, к его потерям, особенно при рН раствора, ниже 5,4 (рисунок.17).

Рациональный уровень рН раствора лимонной кислоты для обработки коллагеновых гидролизатов составляет диапазон 5,4 - 5,7. При данном значении рН раствора лимонной кислоты происходит более эффективное удаление небелковых азотистых и экстрактивных веществ, что приводит к снижению рыбного запаха и минимизирует потери белка.

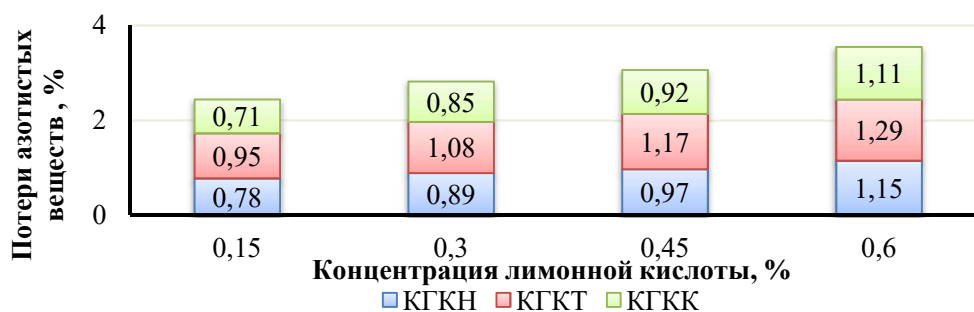


Рисунок 17 – Потери азотистых веществ, в КГКР в зависимости от дозировки лимонной кислоты в растворе от массы гидролизата

Анализ полученных данных позволил выбрать рациональные параметры обработки коллагеновых гидролизатов лимонной кислотой с дозировкой 0,30 % к массе гидролизата при продолжительности обработки 45 мин, более длительная выдержка может привести к высоким потерям белка из-за денатурирующего действия кислоты, что потенциально может отрицательно отразиться на функционально-технологических свойствах КГКР.

На следующем этапе изучалось влияние раствора лимонной кислоты при обоснованных режимах на качественные показатели коллагеновых гидролизатов из кожи рыб.

Особенности влияния водного раствора с лимонной кислотой на физико-химические и функционально-технологические свойства КГКР представлены в таблице 12.

Из таблицы 12 видно, что после обработки раствором лимонной кислоты массовая доля влаги в образцах повышалась для КГКН на 5,20 %, КГКТ на 2,07 % и КГКК на 4,25 %, что связано с набуханием коллагеновых волокон гидролизатов.

Таблица 12 – Физико-химические и функционально-технологические свойства КГКР до и после обработки лимонной кислотой дозировкой 0,3 % к массе гидролизата в составе водного раствора

Наименование показателя	Вид коллагенового гидролизата из кожи рыб					
	КГКН		КГКТ		КГКК	
	до	после	до	после	до	после
Массовая доля влаги, %	73,07 ±2,24	78,27 ±3,05	81,94 ±2,96	84,01 ±3,23	76,44 ±2,83	80,69 ±3,20
Массовая доля белка, %	19,22 ±0,21	17,33 ±0,19	14,31 ±0,16	12,68 ±0,14	18,81 ±0,32	16,35 ±0,21
Массовая доля жира, %	2,39 ±0,10	0,15 ±0,01	0,19 ±0,01	0,13 ±0,01	1,01 ±0,04	0,11 ±0,01
Массовая доля золы, %	5,32 ±0,22	4,25 ±0,18	3,56 ±0,15	3,18 ±0,13	3,74 ±0,16	2,85 ±0,12
pH, ед.	5,93 ±0,03	5,49 ±0,02	6,02 ±0,03	5,56 ±0,02	5,98 ±0,03	5,43 ±0,02
ВСС, % к общей влаге	84,02 ±3,51	81,03 ±3,39	59,78 ±2,50	54,32 ±2,27	76,87 ±3,21	72,99 ±3,05
ВУС, % к сух. веществу	165,11 ±4,02	176,33 ±4,37	341,28 ±8,79	374,22 ±10,67	221,49 ±5,43	243,09 ±6,16
ЖУС, % к сух. веществу	416,02 ±11,39	457,03 ±13,10	182,66 ±4,64	219,49 ±5,83	269,89 ±8,28	292,01 ±9,15

После обработки водным раствором, содержащего 0,3 % к массе гидролизата лимонной кислоты, количество общего белка снизилось. Это объясняется переходом его некоторой части в раствор, а также действием лимонной кислоты на белки. Подкисление водной среды лимонной кислотой приводит к повышению растворимости белков, частичной денатурации и соответственно к более быстрому их переходу и вымыванию из структурной сетки КГКР. Наиболее высокое содержание белка после обработки раствором

лимонной кислоты наблюдалось в КГКН и составило 17,33 %, что на 4,65 % и 0,98 % больше, чем для КГКТ и КГКК. Массовая доля жира и золы также уменьшалась, по сравнению с образцами до обработки водным раствором лимонной кислоты. Данный факт можно объяснить повешением влажности гидролизатов, а также вымыванием, в результате действия лимонной кислоты, из структурной сетки гидролизатов части жира и минеральных веществ.

Похожая динамика наблюдалась и в изменениях функционально – технологических свойств изучаемых образцов: значения ВСС уменьшались после обработки водным раствором лимонной кислоты, а показатели ВУС и ЖУС, наоборот, увеличились. После обработки водным раствором лимонной кислоты значение рН снизилось, что повлияло на содержание влаги в образцах и их функционально-технологические свойства.

Сенсорные исследования, а именно определение интенсивности рыбного запаха, проводили после обработки гидролизатов водным раствором лимонной кислоты с использованием профильного способа, предложенного Т. М. Сафроновой [136, 164]. Профиль флейвора аромата для трех видов гидролизата из кожи рыб представлен в виде профильной диаграммы на рисунках 18-20.

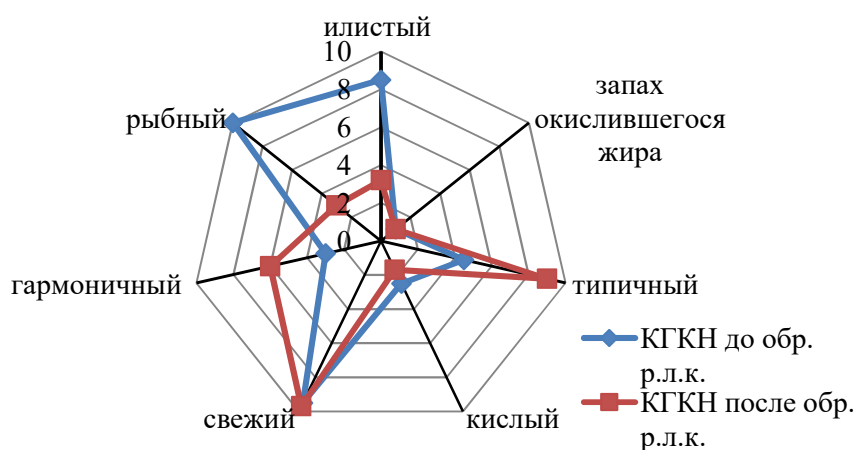


Рисунок 18 – Профилограмма аромата КГКН до и после обработки водным раствором содержащего 0,3 % к массе гидролизата лимонной кислоты

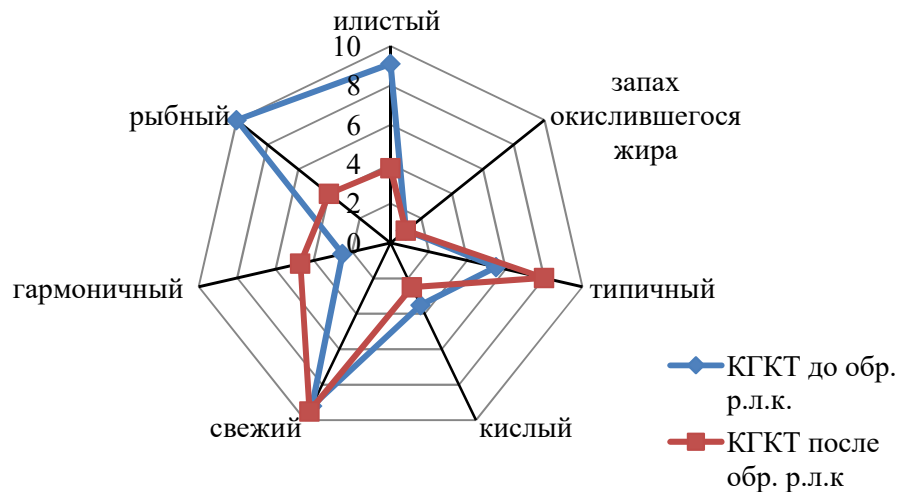


Рисунок 19 – Профилограмма аромата КГКТ до и после обработки водным раствором содержащего 0,3 % к массе гидролизата лимонной

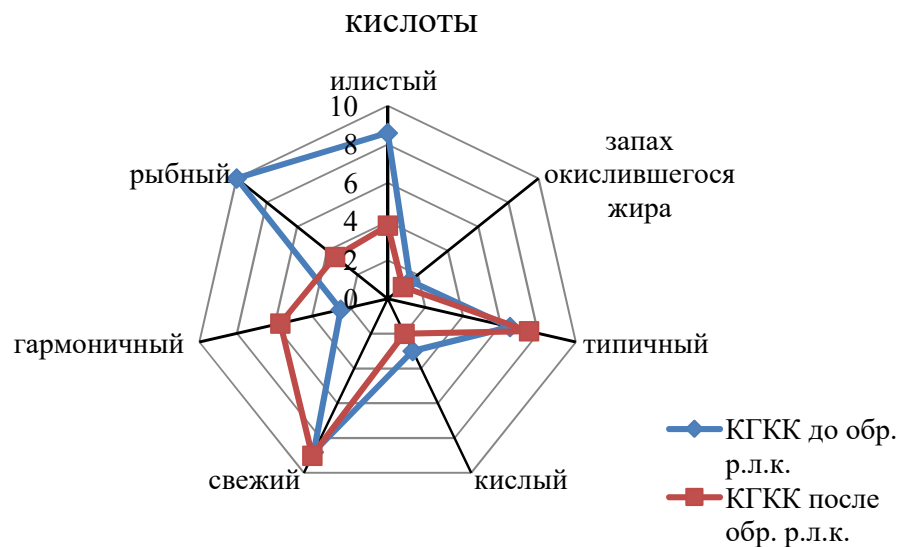


Рисунок 20 – Профилограмма аромата КГКК до и после обработки водным раствором содержащего 0,3 % к массе гидролизата лимонной кислоты

Анализ данных профилограмм (рисунок 18-20) позволяет сказать, что при промывке водным раствором, содержащего 0,3 % к массе гидролизата лимонной кислоты, в течение 45 мин, наблюдалось улучшение органолептических показателей коллагеновых гидролизатов из кожи рыб. Интенсивность рыбного запаха снизилась, по сравнению с гидролизатами до обработки. При промывании коллагеновых гидролизатов раствором лимонной кислоты, вещества, отвечающие за неприятный рыбный запах, вымываются, и

гидролизаты приобретают приятный свежий и гармоничный аромат. Наименее выраженным рыбный запах был в коллагеновом гидролизате из кожи нерки (КГКН).

Таким образом, выявлено положительное воздействие лимонной кислоты на органолептические показатели коллагеновых гидролизатов из кожи нерки, трески и кеты. Доказано, что обработка лимонной кислотой при дозировке 0,3 % к массе гидролизата в составе водного раствора оказывает незначительное влияние на физико-химические и функционально-технологические свойства коллагеновых гидролизатов и позволяет снизить интенсивность рыбного запаха. Однако изменение качественных характеристик коллагеновых гидролизатов в процессе хранения определяется не только абсолютным содержанием экстрактивных соединений, но и, прежде всего, удалением соединений, которые превращаются в вещества, имеющие запах и катализирующие образование неприятных его оттенков. Особенно эффективно в кислой среде экстрагируются низкомолекулярные азотистые вещества – аммиак, амины, триметиламиноксид, свободные аминокислоты, а также низкомолекулярные вещества липидного характера – свободные жирные кислоты и альдегиды [73, 75, 76, 164, 165, 166].

### **3.4 Изучение возможности использования вакуумной сублимационной сушки для консервирования коллагеновых гидролизатов из кожи рыб**

Поскольку проблема сохранности качества получаемого продукта всегда является одной из определяющих в технологии, необходимо было определиться со способом консервирования полученных гидролизатов. Среди данных способов наиболее широко распространены две технологии, обеспечивающие последующее хранение без существенных изменений качественных характеристик изделий. Речь идет о холодильной обработке (охлаждение или замораживание) и полном либо частичном удалении влаги



из объектов, до заданного уровня путем обезвоживания (технология сушки) [40, 55, 65, 106, 137, 138, 139].

На данном этапе исследования нами решалась задача получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыб в сухом виде, измельченных до порошкообразного состояния. Использование продукта в виде сухого порошка перспективно как для расширения сферы его применения, так и для увеличения стойкости в хранении и пролонгированной сохранности. При выборе способа консервирования гидролизатов также решалась задача максимальной сохранности органолептических, физико-химических и функционально-технологических показателей продукции при обеспечении ее пролонгированного хранения. Для достижения этой цели нами использовалась вакуумная сублимационная сушка, позволяющая наилучшим образом удовлетворить вышеперечисленные условия.

Сублимационная сушка осуществляется при создании вакуума, что в совокупности позволяет сохранять высокие вкусовые свойства, пищевую, в том числе, биологическую ценность продуктов питания в течение продолжительного времени хранения (до 5 лет), при этом возможна обработка в широком диапазоне температур (от минус 50 до плюс 50 °С). Вакуумная сублимационная сушка обладает рядом преимуществ, по сравнению с традиционными методами консервирования сырья: исключается необходимость холодильного хранения, так как сухие продукты могут длительное время храниться при положительных температурах; значительно снижается масса продуктов после сушки, что уменьшает расходы на погрузочные работы и их транспортировку; система реализации таких продуктов упрощается, поскольку удлиняются сроки реализации товара; при хранении вкусовые качества изменяются незначительно; быстрая регидратация объектов, полная растворимость мелкодисперсных и порошковых материалов; низкая конечная влажность материалов по сравнению с другими видами сушки, что позволяет хранить продукт в герметичной упаковке в условиях нерегулируемых температур [40, 65, 106,

137, 138, 139]. Сублимационная сушка обеспечивает высокий уровень длительной сохранности всех нативных начал данного вида продукта, а также позволяет получить его в сухом, измельченном до порошкообразного состояния виде. Следует отметить, что ведущие зарубежные фирмы, занимающиеся выпуском аналогичной продукции, представляют ее в виде сухого продукта, полученного непосредственно за счет вакуумной сублимационной сушки [161 - 178, 180 – 187].

В данной диссертационной работе с целью получения гидролизатов высокого качества из кожи рыб, с помощью вакуумной сублимационной сушки удаляли свыше 90 % влаги. Процесс осуществляли при отрицательной температуре в центральной зоне продукта, которую создавали за счет фазового перехода «лед-пар». При этом наиболее прочно связанную влагу, удаляли при положительных температурах продукта, на этапе досушивания температура продукта повышалась до 40 °С [40, 65, 106, 137, 138, 139].

Процессу сублимационной сушки подвергались коллагеновые гидролизаты из кожи нерки, трески и кеты. Опыты проводили в режиме обезвоживания согласно общеизвестному способу, описанному в п. 2.4.

Сублимированные КГКР в виде пластин толщиной 3–6 мм имели серый свет и ломкую структуру, при этом они обладали незначительной пористостью (поры были распределены равномерно по всему его объёму). Высушенные пластины коллагеновых гидролизатов из кожи рыб измельчали до порошкообразного состояния.

Были выполнены комплексные исследования по изучению физико-химических и функционально-технологических свойств самих сублимированных (сухих) коллагеновых гидролизатов, а также свойств после их регидратации.

При разработке новых белоксодержащих продуктов необходимо было обосновать качественные показатели, и, прежде всего, химический состав. Поэтому нами были проведены эксперименты по определению химического состава сухих коллагеновых гидролизатов из кожи рыб (таблица 13).

Таблица 13 – Химический состав сублимированных коллагеновых гидролизатов из кожи рыб

Показатели	КГКН	КГКТ	КГКК
Массовая доля влаги, %	4,93±0,21	7,88±0,33	6,62±0,28
Массовая доля белка, %	68,10±0,75	67,96±0,75	66,58±0,73
Массовая доля соединительнотканых белков, % от общего белка	83,66±0,92	68,20±0,75	81,06±0,89
в том числе коллагена, % от общего белка	77,53±0,85	63,21±0,70	75,12±0,83
Массовая доля жира, %	3,99±0,17	0,87±0,04	2,86±0,12
Массовая доля золы, %	24,53±1,03	23,29±0,97	22,42±0,94

Представленные результаты таблицы 13 свидетельствуют о том, что в образце КГКТ после сублимационной сушки содержалось 7,88 % влаги, это больше на 2,95 и 1,26 %, чем в КГКН и КГКК. Более высокое содержание влаги в сублимированных КГКТ, по сравнению с другими образцами, можно объяснить ее повышенным содержанием в полуфабрикате (см. таблицу 12). Удаление значительной части влаги из КГКР во время сушки приводит к росту концентрации других компонентов химического состава сухих гидролизатов, что отражено в значениях содержания белка: наибольшая его массовая доля приходится на КГКН (68,10 %). При этом в КГКН содержится большее количество соединительнотканых белков, прежде всего, коллагена, содержание которого составляло 77,53 % от общего белка. Наименьшее количество коллагена приходилось на гидролизат из трески – КГКТ, а именно 63,21 % от общего белка. Все образцы КГКР имели высокую массовую долю минеральных веществ (золы), при этом их наибольшее содержание наблюдалось в КГКН, что связано с особенностями строения и химического состава кожного покрова рыб. Наименьшая массовая доля жира была установлена в КГКТ, этот показатель был меньше на 3,12 и 1,99 %, чем в образцах КГКН и КГКК. Данный факт объясняется наименьшей жирностью кожи трески.

На следующем этапе исследований были определены основные функционально-технологические свойства сухих КГКР, как белковых

препаратов. Значения полученных экспериментальных данных представлены в таблицы 14.

Таблица 14 – Функционально-технологические свойства сублимированных (сухихи) КГКР

Наименование показателя	КГКН	КГКТ	КГКК
ВСС, г/г	3,08 ± 0,11	2,26 ± 0,09	2,75 ± 0,10
ЖСС, г/г	5,24 ± 0,22	4,75 ± 0,20	4,08 ± 0,17
ЖЭС, %	59,30 ± 2,48	57,50 ± 2,40	54,00 ± 2,26
ПОС, %	114,28 ± 3,78	175,24 ± 5,32	115,51 ± 3,82
СП, %	92,31 ± 2,85	87,23 ± 2,64	89,55 ± 2,76
ККГ, %	19,50 ± 1,00	21,50 ± 0,50	23,00 ± 1,00
Н (степень набухания), %	62,50 ± 1,61	110,00 ± 3,59	59,00 ± 1,46
Степень гидратации (КГКР:вода), г компонента/г воды	1:3	1:4,5	1:3

Согласно данным таблицы 14, у КГКН значение влагосвязывающей способности было несколько больше, чем у КГКТ и КГКК, соответственно, на 0,82 и 0,33 %. Наибольшие значения показателей жиросвязывающей и жирозэмульгирующей способности наблюдались у КГКН (5,24 г/г и 59,3 %), что на 1,16 и 0,45 % и на 5,3 и 1,8 % больше, чем у КГКК и КГКТ. Эта особенность обусловлена более высоким содержанием белковых веществ в КГКН (в частности, коллагена, см. таблицу 13), что непосредственно влияет на функционально-технологические свойства. Наибольшая пенообразующая способность наблюдалась у КГКТ, при этом показатель стабильности пены был у КГКТ наименьшим, по данному показателю, значения расположились в следующей последовательности: КГКТ < КГКК < КГКН. Показатель критической концентрации гелеобразования (ККГ) находился в прямой зависимости от содержания белка и с его повышением уменьшался, при этом наименьшее значение наблюдалось у КГКН – 19,50 %. Наивысшее значение показателя степени набухания (Н) имело место в гидролизатах из кожи трески (КГКТ), при этом данный показатель на 47,5 и 51,0 % был количественно выше, чем у КГКН и КГКК.

В связи с трудностью введения сухого продукта в рецептуры рыбных изделий с технологической точки зрения требуется его предварительная

гидратация. С этой целью были определены условия гидратации сухих КГКР. Для этого образцы подвергали измельчению в ступке и заливали дистиллированной водой. Воду в КГКР добавляли фрагментарно, с шагом 0,5 мл, пока образцы не перестали связывать влагу. В итоге степень гидратации составила  $\frac{\text{г компонента}}{\text{г воды}}$ : КГКН – 1:3, КГКТ – 1:4,5 и КГКК – 1:3. При этих значениях образцы прочно связывали влагу, отделения воды при этом не наблюдалось.

После гидратации определяли химический состав, функционально-технологические и реологические свойства КГКР и сравнивали значения полученных показателей со свойствами КГКР, полученными до сублимационной сушки. Целью данного анализа являлось определение эффективности данного вида консервирования и оценка качества полученного продукта. Результаты исследований представлены в таблице 15. Таблица 15 – Химический состав, функционально-технологические и реологические свойства коллагеновых гидролизатов из кожи рыб до и после сублимационной сушки (в гидратированном виде)

Наименование показателя	КГКН		КГКТ		КГКК	
	до	после	до	после	до	После
Массовая доля влаги, %	78,27 ±3,05	78,12 ±2,84	84,01 ±3,23	83,15 ±2,93	80,69 ±3,20	80,12 ±2,81
Массовая доля белка, %	17,33 ±0,19	17,65 ±0,22	12,68 ±0,14	13,74 ±0,16	16,35 ±0,32	17,08 ±0,33
Массовая доля жира, %	0,15 ±0,01	0,12 ±0,01	0,13 ±0,01	0,04 ±0,01	0,11 ±0,01	0,06 ±0,01
Массовая доля золы, %	4,25 ±0,18	4,11 ±0,13	3,18 ±0,13	3,07 ±0,11	2,85 ±0,12	2,74 ±0,10
ВСС, % к общей влаге	81,03 ±3,39	80,11 ±3,34	54,32 ±2,27	52,37 ±2,18	72,99 ±3,05	68,16 ±2,85
ВУС, % к сух. веществу	165,11 ±4,02	156,15 ±3,86	341,28 ±8,79	303,64 ±6,74	221,49 ±5,43	195,97 ±4,76
ЖУС, % к сух. веществу	457,03 ±13,10	432,74 ±11,24	219,49 ±5,83	210,51 ±5,17	292,01 ±9,15	287,64 ±8,25
Пластичность, $10^{-2} \text{ см}^2/\text{г}$	1,23 ±0,05	1,25 ±0,05	1,84 ±0,08	1,91 ±0,08	1,37 ±0,06	1,46 ±0,06
Предельное напряжение сдвига, Па	371,32 ±5,46	378,41 ±5,12	292,89 ±4,11	296,24 ±4,84	327,11 ±5,68	332,38 ±5,56

Сравнительная оценка химического состава КГКР до и после сублимационной сушки показала, что предлагаемый способ консервирования практически не влияет на химический состав образцов. В связи с этим можно считать очевидной целесообразность использования сублимационной сушки в технологии получения сухих рыбных гидролизатов из кожи рыб. Во всех образцах КГКР наблюдалось небольшое уменьшение влажности (в среднем на 0,53 %). Наибольшие потери влаги имели место у образца КГКТ – 0,86 %. Уменьшение количества влаги в КГКР после сублимационной сушки приводит к некоторому увеличению количества в системе общего белка: в КГКН количество белка увеличилось на 0,32 %, в КГКТ – на 1,06 % и КГКК – на 0,73 %. В случае содержания золы и жира прослеживается сходная динамика, в гидратированных образцах КГКР изучаемые показатели также изменились в меньшую сторону. Данное обстоятельство связано с некоторым изменением структуры сухого продукта, а именно межмолекулярных и пептидных связей между белками, в частности, коллагена, что приводит к уменьшению некоторых показателей химического состава [40, 106, 137-139]

Результаты исследования показали, что КГКР до и после сублимационной сушки имели практически одинаковые значения функционально-технологических показателей. Некоторое уменьшение было отмечено для показателя ВСС – в среднем на 2,57 %, а также для показателей ВУС и ЖУС – в среднем на 37,38 и 12,54 % соответственно. Данный факт объясняется тем, что обезвоживающее воздействие, оказываемое сушкой, возможно частично изменило внутреннюю структурную организацию веществ, присутствующих в КГКР [137-139].

Физические изменения, происходящие в структуре коллагена, приводят к снижению их гидрофильных и липофильных свойств, о чем свидетельствуют значения не только функционально-технологических свойств, но и реологических, в частности, структурно-механических. По данным таблицы 14 видно, что предельное напряжение сдвига несколько увеличивалось после гидратации КГКР, что связано, прежде всего, с уменьшением влаги в

системе. При сравнительном анализе значений показателя пластичности наблюдалась та же динамика, как и у показателя ПНС: после регидратации сублимированных КГКР пластичность увеличивалась.

Проведенные исследования еще раз доказывают благоприятное воздействие сублимационной сушки на качество пищевых продуктов. Используемый вид консервирования способствовал получению КГКР с высокими показателями функционально-технологических свойств, что позволяет потенциально их применять в качестве пищевой белковой (коллагеновой) добавки в составе различных рыбных изделий [65, 73, 75, 76, 78]. Полная технологическая схема получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыб представлена на рисунке 21.

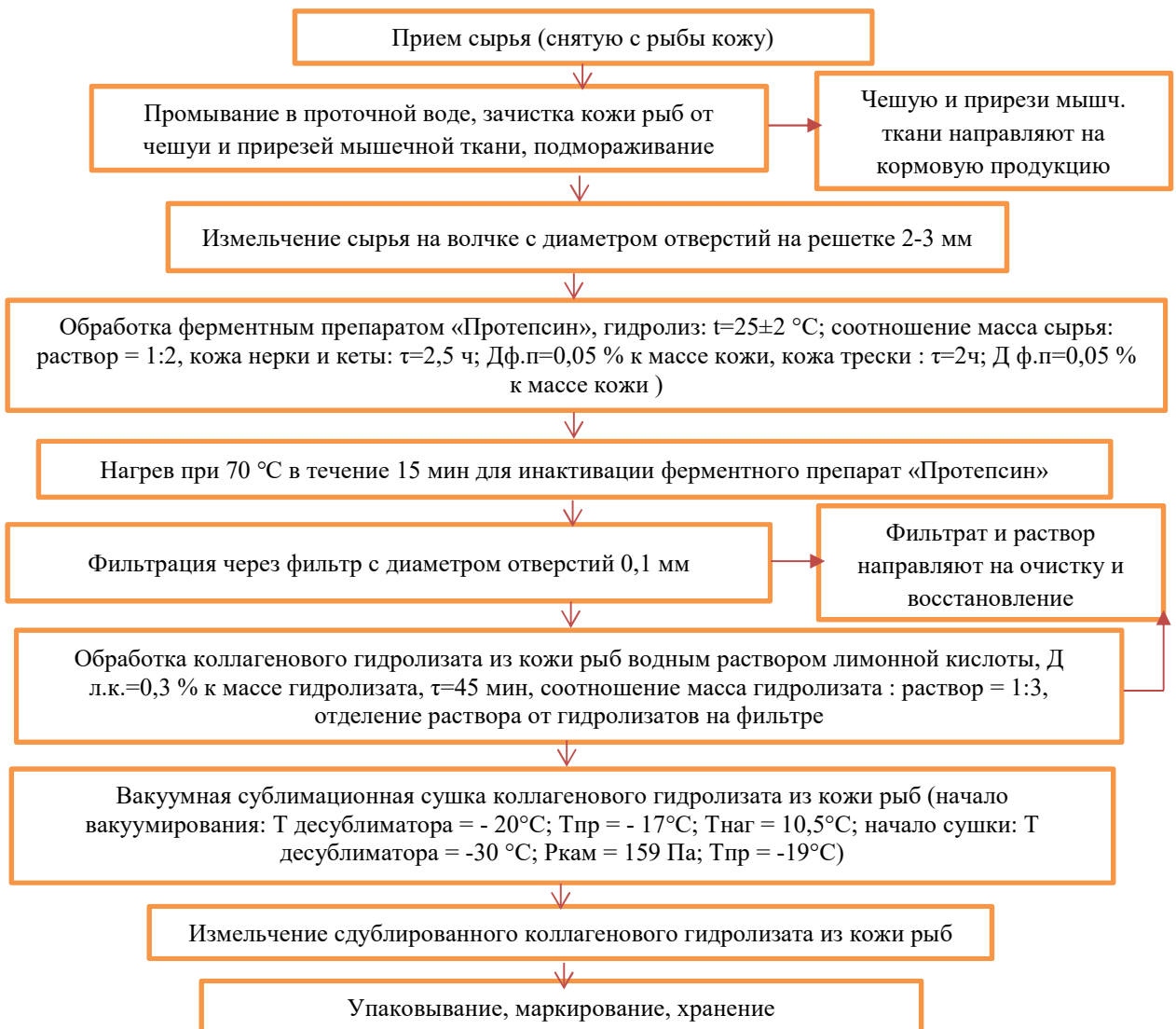


Рисунок 21 – Технологическая схема получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыб

Необходимо отметить, что выбранные параметры ферментативной обработки с последующей обработкой раствором лимонной кислоты и вакуумной сублимационной сушкой, позволяют получить коллагеновые гидролизаты из кожи рыб, в которых потенциально присутствуют фрагменты пептидов коллагеновых волокон со средней молекулярной массой 21,59 кДа, что можно объяснить значениями показателей функционально-технологических и реологических свойств КГКР (см. подглаву 3.2).



## ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА СОСТАВА КОЛЛАГЕНО-РАСТИТЕЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗАТОВ ИЗ КОЖИ РЫБ

В последнее время актуальным является разработка комбинированных пищевых добавок на основе сырья животного и растительного происхождения, которые используются при производстве рыбных продуктов для улучшения их качественных показателей, а также для обогащения биологически активными веществами и пищевыми волокнами. Это направление является приоритетным согласно программе развития пищевой и перерабатывающей промышленности, в том числе рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года [131].

Таким образом, создание на основе биомодифицированного рыбного коллагенсодержащего сырья и сырья растительного происхождения композиции, включающей полезные пищевые вещества, позволит улучшить качественные показатели пищевых изделий и повысить их биологическую ценность, в том числе за счет обогащения пищевыми волокнами.

Предлагаемая пищевая композиция состоит из коллагенового гидролизата, полученного из кожи рыб методом ферментативной обработки, муки из семян льна (далее МЛ), как источника растительного белка, вносимой для повышения сбалансированности аминокислотного состава, и муки из клубней топинамбура (далее МТ), в состав которой кроме белков и усвояемых углеводов входит инулин, являющийся пищевым волокном с пребиотическими свойствами. Последний позволяет улучшить моторику желудочно-кишечного тракта и деятельность всего организма по ряду функциональных показателей [28, 102, 108, 112].

Для составления коллагено-растительной композиции (далее КРК), как пищевой добавки, использовали сублимированные коллагеновые гидролизаты из кожи рыб и муку из семян льна и клубней топинамбура (МЛ и МТ). В связи с трудностью введения сухих гидролизатов в рецептуры добавок, была проведена предварительная гидратация каждого компонента

композиции в следующих соотношениях  $\Gamma_{\text{компонента}}/\Gamma_{\text{воды}}$ : КГКН : вода – 1:3, КГКТ : вода – 1:4,5, КГКК : вода – 1:3; МЛ : вода – 1:6, МТ : вода – 1:4 при температуре  $18 \pm 2$  °С в течение 30 мин, после чего их смешивали в определенных соотношениях.

С целью обоснования массового содержания основных компонентов в рецептуре КРК были составлены смеси в следующих соотношениях (КГКР:МЛ:МТ), масс.‰: 85:10:5, 70:15:15, 50:30:20, 15:75:10. Соотношения компонентов в КРК подбирали с помощью программы математического моделирования рецептур пищевых продуктов и с расчетом наибольших изменений физико-химических, функционально-технологических и реологических свойств многокомпонентной системы. Смеси получали путем перемешивания предварительно подготовленных компонентов КРК в гомогенизаторе при скорости  $4000 \text{ мин}^{-1}$  в течение 15 мин до равномерной консистенции, фиксируемой визуально [67, 68, 72, 73, 77, 79, 80, 81, 82].

#### **4.1 Обоснование и изучение свойств растительных компонентов композиций**

На сегодняшний день сырьё растительного происхождения используется в технологии рыбных продуктов в основном для повышения их качественных характеристик, в том числе обогащения белковыми веществами, микро- и макроэлементами, витаминами, а также получения продукта с пищевыми волокнами. Наиболее часто используемым растительным сырьем является соя, но в последнее время широко применяются и другие источники, входящие в рецептуры многих других продуктов питания. К таким видам сырья, которые потенциально можно адаптировать в состав рыбных продуктов, относятся семена льна и клубни топинамбура. Производимая на их основе мука часто применяется в кондитерской и хлебобулочной отрасли в качестве основы для теста или обогатителя ценными питательными

веществами. Однако в рыбной отрасли данные виды муки не получили большого распространения [17, 43, 61, 83, 86, 91, 98, 99, 110, 112, 116, 125, 131]. Добавление данных видов продуктов перспективно в составе рыбных кулинарных изделий, так как позволит повысить их пищевую сбалансированность по белкам, жирам (обогатить Омега-3, Омега-6 и Омега-9), минеральному составу (обогатить основным калием, кальцием, магнием, натрием, фосфором, цинком, марганцем и селеном) и витаминам (обогатить витаминами группы В, D, F, К и РР), а также принести ценные пищевые волокна (клетчатку, инулин и пектин) [86, 91, 98, 116, 112].

Предварительно для обоснования использования муки из семян льна и клубней топинамбура в составе новой композиции были проведены исследования по изучению их свойств в гидратированном виде. Мука из семян льна и клубней топинамбура отдельно гидратировали в массовом соотношении (ингр. /вода): МЛ : вода – 1:6, МТ : вода – 1:4 - и подвергали комплексному исследованию по изучению физико-химических, функционально-технологических и структурно-механических свойств. Полученные данные представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Физико-химические, функционально-технологические и структурно-механические свойства гидратированной муки из семян льна и гидратированной муки из клубней топинамбура

Показатели	Мука из семян льна	Мука из клубней топинамбура
Массовая доля влаги, %	73,84±1,78	81,43±1,74
Массовая доля белка, %	15,78±0,26	1,24±0,08
Массовая доля жира, %	1,71±0,07	0,43±0,01
Массовая доля золы, %	2,33±0,06	2,54±0,06
Массовая доля общих углеводов, %	6,34±0,28	14,36±0,54
В том числе инулина, %	-	10,22±0,31
pH, ед.	5,95±0,02	6,11±0,02
ВСС, % к общей влаге	99,15±2,43	64,32±1,58
Пластичность, 10 <sup>-2</sup> см <sup>2</sup> /г	10,08±0,25	15,55±0,38
ПНС, Па	505,24±12,38	144,72±3,55

Проанализировав данные таблицы 16, можно сказать, что мука из семян льна и клубней топинамбура существенно различаются по химическому

составу, что связано с их природой. В муке из семян льна содержалось большее количество белка и жира, чем в муке из клубней топинамбура. Но по содержанию минеральных веществ и углеводов более высокие показатели имела мука из клубней топинамбура, что является характерной особенностью данного вида сырья. Массовая доля углеводов в муке из клубней топинамбура на 44,15 % больше, чем в муке из семян льна. Углеводы в муке топинамбура в основном представлены инулином, полисахаридами инулиновой природы, пектином и клетчаткой, но основная масса углеводов приходилась на инулин [112, 116], что подтверждалось данными таблицы 16.

Разнообразие химического состава изучаемого сырья растительного происхождения влияло на их функционально-технологические и структурно-механические свойства. Так, например мука из семян льна имела более высокий показатель влагосвязывающей способности по сравнению с мукой из клубней топинамбура, что связано с повышенным содержанием белковых веществ, которые играют важную роль в процессе связывания влаги в системе. Кроме этого, мука из семян льна характеризовалась более высоким значением предельного напряжения сдвига, что также связано с повышенным содержанием белка. Значения ПНС подтверждают, что данный вид сырья способен формировать стойкие прочные гели. Мука из клубней топинамбура характеризовалась более низким уровнем ПНС и повышенным значением показателя пластичности. В гидратированной форме мука из клубней топинамбура образует кремообразный гель, обладающий жироподобной текстурой, что обосновано особенностью ее химического состава и высоким содержанием инулина, который способен проявлять стабилизирующие свойства (см. подглаву 1.5) [83].

В итоге можно сделать вывод, что функционально-технологические и структурно-механические свойства новой пищевой композиции будут обусловлены в основном соотношением КГКР и муки из семян льна. Мука из клубней топинамбура будет улучшать показатели пищевой ценности, в том числе стабилизировать состав за счет содержания инулина [83].

## 4.2 Математическое моделирование рецептур композиций

В данной подглаве рассмотрена оптимизация рецептуры композиций на основе коллагеновых гидролизатов из кожи рыб и растительных компонентов. Расчет велся исходя из того, что норма потребления рыбных продуктов в сутки для взрослого человека составляет от 50 до 100 [1, 36, 39, 41, 158] г. В соответствие с требованиями к качеству рыбных продуктов, в его рецептуру должны включаться белки как животного, так и растительного происхождения, а также пищевые волокна и полиненасыщенные жирные кислоты. Последние компоненты способствуют снижению поступления в организм человека насыщенных жиров и холестерина, а также нормализации моторики желудочно-кишечного тракта [12, 14, 40, 86, 106, 112].

Разработка сбалансированных по составу пищевых композиций, содержащих компоненты коллагеновых гидролизатов из кожи рыб, муки из семян льна и клубней топинамбура, была бы целесообразной для возможности использования ее в качестве обогащающей добавки в различных продуктах, которые способствовали бы улучшению пищевого статуса населения. Достижение поставленной цели сводилось к минимизации суммы расхождений реальных показателей от «эталонных» по суточной потребности в пищевых веществах (таблица 17).

Таблица 17 – Суточная потребность в эссенциальных компонентах [106, 149]

Вещество	Суточная потребность
Белки, г	90
Жир, г	85
Углеводы, г	300
Пищевые волокна, г	25
ΣПНЖК	5
Соотношение Жир: Белок: Углеводы(Ж:Б:У) = 1 : 1 : 4	

Окончательные результаты вычислений массовых долей компонентов, входящих в состав рецептурной смеси композиций, полученные путем математического моделирования в соответствии с задачами подглавы 2.4, представлены в таблицах 18-20.

Таблица 18– Варианты пищевых композиций на основе КГКН

<b>А</b>							
Ингредиенты	Х	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКН (гидр.)	X1	85	19,22	2,39	-	-	65,50
МЛ (гидр.)	X2	10	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	5	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Итого (КРК), кг		100	17,86	2,16	1,02	0,26	
Себестоимость, руб./100 кг							7526,00
Балансное уравнение			17,86	2,16	1,02	0,26	
Суточная норма питания, г			90	85	300	5	
Процент соответствия суточной нормы, % 100 г			19,84	2,54	0,34	5,01	
<b>Б</b>							
Ингредиенты	Х	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКН (гидр.)	X1	70	19,22	2,39	-	-	65,50
МЛ (гидр.)	X2	15	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	15	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Итого (КРК), кг		100	15,83	2,29	2,68	0,39	
Себестоимость, руб./100 кг							8460,00
Балансное уравнение			15,83	2,29	2,68	0,39	
Суточная норма питания, г			90	85	300	5	
Процент соответствия суточной нормы, %			17,58	2,69	0,94	7,86	
<b>В</b>							
Ингредиенты	Х	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКН (гидр.)	X1	50	19,22	2,39	-	-	65,50
МЛ (гидр.)	X2	30	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	20	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Итого (КРК), кг		100	14,24	2,69	4,12	0,77	
Себестоимость, руб./100 кг							9775,00
Балансное уравнение			14,24	2,16	4,12	0,77	
Суточная норма питания, г			90	85	300	5	
Процент соответствия суточной нормы, %			15,82	3,16	1,37	15,42	
<b>Г</b>							
Ингредиенты	Х	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКН (гидр.)	X1	15	19,22	2,39	-	-	65,50
МЛ (гидр.)	X2	75	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	10	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Итого (КРК), кг		100	13,97	3,21	2,63	1,87	
Себестоимость, руб./100 кг							12233,00
Балансное уравнение			13,97	3,21	2,63	1,87	
Суточная норма питания, г			90	85	300	5	
Процент соответствия суточной нормы, %			15,52	3,77	0,87	37,35	

Таблица 19 – Варианты пищевых композиций на основе КГКТ

А							
Ингредиенты	Х	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКТ (гидр.)	X1	85	14,31	0,19	-	-	60,70
МЛ (гидр.)	X2	10	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	5	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Итого (КРК), кг		100	13,69	0,54	1,02	1,25	
Себестоимость, руб./100 кг							7117,80
Балансное уравнение			13,69	0,51	1,02	0,25	
Суточная норма питания, г			90	85	300	5	
Процент соответствия суточной нормы, %			15,21	0,63	0,34	25,00	
Б							
Ингредиенты	Х	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКТ (гидр.)	X1	70	14,31	0,19	-	-	60,70
МЛ (гидр.)	X2	15	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	15	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Итого (КРК), кг		100	12,39	0,75	2,68	1,34	
Себестоимость, руб./100 кг							8124,00
Балансное уравнение			12,39	0,75	2,68	1,34	
Суточная норма питания, г			90	85	300	5	
Процент соответствия суточной нормы, %			13,77	0,89	0,94	26,80	
В							
Ингредиенты	Х	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКТ (гидр.)	X1	50	14,31	0,19	-	-	60,70
МЛ (гидр.)	X2	30	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	20	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Итого (КРК), кг		100	11,79	1,26	4,12	1,59	
Себестоимость, руб./100 кг							9035,00
Балансное уравнение			11,79	1,26	4,12	1,59	
Суточная норма питания, г			90	85	300	5	
Процент соответствия суточной нормы, %			13,97	1,48	1,37	31,80	
Г							
Ингредиенты	Х	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКТ (гидр.)	X1	15	14,31	0,19	-	-	60,70
МЛ (гидр.)	X2	75	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	10	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Итого (КРК), кг		100	12,78	2,88	2,63	1,91	
Себестоимость, руб./100 кг							12161,5
Балансное уравнение			12,78	2,88	2,63	1,91	
Суточная норма питания, г			90	85	300	5	
Процент соответствия суточной нормы, %			14,20	3,39	0,87	38,2	

Таблица 20 – Варианты пищевых композиций на КГКК

<b>А</b>							
Ингредиенты	Х	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКК (гидр.)	X1	85	18,81	1,01	-	-	70,20
МЛ (гидр.)	X2	10	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	5	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Итого (КРК), кг		100	17,51	1,24	1,02	1,25	
Себестоимость, руб./100 кг							7925.3
Балансное уравнение			17,51	1,24	1,02	0,25	
Суточная норма питания, г			90	85	300	5	
Процент соответствия суточной нормы, %			19,46	1,45	0,34	25,00	
<b>Б</b>							
Ингредиенты	Х	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКК (гидр.)	X1	70	18,81	1,01	-	-	70,20
МЛ (гидр.)	X2	15	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	15	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Итого (КРК), кг		100	15,54	1,33	2,68	1,34	
Себестоимость, руб./100 кг							8789,00
Балансное уравнение			15,54	1,33	2,68	1,34	
Суточная норма питания, г			90	85	300	5	
Процент соответствия суточной нормы, %			17,27	1,56	0,94	26,80	
<b>В</b>							
Ингредиенты	Х	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКК (гидр.)	X1	50	18,81	1,01	-	-	70,20
МЛ (гидр.)	X2	30	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	20	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Итого (КРК), кг		100	14,04	1,67	4,12	1,59	
Себестоимость, руб./100 кг							10010,00
Балансное уравнение			14,04	1,67	4,12	1,59	
Суточная норма питания, г			90	85	300	5	
Процент соответствия суточной нормы, %			15,60	1,97	1,37	31,80	
<b>Г</b>							
Ингредиенты	Х	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКК (гидр.)	X1	15	18,81	1,01	-	-	70,20
МЛ (гидр.)	X2	75	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	10	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Итого (КРК), кг		100	13,91	3,05	2,63	1,91	
Себестоимость, руб./100 кг							12304,00
Балансное уравнение			13,91	3,05	2,63	1,91	
Суточная норма питания, г			90	85	300	5	
Процент соответствия суточной нормы, %			15,46	3,54	0,87	38,2	



Рассмотрим вариант создания рецептурного состава композиций на основе КГКН, МЛ и МТ. На первом этапе работы определялись основные критерии и ограничения для рецептурного состава композиций (таблица 21).

Таблица 21 – Основные показатели рецептур композиции на основе КГКН

Ингредиенты	X		Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			Белка	жира	углеводов	ПНЖК	
КГКН(гидр.)	X1	85	19,22	2,39	0	0	65,50
МЛ (гидр.)	X2	10	14,62	3,41	1,54	2,47	133,35
МТ (гидр.)	X3	5	1,23	0,73	18,28	0,15	125,00
Состав проектируемой КРК		100	17,86	2,16	1,02	0,26	-

Масса функционального продукта, кг  $x_1 + x_2 + x_3 = 100$

Соотношение между жиры : белки : углеводы= 1: 1 : 4

Ограничения по рецептурному составу:

$15 < \text{КГКН} < 85$ ;  $10 < \text{МЛ} < 75$ ;  $5 < \text{МТ} < 20$

Далее составлялись балансовые уравнения.

Система балансовых линейных уравнений в соответствии с таблицей 21.

Белки:

$$19,22x_1 + 14,62x_2 + 1,23x_3 = 17,86$$

Жиры:

$$2,39x_1 + 3,41x_2 + 0,73x_3 = 2,16$$

Углеводы:

$$1,54x_2 + 18,28x_3 = 1,02$$

ПНЖК:

$$2,47x_2 + 0,15x_3 = 0,26$$

Представленные рецептурные составы коллагено-растительных композиций использовали для дальнейших экспериментальных исследований с целью определения их химического состава, физико-химических, функционально-технологических и реологических свойств, а также обоснования уровня введения в состав фарша, предназначенного для рыбных кулинарных изделий.

### 4.3 Изучение качественных показателей композиций

На следующем этапе эксперимента проводились комплексные исследования составленных смесей КРК. При разработке технологии новых видов продуктов питания особое внимание уделяется пищевой, в том числе биологической ценности. Поэтому в первую очередь проводили исследования по определению химического состава приготовленных смесей КРК, что позволяет рассчитать их энергетическую ценность (таблица 22).

Таблица 22 - Химический состав и энергетическая ценность КРК различного состава

Соотношение компонентов, масс.% в композиции	Массовая доля, % в композиции					Энергетическая ценность, ккал/100 г
	Влаги	белка	жира	золы	углеводов	
<b>на основе КГКН</b>						
<b>85*:10**:5***</b>	76,04±1,88	19,73±0,49	0,36±0,01	2,79±0,07	1,08±0,03	86,48
<b>70:15:15</b>	77,24±1,91	16,87±0,42	0,48±0,01	2,45±0,06	2,96±0,07	83,64
<b>50:30:20</b>	79,41±1,96	13,59±0,34	0,73±0,02	1,80±0,05	4,47±0,11	78,81
<b>15: 75:10</b>	84,05±2,08	10,60±0,26	1,23±0,03	1,19±0,03	2,93±0,07	65,19
<b>на основе КГКТ</b>						
<b>85:10:5</b>	81,04±2,00	16,47±0,41	0,31±0,01	1,44±0,04	0,74±0,02	72,71
<b>70:15:15</b>	81,32±2,01	15,12±0,37	0,42±0,01	1,28±0,03	1,86±0,06	71,70
<b>50:30:20</b>	82,30±2,03	12,87±0,32	0,67±0,02	0,89±0,02	3,27±0,08	70,64
<b>15: 75:10</b>	84,71±2,09	11,73±0,29	1,16±0,03	0,65±0,02	1,75±0,05	64,36
<b>на основе КГКК</b>						
<b>85:10:5</b>	75,28±1,66	19,35±0,68	0,27±0,01	3,78±0,09	1,32±0,03	85,11
<b>70:15:15</b>	76,45±1,89	16,39±0,41	0,35±0,01	3,66±0,08	3,15±0,07	81,31
<b>50:30:20</b>	79,70±1,97	12,41±0,30	0,61±0,02	3,23±0,07	4,05±0,10	71,33
<b>15: 75:10</b>	84,21±2,08	9,96±0,25	1,07±0,03	1,69±0,05	3,07±0,08	61,75

\* - КГКР

\*\* - МЛ

\*\*\* - МТ

По данным таблицы 22 можно сказать, что уменьшение содержания гидролизатов из кожи рыб в КРК сопровождалось понижением массовой доли общего белка в анализируемых системах всех образцов. Максимальное количество белка для трех видов КРК наблюдалось при соотношении компонентов 85:10:5. Данная особенность объясняется присутствием в композиции значительного количества соединительнотканых белков

(коллагена), а также муки из семян льна и клубней топинамбура, которые также содержат белковые вещества. При этом можно сделать вывод, что при соотношении компонентов в системе, равной 50:30:20, наибольшая массовая доля белка наблюдалась в КРК на основе КГКН. В случае содержания влаги прослеживалась обратная динамика, т.е. с уменьшением количества КГКР и увеличением доли растительных компонентов, массовая доля влаги увеличивалась и своего максимального значения достигала при соотношении компонентов в КРК 15:75:10, независимо от вида КГКР. Это говорит о том, что белки, входящие в состав муки из семян льна и клубней топинамбура, обладали более высокими гидрофильными свойствами, чем белки КГКР.

Из данных таблицы 22 также видно, что с понижением массовой доли КГКР в КРК наблюдалось уменьшение содержания золы. Данный факт объясняется увеличением в композициях растительных компонентов, которые содержат меньшее количество минеральных веществ по сравнению с КГКР.

В случае анализа содержания жира и углеводов просматривалась тенденция к повышению значений этих показателей при увеличении количества растительных компонентов в КРК для всех исследуемых образцов. На массовую долю углеводов в КРК особенно влияла дозировка муки из клубней топинамбура, так как их содержание в ней составляло около 70 %, что существенно отличало ее от КГКР и муки из семян льна, в которых количество углеводов наименьшее.

Увеличение доли введения КГКР способствует повышению энергетической ценности композиций ( $\max = 86,48$  ккал/100г для КРК на основе КГКН при соотношении 85:10:5).

Так же для подтверждения наличия инулина как основного пребиотического волокна, который играет не малую роль в улучшении системы пищеварения, в композициях определялась его массовая доля, результаты которой представлены на рисунке 22.

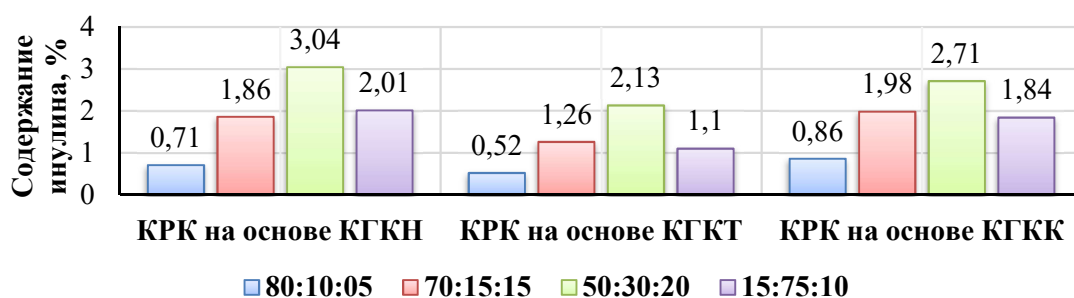


Рисунок 22 – Содержание инулина в КРК различного состава

По приведённым данным (рисунок 22) можно отметить, что содержание инулина в композициях с увеличением муки топинамбура повышалось, что коррелировало с количественным уровнем ее внесения. Самое максимальное значение количества инулина, независимо от вида КГКР, наблюдалось у композиции с соотношением компонентов 50:30:20.

Для дальнейшего подтверждения целесообразности использования КРК в технологии рыбных полуфабрикатов были проведены исследования по изучению их функционально-технологических и структурно-механических свойств, а также показателя рН. Результаты представлены в таблицах 23 – 24

Таблица 23 – Функционально-технологические и физико-химические свойства КРК различного состава

Соотношение компонентов, масс. %, в композиции	ВСС, % к общей влаге	ВУС, % к сухому веществу	ЖУС, % к сухому веществу	рН, ед
<b>на основе КГКН</b>				
<b>85*:10**:5***</b>	95,31±2,35	276,25±6,82	74,73±1,85	5,61±0,01
<b>70:15:15</b>	97,12±2,40	301,13±7,44	78,39±1,93	5,68±0,01
<b>50:30:20</b>	98,06±2,42	385,67±9,53	174,49±4,31	5,73±0,01
<b>15: 75:10</b>	98,93±2,44	522,59±12,91	190,92±4,72	5,79±0,01
<b>на основе КГКТ</b>				
<b>85:10:5</b>	85,19±2,10	373,78±9,23	50,41±1,25	5,71±0,03
<b>70:15:15</b>	87,53±2,11	395,10±9,76	59,61±1,47	5,75±0,02
<b>50:30:20</b>	94,75±2,34	438,73±10,84	66,10±1,63	5,82±0,02
<b>15: 75:10</b>	97,37±2,41	548,87±13,56	126,22±3,12	5,87±0,01
<b>на основе КГКК</b>				
<b>85:10:5</b>	94,61±2,34	186,18±4,60	92,44±2,28	5,63±0,02
<b>70:15:15</b>	95,25±2,35	257,95±6,37	120,94±2,99	5,70±0,01
<b>50:30:20</b>	97,20±2,40	367,61±9,08	264,69±6,54	5,76±0,01
<b>15: 75:10</b>	99,25±2,45	551,21±13,62	328,62±8,12	5,82±0,01

Таблица 24 – Реологические свойства КРК различного состава

Соотношение компонентов, масс.% в композиции	Пластичность, $10^{-2}$ , см <sup>2</sup> /г	ПНС, Па
<b>на основе КГКН</b>		
<b>85*:10**:5***</b>	10,49±0,26	331,76±5,72
<b>70:15:15</b>	10,30±0,25	378,83±6,39
<b>50:30:20</b>	10,20±0,25	433,21±8,72
<b>15:75:10</b>	10,11±0,25	476,19±11,76
<b>на основе КГКТ</b>		
<b>85:10:5</b>	11,74±0,29	276,56±5,60
<b>70:15:15</b>	11,42±0,28	291,91±6,22
<b>50:30:20</b>	10,55±0,26	336,24±9,54
<b>15: 75:10</b>	10,27±0,25	412,62±12,66
<b>на основе КГКК</b>		
<b>85:10:5</b>	10,60±0,26	304,76±5,95
<b>70:15:15</b>	10,52±0,26	365,83±6,57
<b>50:30:20</b>	10,28±0,25	392,21±9,19
<b>15: 75:10</b>	10,08±0,25	443,19±11,93

\* - КГКР

\*\* - МЛ

\*\*\* - МТ

Исследования по определению функционально-технологических свойств (таблица 23) свидетельствуют об увеличении значений показателей ВСС, ВУС и ЖУС для всех КРК с повышением доли растительных компонентов, в частности, муки из семян льна, содержащей больше белка в сравнении с мукой из клубней топинамбура и обладающей более высокими значениям ВСС и ПНС (см. раздел 4.1, таблица 15). В связи с этим зависимость повышения ФТС с увеличением массы МЛ и МТ в КРК объясняется перераспределением в композиции количеств белков растительного (МЛ и МТ) и животного происхождения (КГКР).

Следует отметить, что повышение содержания муки из семян льна в составе КРК до 75 % способно оказывать большее влияние на функционально-технологические свойства, чем повышение содержания КГКР, при котором происходило уменьшение значений данных свойств. Данная особенность изменения функционально-технологических свойств КРК возможно связана с разрывом водородных связей, стабилизирующих спиральную структуру белка, в процессе ферментации кожи рыб. Так же при

гидратации мука из семян льна агрегировала с образованием сетчатой структуры, в ячейках которой присутствовали водно-жировые структуры различных, входящих в состав композиций, веществ. Данные структурные комплексы обладают более высокими гидрофильными свойствами, чем коллаген, входящий в состав КГКР. В результате чего, можно сделать вывод, что увеличение содержания муки из семян льна в смесях, при одновременном уменьшении количества коллагеновых гидролизатов из кожи рыб, приводило к повышению показателей ФТС. Кроме этого, на повышение функционально-технологических свойств повлияла также мука из клубней топинамбура, а именно инулин, входящий в ее состав, который позволяет стабилизировать систему [67, 83, 112] и тем самым улучшить функционально-технологические свойства КРК.

С увеличением муки из семян льна, повышались следующие показатели ФТС: ВСС – для КРК на основе КГКК на 3,17 %, на основе КГКТ на 14,29 %, на основе КГКК на 4,90 %; ВУС – для КРК на основе КГКК на 89,17 %, на основе КГКТ на 47,11 %, на основе КГКК на 196,06 %; ЖУС – для КРК на основе КГКК на 155,48 %, на основе КГКТ на 150,38 %, на основе КГКК на 255,47 % (см. таблицу 23).

В композициях наблюдалась динамика повышения значения рН при увеличении растительных компонентов, что объясняется более высокими значениями рН муки из семян льна и клубней топинамбура при сравнении с КГКР (см. разделы 1.4 и 3.3). Повышение рН также объясняет увеличение функционально-технологических свойств в композиции (значений показателей ВСС, ВУС, ЖУС), данная зависимость прямо пропорциональная.

Пластичность – величина обратная ВСС, в связи с этим динамика изменения для анализируемых КРК характеризовалась понижением значений, изучаемого показателя при увеличении содержания растительных компонентов. Данную зависимость также можно объяснить уменьшением содержания соединительнотканного белка в составе КРК, что приводит к

понижению ее гидрофильных свойств за счет меньшего присутствия диспергированных коллагеновых волокон, образовавшихся во время ферментативной обработки. В результате новые реакционно-активные связи не образовывались, что и проводило к понижению пластичности: для КРК на основе КГКН - на 3,62 %, на основе КГКТ - на 12,52 %, на основе КГКК - на 4,91 %. Соответственно при увеличении массы КГКР в составе КРК наблюдалась обратная динамика – пластичность повышалась, что объяснялось повышением гидрофильности композиций, за счет увеличения содержания диспергированных коллагеновых волокон со средней молекулярной массой 21,58 кДа и образованием реакционно-активных связей, которые взаимодействуют с диполями воды.

Повышение содержания растительных компонентов в составе КРК приводило к постепенному увеличению значений ПНС. Для КРК на основе КГКН этот показатель вырос на 43,53, на основе КГКТ - на 49,18 %, на основе КГКК - на 45,42 %. Это говорит том, что введение растительных компонентов в КГКР приводило к изменению качественного состава дисперсной фазы и дисперсионной среды в составе композиций, что способствовало образованию структурированных слоев [106], в результате чего ПНС повышалось в исследуемых комбинированных системах.

Это свидетельствует о том, что введение БЖК в ПФО изменило качественный состав дисперсной фазы и дисперсионной среды, образуя гелеобразные структурированные слои, что обуславливало повышение значений предельного напряжения сдвига в исследуемых комбинированных системах.

По итогам результатов исследований было выбрано определенное соотношение компонентов КРК, которое составило (в масс.%): КГКР:МЛ:МТ = 50:30:20 (независимо от вида КГКР).

Состав данной композиции является рациональным для использования при производстве рыбных кулинарных изделий на фаршевой основе, в которых требуются определенные структурно-механические свойства.

Таковыми кулинарными изделиями являются рулеты на основе рыбного фарша с начинками из овощей [39, 64, 85, 103, 129, 130, 158, 159].

При соотношении компонентов КГКР:МЛ:МТ – 50:30:20 наблюдались высокие показатели функционально-технологических (ВСС – от 94,75 до 98,06 %, ВУС – от 367,61 до 438,73 %, ЖУС от 66,10 до 264,69 %) и структурно-механических свойств (Пластичность – от 10,20 до 10,55 см<sup>2</sup>/г, ПНС – от 336,24 до 433,21Па), а также наибольшее содержание инулина (от 2,13 до 3,04 %). Несмотря на высокие показатели свойств, при выборном соотношении компонентов, наиболее рациональные значения имела КРК на основе КГКН. Именно в КРК на основе КГКН большее содержания белка (13,59 %) и более высокие значения ВСС (98,06 %) и ПНС (433,21 %). Потенциально, данные показатели должны положительно сказаться на формировании качества готового рыбного рулета при введении ее в состав фарша продукта [67, 68, 72, 74, 77, 79, 80-82, 106].

Разработанная композиция на основе биомодифицированного коллаген-содержащего сырья и муки из клубней топинамбура и из семян льна, позволит улучшить функционально- технологические и реологические показатели кулинарного изделия на основе рыбного фарша, получить его с заданной структурой, а также повысить пищевую ценность и обогатить пищевыми веществами, в частности инулином, которые являются необходимыми для организма человека .

#### **4.4 Исследование влияния коллагено-растительной композиции на свойства рыбных фаршевых систем**

В данном разделе была изучена возможность использования коллагено-растительной композиции в технологии рыбных кулинарных изделий на основе рыбного фарша. Для этого, с помощью модельных рыбных фаршевых систем, определяли рациональное количество замены рыбного сырья на КРК.



Использование модельных фаршевых систем является известным и давно зарекомендовавшим себя методом при разработке новых видов пищевых продуктов. Он позволяет получить полную информацию об изменении исследуемых характеристик с наименьшими экономическими затратами и временными потерями [66, 40, 88, 92, 103, 104, 106, 129].

Изучали модельные рыбные системы, в которых часть рыбного фарша заменялась адекватным количеством КРК (от 0 до 20 % с шагом 5 %). Данные уровни замены рыбного сырья на КРК были подобраны на основе литературных данных [39, 41, 84, 92, 106, 129, 162].

При введении композиции в количестве от 5 до 15 % в исследуемых образцах рыбных фаршевых систем, значения показателей структурно-механических и функционально-технологических свойств превосходили значения данных показателей в контрольном образце (см. таблицу 25). С целью дальнейшего выявления изменений физико-химических, функционально-технологических и структурно-механических показателей смесей, а также теоретического обоснования возможности повышения уровня замены рыбного сырья на адекватное количество КРК, были изучены свойства рыбных фаршевых систем при уровне замены 20 %.

В качестве основного рыбного сырья для приготовления фаршевых систем использовали филе минтая, обладающее пониженными функционально-технологическими и структурно-механическими свойствами. Введение КРК будет потенциально способствовать улучшению данных свойств и структурообразованию фарша.

Рыбное сырье подвергали механическому измельчению на бытовой электромясорубке с диаметром отверстий решетки 2-5 мм, вводили поваренную соль в количестве 1 % и перемешивали. Далее рыбный фарш смешивали с композицией КРК, взятой в выбранных соотношениях. Контролем являлся образец модельного фарша без внесения КРК. Полученные массы расфасовывали в стеклянные банки емкостью 250 мл с герметично закрывающимися крышками и подвергали термической

обработке, продолжительность которой при температуре 80-85 °С составляла в среднем 85±5 мин, до достижения температуры в центре образца 73±2 °С. В приготовленных системах исследовали изменение массовой доли влаги, рН, предельное напряжение сдвига и влагосвязывающую способность, после тепловой обработки - влагоудерживающую и жирудерживающую способности, а также органолептические показатели. Полученные в соответствии с предусмотренными вариантами фарши модельных рыбных систем, характеризовались свойствами, представленными в таблице 25 и на рисунке 23.

Таблица 25 – Основные показатели качества рыбных фаршевых систем с КРК на основе КГКН

Наименование показателя	Контроль	Количество вносимой КРК на основе КГКН, %			
		5	10	15	20
<b>До тепловой обработки</b>					
Массовая доля влаги, %	81,22±1,99	76,21±1,86	77,60±1,90	77,89±1,91	79,84±1,95
ВСС, % к общ. влаге	68,46±1,68	73,45±1,82	78,53±1,94	79,48±1,97	79,72±1,98
ПНС, кПа	0,66±0,02	0,91±0,02	0,86±0,02	0,82±0,02	0,74±0,02
рН, ед	5,69±0,02	5,74±0,02	5,81±0,02	5,83±0,02	5,85±0,02
<b>После тепловой обработки</b>					
ВУС, % к сух. веществу	348,48±8,54	352,42±8,74	360,22±8,93	347,32±8,61	334,75±8,30
ЖУС, % к сух. веществу	95,11±2,33	177,28±4,40	145,87±3,62	171,82±4,26	173,11±4,29

Результаты таблицы 25 показывают, что в образцах рыбных фаршевых систем с КРК, при всех уровнях замены, массовая доля влаги меньше, по сравнению с контрольным образцом без содержания КРК. Повышение уровня замены рыбного сырья на КРК привело к изменению анализируемого показателя в образцах в большую сторону. Наибольшее содержание влаги показал образец с 20 % - ным содержанием КРК – 79,84 %. Данные изменения массовой доли влаги можно объяснить перераспределением белков животного и растительного происхождения в системе, что приводило

к образованию новых реакционных связей, присоединяющих к себе новые диполи воды.

Анализ динамики ВСС показал, что рост значений данного показателя имеет место у всех экспериментальных образцов, по сравнению с его значениями в контрольном образце. При этом с возрастанием уровня замены рыбного сырья на КРК значения ВСС повышались. Наибольшего значения ВСС достигла при 20 % -ной замене рыбного сырья на КРК, а именно – 79,72 %.

Показатель ПНС постепенно уменьшался с увеличением количества вносимой КРК и достигал минимума при 20 %-ой замене рыбного фарша – 0,74 кПА. Данный характер изменений объясняется увеличением массовой доли соединительнотканного белка (коллагена) в составе модельной рыбной системы, что приводило к росту ее гидрофильных свойств. В результате присутствия диспергированных коллагеновых волокон, возникали новые реакционно-активные связи, которые взаимодействовали с диполями воды, благодаря чему значение ПНС снижалось, и фарш становился более пластичным. Данный факт положительно скажется на модельном фарше, в связи с образованием коагуляционной вязко-пластичной структуры, которая является характерной для сырого фарша. Кроме этого, увеличение содержания влаги приводило к постепенному снижению сдвиговых свойств, что и доказывают данные определения показателя ПНС. Таким образом, присутствие КРК на основе КГКН будет способствовать структурообразованию белково-жировой системы на основе рыбного фарша, а также повышению нежности готового продукта.

Величина рН является одним из главных показателей рыбной продукции, которая влияет на такие качественные показатели, как содержание влаги, микробиальная обсемененность и потери массы после термообработки [53, 58, 88, 106]. Данные по определению рН опытных образцов свидетельствуют, что по сравнению с контрольным фаршем, значение

изучаемого показателя в экспериментальных системах повышалось с 5,69 до 5,85, что непосредственно влияло на показатели ФТС фаршевых систем.

Динамика изменений значений жиро- и водоудерживающей способности в образцах рыбных фаршевых систем, была подобна изменениям показателя ВСС (см. таблицу 25). При повышении уровня замены на КРК рыбного сырья показатели ЖУС и ВУС возрастали, но до определенного уровня замены. Наибольшие значения ЖУС и ВУС наблюдались при 5 и 10 % - ом уровне замены сырья на КРК и составили соответственно 177,28 и 360,22 %.

При проведении органолептической оценки по 10-бальной шкале (рисунок 23), наивысший балл получили образцы с уровнем замены рыбного сырья на КРК в количестве 10-ти и 15-ти %.



Рисунок 23 – Общая балльная оценка органолептических характеристик рыбных фаршевых систем

Фаршевые системы имели белый с коричневатым оттенком цвет, в меру солёный и приятный аромат, вкус готового продукта, свойственный используемой рыбе, мягкую и сочную консистенцию. Модельные образцы с 20-ти % уровнем замены на КРК были оценены в 7,8 балла, так как помимо легкого специфического запаха имели более темный цвет и обладали более плотной консистенцией.

В соответствии с результатами исследований, допустимым вариантом замены рыбного сырья в рецептуре кулинарного фаршевого изделия на КРК, является ее количество от 10 до 15 %. При данных уровнях замены наблюдались высокие показатели ВУС и ЖУС, что является позитивным фактором при формировании консистенции рыбных продуктов. Более

высокий уровень замены рыбного сырья на КРК не рекомендуется, так как в данной системе, несмотря на высокие функционально-технологические свойства, имеет место ухудшение органолептических показателей готовой продукции (вкуса, цвета, запаха, а также консистенции, в оттенках которой повышается признак жёсткости). В связи с вышперечисленным рекомендуется использовать разработанную композицию в технологии рыбных кулинарных изделий на фаршевой основе, для улучшения показателей качества, прежде всего, структуры готового продукта. Также данный уровень замены будет способствовать понижению себестоимости рыбных кулинарных изделий [64, 67, 68, 77].

## ГЛАВА 5 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛАГЕНО–РАСТИТЕЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ РЫБНЫХ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Результаты исследований, представленные в предыдущих главах, являются основой для разработки технологии рыбного кулинарного изделия на фаршевой основе с использованием разработанной коллагено-растительной композиции. Эта композиция повышает функционально-технологические свойства рыбного фарша, а также качественные показатели и пищевую ценность готового продукта, обогащает его пищевыми волокнами. Высокий биологический потенциал данной композиции послужил основанием для решения ряда прикладных задач в технологиях рыбных продуктов.

Для обоснования выбора ассортимента новых видов рыбных продуктов, приоритет был отдан фаршевым кулинарным изделиям, многокомпонентная рецептура которых технологически оправдана и позволяет внести функциональный ингредиент.

Кулинарные изделия были выбраны нами также с учетом технологических характеристик коллагено-растительной композиции: органолептических, функционально-технологических, реологических и химических показателей. Так как композиция представляет желто-коричневую густую смесь с приятным легким, травянистым, слегка рыбным запахом, то для ее использования в качестве добавки, была выбрана технология рыбных рулетов, где в качестве дополнительных ингредиентов применяются продукты растительного происхождения [37, 61, 103]. В связи с этим разработку рецептуры и в целом технологии рыбного изделия с применением коллагено-растительной композиции, осуществляли с учетом целенаправленного моделирования состава и свойств нового продукта.

В данной главе проведены исследования по апробированию использования КРК в рецептурах рыбных рулетов повышенной пищевой ценности.

## **5.1 Обоснование технологии и рецептурного состава рыбного кулинарного изделия с использованием коллагено-растительной композиции**

На заключительном этапе исследований проводилась выработка готового продукта, а именно рыбного рулета, и изучение его качественных показателей на всех этапах производства. На основании выше полученных данных по исследованию рыбных фаршевых систем предположили, что замена адекватного количества рыбного сырья в рецептуре рыбных рулетов на КРК будет способствовать улучшению качественных и технологических показателей готовых продуктов.

Ранее проведенными исследованиями была доказана возможность замены рыбного сырья на КРК в количестве 10 %, (см. п. 4.4), поэтому коллагено-растительную композицию вводили именно в таком количестве.

В лабораторных условиях кафедры «Биотехнологии и технологии продуктов питания животного происхождения» ФГБОУ ВО МГУПП была проведена выработка опытного образца рыбного рулета из минтая в оболочке, в котором 10 % рыбного сырья (измельченное филе минтая) было заменено разработанной КРК, полученной на основе высушенного вакуумной сублимационной сушкой и впоследствии гидратированного КГКН с добавлением МЛ и МТ в соотношении КГКН:МЛ:МТ=50:30:20 масс.%. Контролем служил рыбный рулет без КРК.

В соответствии с общепринятыми требованиями к оценке показателей, характеризующих качества рыбной продукции, проводились исследования рыбных контрольных и экспериментальных рулетов, приготовленных по рецептуре, приведенной в таблице 26. Базовый состав рецептуры основан на авторских данных [64, 67, 68, 82] и защищен патентом РФ на изобретение № 2646920 «Способ производства кулинарного рыбного изделия в виде рулета из минтая». На основании проведенных экспериментальных исследований разработана технологическая схема получения опытных образцов

кулинарного рыбного изделия в виде рулета из минтая в оболочке с использованием КРК, которая представлена на рисунке 24.

Таблица 26 – Рецептuru рыбного рулета, кг на 100 кг продукта

Наименование сырья, материалов и пряностей	Нормы для рулета в оболочке из минтая,	
	опыт	контроль
Сырье не соленное, кг (на 100 кг сырья)		
Филе минтая	60	54,0
Коллагено-растительная композиция	-	6,0
Пшеничный хлеб	9,5	9,5
Яичный меланж	3,5	3,5
Молоко или вода питьевая	12,2	12,2
Лук репчатый, обжаренный	5,8	5,8
Петрушка	1,5	1,5
Морковь	3,5	3,5
Зеленый горошек	4,0	4,0
Вспомогательное сырье (специи, добавки и материалы), г (на 100 кг основной сырья)		
Соль поваренная пищевая	2200	2200
Чеснок свежий очищенный измельченный	560	560
Перец черный	150	150
Оболочка	Коллагеновая пленка «Беккдорин»	



Рисунок 24 – Технологическая схема производства кулинарного рыбного изделия в виде рулета из минтая в оболочке с КРК



## **Технологический процесс**

Сырье – тушки рыб (минтай) размораживали, промывали и направляли на разделку. После разделки полученное филе минтая нарезают на мелкие кусочки, смешивали их с предварительно замоченным в молоке пшеничным хлебом и  $\frac{1}{4}$  частью измельченного обжаренного лука. Дважды пропускали всю массу через волчок с диаметром отверстий 2-5 мм. В фарш добавляли остатки молока, соль, перец, яичный меланж, растертый с солью чеснок и коллагено-растительную композицию в количестве 10 % от массы рыбного сырья. Все компоненты добавлялись в количестве, которое согласовано с рецептурой продукта (табл. 25). После этого смесь перемешивали на фаршемешалке в течение 10 мин. Готовую массу раскладывали на смоченную водой съедобную (пищевую) коллагеновую пленку, на поверхность которой выкладывали овощную начинку из петрушки, моркови, обжаренного лука и зеленого горошка. Далее закатывали полученную массу в 3 слоя, придавая ей форму рулета, и обвязывали шпагатом. Батоны рыбного рулета навешивали на рамы и отправляли на термическую обработку. Термическую обработку рулета проводили в стационарных варочных камерах с автоматическим контролем и регулированием температуры, относительной влажности и скорости движения среды. Сформированные рулеты подвергали термообработке паром в течение  $85 \pm 5$  мин до достижения температуры в центре образца  $73 \pm 2$  °С в универсальной термокамере при температуре 75-80 °С. Рамы с готовым рулетом вынимали из термокамеры, делали в 3 – 4 местах проколы в оболочке и охлаждали в подвешенном состоянии на рамах при температуре 0-4 °С до достижения температуры в толще продукта от 0 до 6 °С.

### **Подготовка КГКН и приготовление коллагено-растительной композиции**

#### *Подготовка кожи рыб*

Кожу нерки промывали питьевой водой в течение 20 мин для удаления слизи и загрязнений, зачищали от чешуи и прирезей мышечной ткани, давали

стечь воде в течение 15-20 мин и подмораживали. Чешую и прирези направляли на производство кормовой муки.

#### *Измельчение кожи рыб*

Подготовленную кожу нерки подвергли механическому измельчению на волчке с диаметром отверстий решетки 2-5 мм.

#### *Подготовка раствора ферментного препарата*

Водный раствор, содержащий 0,05 % от массы сырья ферментного препарата «Протепсин», готовили в емкости с мешалкой в следующей последовательности (из расчета на 100 кг кожи нерки): первоначально в емкость заливали 200 л воды питьевой (гидро модуль кожа нерки:вода – 1:2), затем при перемешивании добавляли 0,05 кг ферментного препарата «Протепсин». Перемешивание осуществляли до полного растворения ферментного препарата в воде.

#### *Обработка кожи нерки раствором ферментного препарата*

Измельченную кожу нерки помещали в емкость с мешалкой и заливали раствором ферментного препарата. Обработку проводили в течение 2,5 часов при периодическом перемешивании в течение от 10 до 15 мин каждый час. Температура во время ферментации должна быть от 20 до 25°C. Для инактивации ферментного препарата раствор с гидролизатом нагревали до 70 °C, выдерживали в течение 15 мин.

#### *Получение коллагенового гидролизата из кожи нерки и обработка раствором лимонной кислоты*

Коллагеновый гидролизат из кожи нерки (КГКН) извлекали из раствора, помещали на перфорированные поддоны и выдерживали на них в течение 10 мин до полного удаления влаги. К гидролизату добавляли водный раствор, содержащий 0,3 % от массы гидролизата, лимонной кислоты, настаивали в течение 45 мин при температуре 20 °C и постоянном перемешивании, соотношение гидролизат: раствор составляло 1:3. Затем гидролизат отделили от раствора с лимонной кислотой фильтрацией через перфорированные поддоны и высушивали на вакуумной сублимационной сушилке.

Рабочие параметры сублимационной сушки:

- начало вакуумирования:  $T$  десублиматора =  $-20^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{пр}} = -17^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{наг}} = 10,5^{\circ}\text{C}$ ;

- начало сушки:  $T$  десублиматора =  $-30^{\circ}\text{C}$ ;  $P_{\text{кам}} = 159 \text{ Па}$ ;  $T_{\text{пр}} = -19^{\circ}\text{C}$ ;

Продолжительность сушки составила 8 ч до конечного содержания влаги в продуктах 4,0-7,0 %. (Технологическую схему получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыб см. в подглаве 3.4 рисунок 21)

#### *Приготовление коллагено-растительной композиции*

Гидратированный коллагеновый гидролизат из кожи нерки помещали в мешалку и добавляли к нему, в расчете на 100 кг коллагено-растительной композиции (КРК), предварительно гидратированную муку из семян льна и клубней топинамбура. Соотношение КГКН:МЛ:МТ составляло 50:30:20. Ингредиенты перемешивали в гомогенизаторе при скорости  $4000 \text{ мин}^{-1}$  в течение 15 мин до получения однородной массы, фиксируемой визуально.

Степень гидратации для коллагенового гидролизата из кожи нерки, муки из семян льна и муки из клубней топинамбура составляет 1:3, 1:6 и 1:4 соответственно.

Готовую композицию вводили в состав рыбного фарша в количестве 10 % от массы измельченного филе минтая.

## **5.2 Изучение комплекса показателей качества рыбного кулинарного изделия с коллагено-растительной композицией**

Основной задачей исследований являлось обоснование возможности использования разработанной коллагено-растительной композиции на основе модифицированной кожи рыб и растительных компонентов при производстве рыбных кулинарных изделий, а именно рулетов, за счет изучения их качественных показателей и свойств [64, 67].

Для этого были проведены исследования по определению показателей качества рыбного рулета из минтая. В фарше контрольного и опытных

образцов определяли массовую долю влаги, влагосвязывающую способность, рН, предельное напряжение сдвига и пластичность. В готовых рыбных рулетах определяли следующие показатели: массовую долю влаги, белка, рН, напряжение среза и работу резания, выход готового изделия, показатели окислительной, микробиальной порчи, показатели безопасности, активность воды, аминокислотный и жирокислотный состав, переваримость, органолептические показатели.

Непосредственно после фаршесоставления были определены основные показатели, характеризующие качество комбинированного рыбного фарша, а именно: массовая доля влаги, рН, ПНС и пластичность - как опытного, так и контрольного образцов. Данные определений приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Основные показатели рыбного фарша на основе филе минтая

Наименование показателя	Образцы рыбного фарша	
	контроль	опыт
Массовая доля влаги, %	78,75±1,93	76,12±1,86
рН, ед.	5,53±0,02	5,67±0,03
ПНС, кПа	0,73±0,09	0,84±0,11
Пластичность, см <sup>2</sup> /г	13,31±0,33	11,68±0,39
ВСС, % к общей влаге	75,13±0,69	79,36±0,94

Данные результатов исследований, представленных в таблицы 27, свидетельствуют о том, что по всем анализируемым показателям, опытный образец рыбного фарша для рулета не уступал контрольному. При внесении в опытный образец КРК на основе коллагенового гидролизата из кожи нерки, ВСС фарша повысилась на 4,23 % по сравнению с контрольным образцом, что может способствовать снижению потерь массы продукта при термообработке и улучшению его структурно-механических свойств. Значение рН незначительно отличалось между опытным и контрольным образцом фаршей, при этом следует отметить, что рН опытного образца несколько смещен в более щелочную среду (см. раздел 4.3). Данное изменение рН можно объяснить введением КРК на основе КГКН в состав рыбного фарша. Показатель ПНС увеличивался с добавлением КРК к фаршу

на 0,11 кПа, что можно оценить, как положительное влияние на структуру готового продукта, при этом показатель пластичности уменьшился на 2,46 см<sup>2</sup>/г соответственно.

На следующем этапе работы проводили исследования готового продукта непосредственно после его термической обработки.

Одними из важнейших характеристик для продукта и соответственно потребителя являются его внешний вид, вкус, аромат, консистенция и цвет на разрезе, поэтому в первую очередь были проведены органолептические исследования готового продукта, как опытного, так и контрольного образцов рулета.

По внешнему виду готовые рыбные рулеты соответствовали требованиям, характеризующим данный вид продукта (ТУ 10.85.12-001- 02068634-2018 «Рыбное кулинарное изделие «Рулет из минтая в оболочке») [64]. Они имели форму батончиков, поверхность которых была чистой и сухой, без видимых повреждений оболочки, напыльвов фарша, слипов, бульонных, в том числе жировых отеков. Результаты оценки по 10-балльной системе изображены графически в виде профильной диаграммы на рисунке 25.

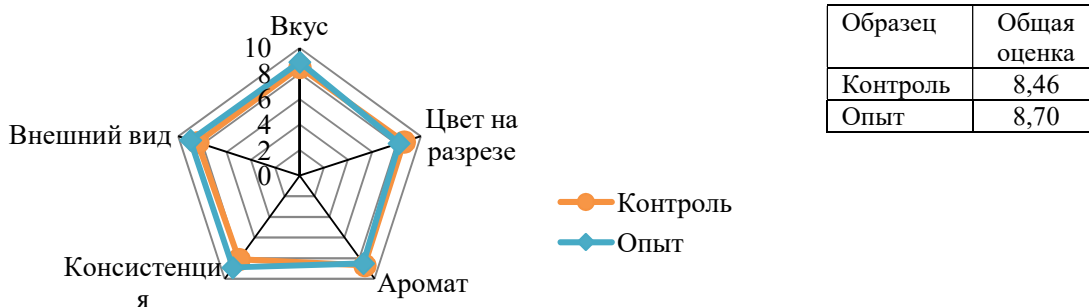


Рисунок 25 – Профилограмма органолептической оценки рыбных рулетов

На рисунке 25 видно, что органолептические показатели опытного образца рыбного рулета не уступали контрольному. Все потребительские свойства и показатели рыбного кулинарного изделия с КРК на основе КГКН имели высокую балльную оценку.

С целью обоснования прочностных и структурно-механических свойств готового продукта, были проведены исследования по определению показателей напряжения среза и работы резания, как опытного, так и контрольного образцов. Также были определены такие показатели как рН и активность воды образцов рыбных рулетов. Результаты исследований представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Результаты определения физических показателей рыбного рулета

Наименования показателя	Контроль	Опыт
Напряжение среза, Н*м <sup>-2</sup>	37765,92±48,21	38125,62±54,22
Работа резания, Дж*м <sup>-2</sup>	311,39±4,32	324,98±5,12
Активность воды	0,977±0,0007	0,981±0,0007
рН, ед.	5,62±0,01	5,76±0,01

По данным таблицы 28 видно, что опытный образец, по сравнению с контрольным, имел более высокие значения структурно-механических показателей. Это сказывалось на улучшении его консистенции и соответственно органолептических характеристик опытного образца рыбного рулета в целом (см. рис. 25). Соответственно можно сделать вывод, что наличие в опытном образце КРК на основе КГКН способно оказывать положительное влияние на консистенцию продукта, выражающееся в уплотнении структуры и повышении его прочностных характеристик. Наибольшей упругостью обладал опытный образец, что объясняется образованием устойчивых структурных комплексов белков мяса, рыбы с белками муки из семян льна и фрагментами коллагеновых волокон в процессе термообработки.

Значения напряжения среза и работы резания рыбных рулетов с КРК на основе КГКН были на 0,94 и 4,14 % выше данных значений в контрольном изделии. Данные изменения в опытном образце связаны с повышением уровня белков, а именно коллагена, поэтому внесение КРК на основе КГКН способствует улучшению консистенции и структуру готового изделия.

Активность воды является одним из важных показателей при производстве продуктов питания, величина которого способна влиять на сроки их годности. По результатам определения активности воды видно (табл. 28), что значение анализируемого показателя находилось в пределах от 0,977 до 0,981 как для опытного, так и для контрольного образцов.

Из полученных результатов видно, что значение рН опытного образца, больше контрольного. Более высокое значение рН опытного образца можно объяснить введением КРК на основе КГКН, рН которой составляло 5,73 (см. таблицу 23), что и привело к повышению анализируемого показателя.

Далее проводились исследования по определению химического состава и энергетической ценности выработанных рыбных рулетов (таблица 29).

Таблица 29 – Химический состав и энергетическая ценность исследуемых образцов рыбного рулета

Наименование показателя	Контроль	Опыт
Массовая доля влаги, %	79,56±0,32	77,01±0,81
Массовая доля белка, %	17,29±0,43	19,43±0,72
Массовая доля соединительнотканых белков, % от общего белка	4,71±0,12	6,12±0,16
в том числе коллаген, % от общего белка	4,35±0,11	5,84±0,14
Массовая доля жира, %	1,31±0,11	0,82±0,04
Массовая доля зола, %	1,25±0,14	1,79±0,19
Массовая доля углеводов, %	0,59±0,07	0,95±0,12
Массовая доля инулина, %	-	0,78±0,10
Калорийность, ккал/100 г продукта	83,06±2,03	88,66±2,17

Проанализировав полученные данные, представленные в таблице 28, установили, что 10 %-я замена рыбного сырья на КРК приводила к увеличению массовой доли белка в опытном образце рыбного рулета на 12,38 % по отношению к контрольному. При этом содержание соединительных белков и калорийность готовых рулетов увеличились соответственно на 29,94 % на 6,74 %. Одновременно в экспериментальных рулетах снижалась массовая доля жира, и увеличивалась массовая доля зольных веществ. Также

в опытном образце рыбного рулета наблюдалась более высокая массовая доля углеводов, при этом, в отличие от контроля, в нем содержался инулин.

Изменение химического состава и энергетической ценности опытного образца рыбного рулета, связано с заменой рыбного сырья в его рецептуре на КРК (см. таблицу 26), которая содержит в своем составе, в отличие от рыбного фарша, высокую долю соединительных белков, а также углеводов и пищевых волокон, среди которых выделяется инулин.

Для более полной оценки влияния КРК на биологическую ценность рыбных рулетов определялась переваримость белков основными ферментами желудочно-кишечного тракта (пепсин, трипсин) в опытах «in vitro». Полученные результаты представлены в таблице 30. В ходе эксперимента выявляли, что на степень переваримости опытного изделия, внесение КРК оказывает незначительное влияние.

Таблица 30– Переваримость «in vitro» контрольного и опытного образцов рыбного рулета

Фермент	Переваримость, мг тирозина/100 г белка	
	Контроль	Опыт
Пепсин	6,59±0,17	6,36±0,16
Трипсин	10,46±0,25	10,21±0,24
Общее значение	17,15±0,43	16,57±0,40

Установили, что в контрольном образце показатель переваримости белковых веществ был выше на 3,50 % по отношению к опытному образцу. Это связано с тем, что введение КРК приводит к увеличению содержания пищевых волокон в продукте за счет их присутствия в муке из семян льна и клубней топинамбура.

Наличие в рецептуре рыбных рулетов коллагено-растительной композиции, как основного источника пищевых волокон, в частности инулина, потенциально будет оказывать положительное влияние на работу желудочно-кишечного тракта и, соответственно, всего организма человека. Данное предположение можно выдвинуть согласно теории адекватного и сбалансированного питания по В.А. Тутельяну, в соответствии с которой



пищевые волокна и подобные им вещества, обволакивают желудочно-кишечный тракт, способствуя нормальному функционированию пищеварительной системы организма человека. Кроме этого, можно отметить, что и коллаген способен проявлять свойства балластных веществ, это непосредственно повлияет на переваримость, и повышает его ценность и эффективность использования при производстве сбалансированных пищевых продуктов [12, 14, 54, 60, 64, 92, 93, 114]

Был изучен аминокислотный состав как опытного, так и контрольного образца рыбного рулета. Содержание аминокислот в белке контрольного и опытного образцов рыбных рулетов представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Содержание аминокислот в суммарном белке и биологическая ценность образцов рыбного рулета, г/100 г белка

Наименование аминокислоты	Контроль		Опыт		Данные ФАО/ВОЗ	
	А	С	А	С	А	С
Незаменимые аминокислоты						
Изолейцин	5,68±0,13	142,00	5,93±0,18	148,25	4,00	100
Лейцин	8,12±0,20	116,00	8,37±0,23	119,57	7,00	100
Лизин	9,28±0,23	168,73	8,87±0,20	161,27	5,50	100
Метионин+Цистин*	3,72±0,09	106,28	3,67±0,10	104,86	3,50	100
Фенилаланин+Тирозин*	7,24±0,20	120,67	7,68±0,18	128,00	6,00	100
Треонин	5,73±0,14	143,25	5,56±0,09	139,00	4,00	100
Триптофан	1,32±0,04	132,00	1,15±0,03	115,00	1,00	100
Валин	5,65±0,14	113,00	5,76±0,17	115,20	5,00	100
Заменимые аминокислоты						
Аланин	6,15±0,15	-	6,33±0,16	-	-	-
Аспарагиновая кислота	10,21±0,25	-	9,90±0,24	-	-	-
Пролин+Гидроксипролин	4,10±0,10	-	5,03±0,12	-	-	-
Глицин	5,47±0,134	-	6,90±0,17	-	-	-
Глутаминовая кислота	12,55±0,31	-	12,73±0,2	-	-	-
Серин	4,78±0,12	-	4,72±0,12	-	-	-
Цистиин	1,03±0,03	-	0,91±0,02	-	-	-
Показатели биологической ценности						
БЦ, %	75,18		76,87		100	
R <sub>c</sub> , дол. ед.	0,80		0,82		R <sub>c</sub> → 1,0	
σ, г/100 г белка эталона	8,40		8,81		σ → 0	

Примечание: А – содержание аминокислоты, г/100 г белка; С – аминокислотный скор, % относительно шкалы ФАО/ВОЗ (1973).

\* Потребность организма человека в метионине удовлетворяется на 80 – 89 % заменимой аминокислотой цистином, а в фенилаланине – на 70 – 75 % заменимой аминокислотой тирозином, поэтому данные аминокислоты оцениваются в сумме.

Основополагающим для нормализации деятельности организма человека является количество поступающего с пищей белка и особенно его качество, характеризующееся сбалансированностью аминокислотного состава (содержанием незаменимых аминокислот и их соответствием оптимальному соотношению, рекомендованному комитетом ФАО/ВОЗ). Также для обоснования общей биологической ценности продукта, важным является и содержание заменимых аминокислот в белке.

Из данных таблицы 30 видно, что в опытном образце содержалось больше изолейцина, лейцина, фенилаланина с тирозином и валина по сравнению с контрольным образцом. Наименьший аминокислотный скор наблюдался у аминокислот метионин и цистин. При этом количества всех аминокислот было не ниже установленных норм ФАО/ВОЗ и лимитирующих аминокислот не наблюдалось. Снижение количества триптофана в опытных образцах происходит за счет большого содержания оксипролина в составе КРК, что обусловлено присутствием коллагенового гидролизата из кожи нерки. Среди заменимых аминокислот наибольшую массовую долю имела глютаминовая кислота, в опытном образце ее количество увеличилось, что объясняется большим ее содержанием в растительных компонентах КРК, а именно в муке из семян льна (см. раздел 1.4, табл. 4). При замене рыбного сырья на КРК происходило уменьшение количества таких незаменимых аминокислот, как лизин, фенилаланин, тирозин, триптофан и др., о чем и свидетельствовали представленные данные.

Таким образом, оценка аминокислотной сбалансированности опытного образца по сравнению с контрольным показала, что его биологическая ценность (БЦ) выше на 2,25 %, значение коэффициента рациональности аминокислотного состава ( $R_c$ ) – выше на 2,50 % и показателя сопоставимой избыточности НАК ( $\sigma$ ) -выше на 4,88 %. На основании полученных данных можно свидетельствовать о достаточной сбалансированности аминокислотного состава и более высокой биологической ценности белков рыбных рулетов из минтая с КРК [64, 86].

В таблице 32 приведены результаты жирнокислотного анализа липидов образцов рыбных рулетов из минтая. Данный показатель также свидетельствует о биологической ценности пищевых продуктов.

Таблица 32 - Жирнокислотный состав липидов контрольного и опытного образцов рыбного рулета

Наименование жирных кислот	Массовая доля жирных кислот (% к общему количеству)	
	Контроль	опыт
ΣНасыщенных	26,97	23,56
ΣМононенасыщенных	20,86	17,21
ΣПолиненасыщенных	52,17	59,23
в том числе:	3,33	6,53
линолевая		
линоленовая	5,21	11,28
арахионовая	6,67	6,42

Проанализировав жирнокислотный состав липидов контрольного и опытного образцов рыбного рулета, можно сделать вывод о некотором различии в содержании в них насыщенных и ненасыщенных кислот.

Так, суммарное содержание насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот липидов опытного образца рыбного рулета понизилось на 3,41 и 3,65 %, а содержание полиненасыщенных жирных кислот увеличилось на 7,06 % по сравнению с контрольным образцом исследуемого продукта. В том числе содержание линолевой, линоленовой кислоты увеличилось на 3,2 и 6,07 %, соответственно. В случае арахидоновой кислоты наблюдается понижения на 0,25 %.

Более высокая массовая доля полиненасыщенных жирных кислот в опытном образце рыбного рулета объясняется наличием в его рецептуре КРК, в состав которой входит мука из семян льна, являющиеся источником полиненасыщенных жирных кислот и содержащая их в большем количестве чем филе минтая, особенно линоленовой и линолевой кислоты (см. табл. 4, подглава 1.4) [64, 86].

Результаты исследований по определению жирнокислотного состава липидов позволяют сказать об обогащении рыбного кулинарного изделия с

КРК полиненасыщенными жирными кислотами, в частности, линолевой и линоленовой.

На дальнейшем этапе были проведены исследования по изучению основных показателей безопасности готового продукта, а именно показателей окислительной порчи липидов и микробиологических параметров рыбного рулета с КРК, с целью установления его максимальных сроков годности при хранении в охлаждённом виде. Как контрольный, так и опытный образец рыбного рулета хранили 5 суток при минус 4-6 °С. В течение данного срока хранения, изучали изменение показателей окислительной порчи липидов и микробиологических параметров образцов исследования. Полученные данные представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Показатели окислительной порчи липидов и микробиологические параметры контрольного и опытного образцов рыбного рулета

<b>Продолжительность хранения</b>					
0 сут.	1 сут.	2 сут.	3 сут.	4 сут.	5 сут.
<b>Пероксидное число, М<sub>экв</sub>О<sub>2</sub>/кг продукта</b>					
Контроль					
0,009±0,0005	0,012±0,0005	0,016±0,0006	0,021±0,0006	0,027±0,0007	0,032±0,0007
Опыт					
0,005±0,0004	0,008±0,0004	0,013±0,0005	0,017±0,0005	0,022±0,0006	0,026±0,0006
<b>Тиобарбитуровое число, мгМДА/кг продукта</b>					
Контроль					
0,12±0,005	0,07±0,006	0,12±0,006	0,18±0,007	0,21±0,007	0,29±0,008
Опыт					
0,10±0,08	0,04±0,005	0,08±0,006	0,13±0,006	0,17±0,007	0,23±0,007
<b>КМАФАнМ, КОЕ/г, не более 1*10<sup>4</sup></b>					
Контроль					
1,1*10 <sup>1</sup>	1,5*10 <sup>2</sup>	2,1*10 <sup>3</sup>	4,6*10 <sup>3</sup>	6,4*10 <sup>3</sup>	2,1*10 <sup>4</sup>
Опыт					
1,0*10 <sup>1</sup>	1,4*10 <sup>2</sup>	2,3*10 <sup>3</sup>	4,3*10 <sup>3</sup>	6,6*10 <sup>3</sup>	1,9*10 <sup>4</sup>
<b>БГКП, не допускаются в 1,0 г</b>					
Контроль					
н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Опыт					
н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
<b>Сульфитредуцирующие клостридии, не допускаются 1 г</b>					
Контроль					
н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Опыт					
н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
<b>S.aureus, не допускаются в 1,0 г</b>					
Контроль					
н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о

Окончание таблицы 33					
Опыт					
н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
<b>Плесень и дрожжи в сумме, КОЕ/г, не более 100</b>					
Контроль					
5,0±0,6	5,2±0,4	12,5±0,7	19,3±1,7	28,3±2,6	45,6±3,7
Опыт					
5,1±0,6	4,8±0,3	14,6±0,6	18,1±2,4	28,5±2,7	45,1±3,4

Из результатов исследований, предоставленных в таблице 33, видно, что опытный образец рыбного рулета, не уступает контрольному по показателям окислительной порчи липидов и микробиологическим параметрам.

Кроме того, следует отметить, что показатели окислительной порчи в опытном образце рыбного рулета были ниже, чем контрольном. Данное обстоятельство возможно связано с введением КРК, которое снизило массовую долю жира в составе опытного образца (см. табл. 29) и соответственно в процессе хранения образовалось меньшее количество первичных и вторичных продуктов окисления липидов.

Данные исследований наглядно подтверждают тот факт, что микробиологические показатели контрольного и опытного образцов рулета находятся в пределах, регламентируемых Техническим регламентом «О безопасности рыбы и рыбной продукции» [148]. В связи с этим можно сделать вывод, что максимальный срок годности рулета из минтая с КРК в охлаждённом виде, составлял 5 суток при температуре минус 4-6 °С. Более продолжительный срок годности не рекомендуется, что связано с активным ростом числа КМАФАнМ на 5 сутки хранения продукта. Это может привести к развитию патогенной микрофлоры и активным окислительным процессам в липидах.

Далее был определен выход готовых рыбных рулетов, поскольку этот показатель является одним из основных, влияющих на технологический процесс и экономическую эффективность предприятий. Результаты данных исследований для контроля и опытного изделия представлены на рисунке 26.

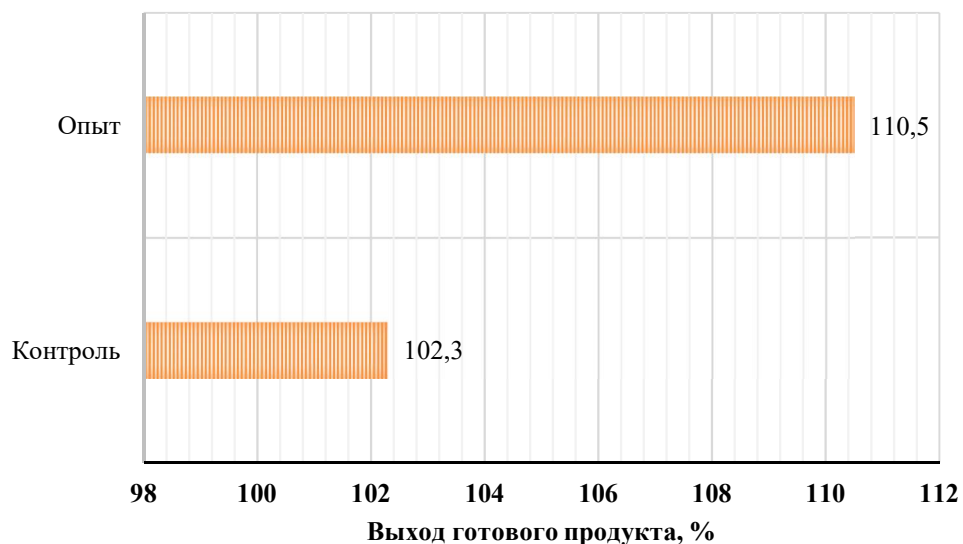


Рисунок 26 – Определение выхода контрольного и опытного образцов рыбного рулета, %

Из рисунка 26 видно, что введение КРК в состав фарша для рыбного рулета способствует повышению выхода готового изделия на 8,2 %, по сравнению с контрольным вариантом, что подтверждалось значениями ВСС (см. таблицу 26).

В связи с этими данными можно сделать вывод, что разработанную композицию целесообразно использовать в технологии рыбных полуфабрикатов на основе рыбных фаршей, что обеспечивает замену дорогого сырья на более дешевое и, следовательно, экономическую выгоду для рыбоперерабатывающих предприятий.

Экономическая эффективность от внедрения разработанной технологии композиции и рыбного кулинарного изделия с ее использованием в производство, рассчитанная на примере технологии рыбного рулета из минтая, составила 8,1 тыс. руб. /1 тонну продукции, а рентабельность повысилась на 0,2 %, по сравнению с контрольным образцом.

Выработка опытного образца рыбного рулета с КРК показала, что он не уступает контрольному по функционально-технологическим, структурно-механическим, физико-химическим и органолептическим характеристикам,

а в некоторых случаях превосходит его по показателям структурно-механических и технологических свойств, в частности ПНС, напряжения среза, работы резанья и выхода продукта, показателем химического состава, а именно белка и показателям биологической ценности, что говорит о целесообразности использования разработанной композиции в технологии разнообразных рыбных кулинарных изделий (не только рулетов). Обогащенный продукт обладал высокими показателями функционально-технологических и структурно-механических свойств, имел более высокие показатели по содержанию белка и общей биологической ценности, а также содержал в своем составе инулин, при этом композиция не приводила к ухудшению его органолептических характеристик, что является важным положительным фактором.

На данные технологии разработаны покате технической документации: ТУ 9283-001-02068634-2015 «Коллагено-растительная композиция для пищевых продуктов», ТУ 10.85.12-001-02068634-2018 «Рыбное кулинарное изделие «Рулет из минтая в оболочке» и ТИ к ТУ 10.85.12-001-02068634-2018.

### **5.3 Производственные испытания разработанного продукта**

Следующим этапом исследования стало проведение производственных испытаний разработанной технологии в промышленных условиях.

Проверку достоверности разработанной технологии и обоснованных отдельных параметров операций и процессов осуществляли путем промышленной апробации, проведенной на предприятиях ООО «РК-Сардиния» (Москва) и ООО ФНПП «Салута-М» (Московская область, г. Истра). На предприятиях ООО «РК-Сардиния» и ООО ФНПП «Салута-М» выработана опытная партия гидролизатов из кожи нерки, трески и кеты. Далее согласно ТУ «Коллагено-растительная композиция» (ТУ 9283-001-02068634-2015) и патенту №2583660 «Коллагено-растительная композиция

для пищевых продуктов» из гидролизатов были изготовлены коллагено-растительная композиция в количестве 150 кг.

На предприятии ООО «РК-Сардиния» была реализована партия рыбных рулетов из минтая с использованием коллагено-растительной композиции на основе гидролизата из кожи нерки, муки из семян льна и муки из клубней топинамбура в количестве 500 кг. Технологический процесс и материалы по изготовлению промышленных партий разработанных продуктов описаны в главе 4, подглавах 3.4 и 5.2, и приложениях Г, Д.

Качество полученной в производстве продукции было положительно оценено предприятием ООО «РК-Сардиния». Специалисты отметили соответствие качества продукции технической документации, техническому регламенту «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016), высокие органолептические показатели и отсутствие посторонних оттенков вкуса и запаха. Акт и справки о внедрении разработанных технологий в производство приведены в приложении Г.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана коллагенно-растительная композиция на основе коллагенового гидролизата их кожи рыб и растительных компонентов, предназначенная для улучшения показателей качества и обогащения пищевыми веществами, в частности инулином, рыбных кулинарных изделий, а именно рулетов. Композиция обеспечивает улучшение функционально-технологических и реологических свойств фарша, а также повышение общей пищевой ценности продукта и получение продукта с содержанием инулина в своем составе. Кроме этого, рекомендуется использовать данную композицию не только для рыбных рулет, но и для изделий, имеющих фаршевую структуру, таких как котлеты, биточки, пельмени, рыбные палочки и т.д.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы:

1) Изучен химический состав, физико-химические, функционально-технологические и реологические свойства кожи нерки, трески и кеты. Для трех видов кожи рыб основные показатели находились в пределах следующих значений: массовая доля общего белка – от 18,61 до 35,49 %, массовая доля коллагена – от 55,08 до 71,43 % от общего белка, рН – от 5,66 до 5,75, ВСС – от 61,41 до 97,58 %, ВУС – от 101,80 до 263,73 % к сухому веществу, ПНС – от 1236,45 до 1534,00 Па, эффективная вязкость – от 1973,45 до 2432,17 Па·с. На основе чего обосновано использование данных видов кожи рыб для получения коллагеновых гидролизатов, что будет способствовать снижению отходов рыбоперерабатывающей отрасли.

2) Разработан способ получения коллагеновых гидролизатов из кожи нерки, трески и кеты. Установлены рациональные параметры ферментативной обработки (дозировка ферментного препарата «Протепсин» – 0,05 % к массе сырья, гидромодуль сырье : вода – 1:2 и продолжительность обработки: для кожи нерки и кеты – 2,5 ч, для кожи трески – 2 часа), которые

позволяют получить коллагеновые гидролизаты из кожи рыб с высокими показателями функционально-технологических свойств за счет наличия среднемолекулярных пептидов, имеющих молекулярную массу 21,59 кДа.

3) Доказана целесообразность применения раствора лимонной кислоты для улучшения органолептических показателей (запах) коллагеновых гидролизатов из кожи рыб. Определены параметры обработки коллагеновых гидролизатов из кожи рыб водным раствором лимонной кислоты (дозировка лимонной кислоты – 0,3 % к массе гидролизата, соотношение гидролизат : раствор – 1:3 и продолжительность обработки – 45 мин), позволяющие снизить интенсивность их рыбного запаха.

4) За счет использования вакуумной сублимационной сушки получены сухие коллагеновые гидролизаты из кожи рыб, и изучено ее влияние на их физико-химические, функционально-технологические и реологические свойства. Установлено, что вакуумная сублимационная сушка при температуре удаления влаги фазовым переходом "лед-пар" минус 30 °С и температуре нагрева не более 40 °С позволяет сохранить нативные свойства коллагеновых гидролизатов из кожи рыб.

5) На основе изучения научно-технической литературы и собственных исследований, обоснована возможность применения муки из семян льна и муки из клубней топинамбура в составе коллагено-растительной композиции, как источников полноценного растительного белка и инулина, а также технологических ингредиентов.

6) Разработаны составы коллагено-растительных композиций на основе коллагеновых гидролизатов из кожи рыб с использованием муки из семян льна и муки из клубней топинамбура. На основе изучения физико-химических, функционально-технологических и реологических свойств коллагено-растительной композиции выбрано рациональное соотношение ее рецептурных компонентов, которое составило в масс.% – КГКН:МЛ:МТ=50:30:20 и обосновано ее количество введения в состав

фарша для рыбного кулинарного изделия (от 10 до 15 % от массы рыбного сырья).

7) Разработана технология рыбного кулинарного изделия в виде рулета из минтая с применением коллагено-растительной композиции, и изучены его показатели качества. Установлено, что массовая доля белка у опытного образца рыбного рулета возрастает на 12,38 % по отношению к контролю и составляет 19,43 %. Биологическая ценность рыбного рулета с КРК повысилась на 2,25 %. Готовый продукт имел в своем составе инулин, массовая доля которого составляет 0,78 %.

8) Разработана техническая документация на коллагено-растительную композицию и рыбное кулинарное изделие с ее использованием (ТУ 9283-001-02068634-2015 «Коллагено-растительная композиция для пищевых продуктов», ТУ 10.85.12-001-02068634-2018 «Рыбное кулинарное изделие «Рулет из минтая в оболочке» и ТИ к ТУ 10.85.12-001-02068634-2018). Предлагаемая технология защищена патентами РФ: 2583660 «Коллагено-растительная композиция для пищевых продуктов», 2646920 «Способ производства кулинарного рыбного изделия в виде рулета из минтая». Проведена промышленная апробация разработанной технологии.

9) Экономическая эффективность от внедрения коллагено-растительной композиции в производство рыбных кулинарных изделий, рассчитанная на примере технологии рыбного рулета из минтая, составила 8,1 тыс. руб. /1 тонну продукции.

**ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

- КГКР** – коллагеновый гидролизат из кожи рыб;
- КГКН** – коллагеновый гидролизат из кожи нерки;
- КГКТ** – коллагеновый гидролизат из кожи трески;
- КГКК** – коллагеновый гидролизат из кожи кеты;
- c** – дозировка ферментного препарата;
- t** – продолжительность обработки;
- КРК** – коллагено-растительная композиция;
- МЛ** – мука из семян льна;
- МТ** – мука из клубней топинамбура;
- A** – содержание аминокислоты;
- C** – аминокислотный скор;
- БЦ** – биологическая ценность;
- R<sub>c</sub>** – коэффициент рациональности аминокислотного состава;
- σ** – показатель сопоставимой избыточности НАК;
- ФТС** – функционально-технологические свойства;
- ВСС** – влагосвязывающая способность;
- ВУС** – водоудерживающая способность;
- ЖУС** – жирудерживающая способность;
- ПНС** – напряжение придельного сдвига;
- ЖСС** – жиросвязывающая способность;
- ЖЭС** – жироземльсирующая способность;
- ПОС** – пенообразующая способность;
- СП** – стабильность пены;
- ККГ** – критическая концентрация гелеобразования;
- H** – степень набухания;
- МК** – международная конференция;
- МНПК** – международная научно-практическая конференция;
- МНТК** – международная научно-техническая конференция;
- ВНТК** – всероссийская научно-техническая конференция.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Абрамова, Л.С. Поликомпонентные продукты питания на основе рыбного сырья /Л.С. Абрамова. - М.: Изд-во ВНИРО, 2005. – 175 с.
2. Ав. с. 1012872 СССР, МПК А23L 1/325. Способ получения структурированных студнеобразных продуктов / П. П. Пивоваров, Ф.В. Перцевой, Е. С. Вайнерман, С. В. Рогожин; заявитель и патентообладатель Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова, Харьковский институт общественного питания. – № 3364012; заявл. 03.12.1981; опубл. 23.04.1983., Бюл. № 15. – 4 с.
3. Ав. с. 1563662 СССР, МПК А23L 1/31. Способ производства мясного рулета / К.В. Куницкий, В.И. Перехода, Т.М. Тужикова, С.В. Снисаренко, В.Д. Трубицына, Г.И. Черникова, Н. И. Соломина; заявитель и патентообладатель Агропромышленный комбинат "Раменский". № 4445442; заявл. 17.05.1988; опубл. 15.05.1990., Бюл. № 18. – 4 с.
4. Ананьина, Н.И. Стандартизация инулина, полученного из клубней георгины простой. Изучения некоторых физико-химических свойств инулина / Н.А Ананьина, О.А. Андреева, Л.П. Мыкоц, Э.Т. Оганесян // Химико – фармацевтический журнал. – 2009. - № 3 – С. 35-36.
5. Аникиенко, Т.И. Эколого-энергетические и медико-биологические свойства топинамбура / Т.И. Аникиенко, Н.В. Цугленок. – Красноярск: КрасГАУ, 2008 – 96 с.
6. Андрусенко, П.И. Малоотходная и безотходная технология при обработке рыбы / Андрусенко П. И. – М.: Агропромиздат, 1988. – 112 с.
7. Андрусенко, П.И. Технология рыбных продуктов / П.И. Андрусенко, А.С. Лысова, Н.И. Попов. – М.: ВО Агропромиздат, 1999. – С. 127 – 129
8. Антипова, Л.В. Расширение ассортимента рыбных продуктов / Л.В. Антипова, И.Н. Толпыгина // Рыбное хозяйство. – 2002. – №2. – С. 52-55.

9. Антипова, Л.В. Биотехнология коллагеновых пищевых ингредиентов / Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев // Мясная индустрия. – 2010. – № 6. – С. 16-18.
10. Антипова, Л.В. Коллагенсодержащее сырье - источник создания экологически безопасных мясных продуктов высокой биологической ценности / Л.В. Антипова, И.А. Глотова и др. // Научно-техн. прогресс в перерабатывающих отраслях АПК: междун. науч. конф. – М., 1995. – С. 174
11. Антипова, Л.В. Шкуры рыб - как объект для получения коллагеновых субстанций / Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев, М.В. Бобрешова // Научная конференция хранительная наука, техника и технологии – Научитрудове Университет по хранительной технологии Пловдив. – 2012. – Том LIX. – Volume LIX. – С. 976-978.
12. Антипова, Л.В. Коллаген рыбного происхождения: свойства и перспективы применения в косметологии и медицине / Л.В. Антипова, С.Б. Болгова // Материалы 19-ой Международной Пущинской школы-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века». – Пущино, 2015. – С. 5.
13. Антипова, Л.В. Коллагены: источники, свойства, применение / Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев. – Воронеж: ВГУИТ, 2014. – 512 с.
14. Антипова, Л.В. Новые белковые источники для косметических средств по уходу за кожей и волосами / Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев, С.Б. Болгова, О.Г. Стукало // Материалы II конференции «Инновации и решения в косметической индустрии». – Воронеж, 2015. – С.28.
15. Антипова, Л.В. Рыбные коллагены: источники, свойства и применение / Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев, С.Б. Болгова, И.Ю. Жданова, К.В. Майорова // Сырье и упаковка для парфюмерии, косметики и бытовой химии. – 2015. – №7 (169) - С.15-17.
16. Антипова, Л.В. Современные методы исследования сырья и продуктов животного происхождения / Л. В. Антипова. – Воронеж.:

Воронежский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2014. – 531 с.

17. Антипова, Л.В. Использование овощных порошков при производстве мясных продуктов / Л.В. Антипова, А.А. Архипенко, Т.О. Магомедов, Е.В. Григорьева // Мясная индустрия. – 1999. – № 6.– С.26 – 28.

18. Антипова, Л.В. Использование вторичного коллагенсодержащего сырья мясной промышленности / Л.В. Антипова, И.А. Глотова. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 384 с.

19. Антипова, Л.В. Получение функционального коллагенового гидролизата и применение его в технологии мясных продуктов / Л.В.Антипова, С.А. Сторублёвцев // Научный журнал "Фундаментальные исследования. – 2007. – № 12.– С. 124.

20. Антипова, Л.В. Коллагенсодержащее сырье мясной промышленности – новые тенденции в использовании / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, С. В. Полянских, М. М. Данылиев, А.С. Пешков, С.А. Сторублевцев, А. Е. Топоркова// Мясные технологии. – М.: 2005. – 47 с.

21. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. – М.: Колос, 2001. – 376 с.

22. Алтуньян, С.В. Структурообразователи в производстве растительно-рыбных соусов функционального назначения / С.В. Алтуньян, М. К. Алтуньян, Е.Е. Иванова// Научный журнал КубГАУ. – 2014. – №101(07).– С. 1 – 10.

23. Архипова, А.Н. Пищевые красители, их свойства и применение / А.Н. Архипова // Пищевая промышленность. – 2000. – №4. – С.66-69.

24. Баблюян, О.О. Производство клея и желатина на кожевяннном заводе: учеб. пособие / О.О. Баблюян, Д.П. Радкевич, Н.А. Тимохин. – М., 1972. – 175 с.

25. Базарова, Ю.Г. Разработка рецептур белковых добавок, заменяющих мясо / Ю.Г. Базарова // Пищевые добавки и ингредиенты. – 2008. – №9. – С. 34.

26. Байкин, Л.С. Пищеварение без проблем / Л.С. Байкин. – Минск.: продукт Ву, 2011. – 170 с.
27. Баландина, С. И. Технология формованных пресервов / С.И. Баландина, Н.А. Кантор, Т.А. Плетнева. – Калининград: АтлантНИРО, 1980. – С.102 – 113.
28. Бельмер, С.В. Пребиотики, инулин и детское питание / Пребиотики, инулин и детское питание // Вопросы современной педиатрии. – 2010. – Том 9. – №3. – С. 121 –125.
29. Березов, Т.Т. Биологическая химия: Учебник для меда. вузов / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М.: Медицина, 2008. – 356 с.
30. Бояркина, Л.Г. Комбинированные формованные продукты на основе рыбного и тауринсодержащего сырья / Н.Б. Аюшин, Л.Г. Бояркина, Л.М. Эпштейн, Е.В. Якуш // Известия Тихоокеанского научно- исследовательского рыбохозяйственного центра. – 2001. – Том 129. – С. 279-282.
31. Бобренёва, И.В. Методы определения химического состава продукта: Методическое пособие / И.В. Бобренёва. – М.: МГУПП, 2008. – 35 с.
32. Бойко, О.А. Разработка технологии мясных продуктов с использованием сырья, обработанного коллагенолитическим ферментным препаратом микробного происхождения: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.04 / Бойко Оксана Александровна. – М., 2003. – 163 с.
33. Богданов, В.Д. Оборудование технологии продуктов с регулируемой структурой при комплексной переработке гидробионтов: дис. ... д-ра. тех. наук: 05.18.04 / Богданов Валерий Дмитриевич. – Владивасток, 1995. – 338 с.
34. Боресков, В.Г. Применение ферментных препаратов в технологии соленых мясных продуктов / В.Г. Боресков, И.М. Тюгай, М.Ю. Федонин // Мясная индустрия. – 1999. – № 6. – С. 30-32.
35. Бибишев, Р.А. Совершенствование технологии производства мясных продуктов с применением ферментного препарата протепсин: дис. ...



канд. тех. наук: 05.18.07, 05.18.04 / Бибишев Роман Александрович. – Воронеж, 2007. – 203 с.

36. Бредихина, О.В. Научные основы производства рыбопродуктов / О.В. Бредихина, С.А. Бредихин, М.В. Новикова. – М.: КолоС, 2009. – 152 с.

37. Болгова, С. Б. Рыбные коллагены: получение, свойства и применение: дис. .... канд. тех. наук: 05.18.07 / Болгова Светлана Борисовна. – Воронеж, 2015 – 159 с.

38. Байдалинова, Л.С. Биотехнология морепродуктов / Л.С. Байдалинова, А. С. Лысова, О. Я. Мезенова и др. – М.: Мир, 2006. – 560 с.

39. Вайтанис, М.А. Обогащение котлетного фарша растительным сырьем / М.А. Вайтанис // Ползуновский вестник. – 2012. – №2/2. – С. 216 – 220.

40. Васильева, И.О. Разработка технологии мясных продуктов с использованием биологически активного композита на основе модифицированного коллагена и минорного нутриента: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.07, 05.18.04 / Васильева Ирина Олеговна. – М., 2014. – 173 с.

41. Васюкова, А.Т. Переработка рыбы и морепродуктов: Учебное пособие / А.Т. Васюкова. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков И КО», 2009. – 104 с.

42. Виноградова, А.А. Определение функциональных свойств, продуктов растительного происхождения. / А.А. Виноградова, Г.М. Мелькина, Л.А. Фомичева и др. – М.: Агропромиздат, 2001. – 335 с.

43. ГОСТ Р 52349 - 2005. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2006. – 9с.

44. ГОСТ 7631–85. Правила приемки, органолептические методы оценки и качества. Методы отбора проб для лабораторных испытаний. – М.: Минздрав, 1985. – 96 с.

45. ГОСТ 7636-85 Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М.: Гостандарт, 1988. – 115 с.

46. ГОСТ 7631-2008. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей. – М.: Стандартинформ, 2011. – 11 с.
47. ГОСТ 26889-86 Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Кьельдаля. – М.: Стандартинформ, 2010. – 22 с.
48. ГОСТ 25276-82. Полимеры: метод определения вязкости ротационным вискозиметром при определенной скорости сдвига. – М.: Изд-во стандартов. – 4 с.
49. ГОСТ 26176-91 Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. – М.: Стандартинформ, 2009. – 17 с.
50. ГОСТ Р 51880-2002 Кофе растворимый. Определение массовых долей свободных и общих углеводов. Метод высокоэффективной анионообменной хроматографии. – Госстандарт России, 2002. – 12 с.
51. ГОСТ 7636-85 Рыбы, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 140 с.
52. Галина, Ю.Ф. Использование биомодифицированного коллагена в технологии мясопродуктов /Ю.Ф. Галина, Т.С. Таркина, Н.М. Ильина, В.Е. Ильин // Современная Научно-технологическая. – 2010 – №3. – С. 31–32.
53. Голубев, В.Н. Справочник технолога по обработке рыбы и морепродуктов / В. Н. Голубев, О. И. Кутина. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 395.
54. Глотова, И.А. Инновационные направления в использовании вторичного коллагенсодержащего сырья / И.А. Глотова // Мясные технологии. – 2010. – № 7. – С. 56–59.
55. Глотова, И.А. Развитие научных и практических основ рационального использования коллагенсодержащих ресурсов в получении функциональных добавок, продуктов и пищевых покрытий: дис. ... д-ра. тех. наук: 05.18.04, 05.18.07 // Глотова Ирина Анатольевна. – Воронеж, 2003. – 458 с.

56. Гуринович, Г.В. Теоретическое и экспериментальное обоснование принципов использования нетрадиционных видов сырья в технологии мясных продуктов: дис. ... д-ра. тех. наук: 05.18.04 // Гуринович Галина Васильевна. – Кемерово.: 2007. – 474 с.

57. Гурова, Н.В. Методы определения функциональных свойств белковых препаратов / Н.В. Гурова, И.А. Попелло, В.В. Сучков // Мясная индустрия. – 2001. – №9. – С. 30-32.

58. Дацун, В.М. Технология комплексной переработки гидробионтов: Уч. пос. / Т.М. Сафронова, В.Д. Богданов, Т.М. Бойцова, В.М. Дацун, Г.Н. Ким, Э.Н. Ким, Т.Н. Слуцкая. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2004. – 365 с.

59. Дубровская, Т. А. Современное состояние разработок и производства структурированных и формованных продуктов на основе гидробионтов // Обзорная информация. Серия Обработка рыбы и морепродуктов ЦНИИТЭИРХ. – 1987. – вып. 2. – С. 36-39

60. Дунченко, Н.И. Функционально-технологические свойства коллагенсодержащей молочной основы / Н.И. Дунченко, В.С. Янковская, Р.С. Алькайси, И.П. Савенкова, С.И. Перминов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2005. – № 4. – С. 34-36.

61. Ермош, Л.Г. Научно-практическое обоснование получения продуктов повышенной пищевой ценности с использованием клубней топинамбура: дис. ... д-ра. тех. наук: 05.18.01 // Ермош Лариса Григорьевна. – Красноярск, 2015 – 46 с.

62. Жаринов, А.И. Вторичное белоксодержащее сырье: способы обработки и использования/ А.И. Жаринов, И.В. Хлебников // Мясная промышленность. – 1993. – №2. – С. 22-24.

63. Журавская, Н.К. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов / Н.К. Журавская, Л.Т. Алехина и др. – М., 1985. – 296 с.

64. Зарубин, Н.Ю. Исследование влияния коллагено-растительной композиции на качественные показатели рыбных рулетов / Н.Ю. Зарубин,

Ю.Ф. Фролова, О.В. Бредихина // Журнал Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2018. – № 2. – С. 72-78.

65. Зарубин, Н.Ю. Получение сухих высококачественных рыбных гидролизатов с использованием вакуумной сублимационной сушки / Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина, Г.В. Семёнов, И.С. Краснова // Вестник АГТУ: серия рыбное хозяйство. – 2016. – № 3. – С. 138-144.

66. Зарубин, Н.Ю. Новые данные об использовании коллагеновых гидролизатов в технологии рыбных полуфабрикатов / Н.Ю. Зарубин, Е.В. Литвинова, Ю.В. Фролова, О.В. Бредихина // Пищевая промышленность. – 2016. – № 12. – С. 21-24.

67. Зарубин, Н.Ю. Разработка многофункционального комплекса на основе сырья животного и растительного происхождения для использования в технологии рыбных полуфабрикатов/ Н.Ю. Зарубин, Ю.В. Фролова, О.В. Бредихина // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2017. – Том 7. – № 1. – С. 119-126.

68. Зарубин, Н.Ю. Многофункциональный коллагено-растительный комплекс: использование в технологии рыбных кулинарных изделий / Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 4. – С. 35-38.

69. Зарубин, Н.Ю. Разработка способа биомодификации рыбного коллагенсодержащего сырья с целью использования в технологии функциональных продуктов / Н.Ю. Зарубин, И. С. Чечета, О.В. Бредихина // Матер. XII Междунар. научной конференции студентов и молодых ученых: Живые системы и биологическая безопасность населения. – М.: МГУПП, 2014. – 135 с.

70. Зарубин, Н.Ю. Разработка комбинированных пищевых продуктов функционального назначения / Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина // Матер. VII межведомственной научно-практической конференции: Инновации в товароведении, общественном питании и длительном хранении продовольственных товаров. – М.: МГУПП, 2015. – 235 с.

71. Зарубин, Н.Ю. Использование рыбного коллагенсодержащего сырья в технологии пищевых продуктов // Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина // Матер. II Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли. – Владивосток: ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ, 2015. – С. 283.

72. Зарубин, Н.Ю. Разработка структурированных и комбинированных пищевых продуктов с применением сырья животного и растительного происхождения // Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина // Матер. II Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли. – Владивосток: ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ, 2015. – С. 288.

73. Зарубин, Н.Ю. Способ получения коллагенового гидролизата из продуктов вторичной переработки рыбохозяйственной отрасли / Н.Ю. Зарубин, И.С. Сулова, О. В. Шишкина, В.О. Басов, О.В. Бредихина // Матер. XIII Междунар. научной конференции студентов и молодых ученых: Живые системы и биологическая безопасность населения. – М.: МГУПП, 2015. – С. 63.

74. Зарубин, Н.Ю. Использование композиции на основе сырья животного и растительного происхождения в технологии мясных и рыбных изделий / Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина // Матер. XIII Междунар. научной конференции студентов и молодых ученых: Живые системы и биологическая безопасность населения. – М.: МГУПП, 2015. – С. 65.

75. Зарубин, Н.Ю., Литвинова Е.В. Использование современных технологий на предприятиях мясной отрасли // Мясные технологии. 2016 – № 7. С – С. 6-9.

76. Зарубин, Н.Ю. Новые возможности использования рыбного коллагенсодержащего сырья в технологии пищевых продуктов/ Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина, Лихачев В.Ю. // Матер. XIV Междунар. научной

конференции студентов и молодых ученых: Живые системы и биологическая безопасность населения. – М.: МГУПП, 2016. – С. 38 – 42.

77. Зарубин, Н.Ю. Изучение влияния коллагено-растительного комплекса на свойства рыбных фаршевых систем / Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина // Матер. XIV Междунар. научной конференции студентов и молодых ученых: Живые системы и биологическая безопасность населения. – М.: МГУПП, 2016. – С. 42 – 44.

78. Зарубин, Н.Ю., Литвинова Е.В. Изучение возможности биотехнологической модификации кожи рыб для использования в технологии сухих многофункциональных коллагеновых гидролизатов // Сборник научных трудов: X Международная конференция молодых учёных и специалистов отделения сельскохозяйственных наук российской академии наук «Современные подходы к получению и переработке сельскохозяйственной продукции – гарантия продовольственной независимости России». М.: ВНИИМП, 2016. С. 103-106.

79. Зарубин, Н.Ю. Перспективы использования кожи рыб в качестве основы для пищевых композиций // Материалы I Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли». – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2017. – С. 297 – 301.

80. Зарубин, Н.Ю. Многофункциональный коллагено-растительный комплекс: получения, свойства и использование в технологии рыбных кулинарных изделий / Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина // Научная конференция с международным участием «Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука. М.: МГУПП, 2017. – С. 128 – 130.

81. Зарубин, Н.Ю. Пищевая композиция на основе животного сырья вторичной переработки и растительных компонентов для использования в технологии рыбных продуктов / Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина // Материалы XVIII международной научно-технической конференции «Современный

проблемы техники и технологии пищевых производств». Барнаул. АлтГТУ, 2017 – С. 112 – 113.

82. Зарубин, Н.Ю. Характеристика композиции на основе биомодифицированной кожи рыб и растительных компонентов / Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина // Тезисы докладов: V Международный балтийский морской форум: VI Международная научно-практическая конференция «Пищевая и морская биотехнология». Калининград. КГТУ, 2017. – С. 48 -51.

83. Зарубин, Н.Ю. Перспективы использования муки из клубней топинамбура в технологии мясных продуктов /Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина // Мясные технологи. – 2017. – № 4. – С. 38-41.

84. Землякова, Е.С. Биологически активные композиции остеотропного и хондропротекторного действия на основе вторичного сырья гидробионтов / Е.С. Землякова, О.Я. Мезенова. – Калининград: КГТУ, 2011. – 169 с.

85. Ипатова, Л.Г. Пищевые волокна в продуктах питания / Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А., Нечаев А.П., Тарасова В.В., Филатова А.А. // Пищевая промышленность. – 2007. – №5. – 46 с.

86. Иунихина, Е. В. Совершенствование технологии хлебобулочных изделий для здорового питания на основе применения нетрадиционного сырья: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.01 // Иунихина Елена Владимировна. – М.: 2015. – 187 с.

87. Кантере, В.М. Сенсорный анализ продуктов питания: Монография / Кантере В.М., Матисон В.А., Фоменко М.А. // М.: Типография РАСХН, 2003. - 400 с.

88. Као Тхи Хуе Обоснование и разработка технологии получения структурообразователя из кожи рыб: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.04 // Као Тхи Хуе. – Астрахань, 2012. – 171 с.

89. Каспарьянц, С. А. Современные представления о структуре и свойствах коллагена / С.А. Каспарьянц. – М., 1981. – 68 с.

90. Каспарьянц, С. А. Соединительная ткань и ее значение. Сообщение 1 / С.А. Каспарьянц // Межвед. сборник научных трудов МГА ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина, 1997. – С. 6–9.
91. Катренко, Л.В. Топинамбур. Источник полезного сахара / Л.В. Катренко. – СПб.: Изд. ДИЛЯ, 2005. – 128 с.
92. Кащенко, Р.В. Разработка способа ферментативной обработки коллагенсодержащего сырья и его применение в технологии вареных колбас: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.04 // Кащенко Роман Владимирович. – М., 2007. – 178 с.
93. Кийкова, А.С. Гидролизированный коллаген – аналог пищевых волокон животного происхождения / А.С. Кийкова, Л.В. Антипова, С.А. Сторублёвцев // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 7. – С. 118-119.
94. Киселев, В.И. Коллагенсодержащее сырье / В.И. Киселев // Морская индустрия. – 2002. – № 14. – С 14-15.
95. Кильмаев, Р.Г. Исследования ферментативного гидролиза малоценного рыбного сырья в технологии получения белковых продуктов / А. А. Кильмаев, Р. Г. Разумовская // Вестник АГТУ. Сер: Рыбное хозяйство – 2007. – № 3. – 2007.- С. 120-125.
96. Колпакова, В.В. Химия пищевого белка: Учебное пособие / В.В. Колпакова, А.П. Нечаев. М.: МГУПП, 2003. – 88 с.
97. Косой, В.Д. Совершенствование производства колбас / В.П. Дорохов, В. Д. Косой. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 766 с.
98. Компания «Компас Здоровья» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.smkfarm.ru>. (Дата обращения: 18.04.2018).
99. Кочнев, Н.В. Топинамбур. Биоэнергетическая культура 21 века / Н.В. Кочнев, М.В. Калиничева. - М.: АРЕС, 2002. – 78 с.
100. Крылова, В.Б. Биотехнологические аспекты модификации вторичного коллагенсодержащего сырья / В.Б. Крылова, Н.М. Ильина //



Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 1998. – № 5. – С. 28-30.

101. Лагуткина, Л. Ю. Аквакультура: приоритеты, ресурсы, технологии / Л. Ю. Лагуткина, О. Ю. Лагуткин // Рыболовство и рыбное хозяйство. – 2011 – № 3. – С. 49–56.

102. Ладнова, О.Л. Применение инулина и стевии при разработке рецептур продуктов нового поколения / О.Л. Ладнова, Е.Г. Меркулова // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 2 – С. 46–47

103. Лисовой, В.В. Совершенствование технологии структурированных продуктов питания повышенной пищевой ценности из растительного и прудового рыбного сырья: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.01, 05.18.04 //Лисовой Вячеслав Витальевич. – Краснодар, 2009. – 173 с.

104. Липатов, Н.Н. Принципы проектирования состава и совершенствования технологий многокомпонентных мясных и молочных продуктов: дис. ... д-ра. тех. наук: 05.18.04 / Липатов Николай Никитович. – М, 1988. – 670 с.

105. Литвинова, Е.В. Использование композита из животного и растительного сырья в технологии мясных изделий / Е.В. Литвинова, Е.И. Титов, С.К. Апраксина // Матер. X Междунар. научной конференции студентов и молодых ученых: Живые системы и биологическая безопасность населения. – М.: МГУПП, 2012. – 383 с.

106. Литвинова, Е.В. Композит на основе биомодифицированного коллагенсодержащего сырья и растительных компонентов: получение, свойства, использование в технологии мясных продуктов: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.04, 05.18.07 / Литвинова Елена Викторовна. – М., 2015 – 286 с.

107. Литвинова, Е.В. Биомодифицированное коллагенсодержащие сырья как источник повышения качества мясных продуктов/ Е.В. Литвинова, Е.И. Титов, Н. Ю Зарубин, С.Н Кидяев, И.А Сашина // Матер. X Междунар. научной конференции студентов и молодых ученых: Живые системы и биологическая безопасность населения. – М.: МГУПП, 2013. – 120 с.

108. Митрофанова, И. Ю. Перспективы применения инулина в медицинской и фармацевтической практике / И. Ю. Митрофанова, А.В. Яницкая, Ю.С. Шулина // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – №2. – С. 45-46.

109. Митасева, Л.Ф. Метод определения содержания белка на полуавтоматическом приборе Кьельтек: метод.указан. / Л.Ф. Митасева, С.К. Апраксина, С.М. Мухина, А.В. Стефанов. – М.: МГУПБ, 2004. – 14 с.

110. Максимов, И.В. Пути рационального использования растительного сырья при производстве функциональных продуктов / И. В. Максимов, Е.Е. Курчаева, В.И. Манжесов // Современные наукоемкие технологии. 2009.– №4. – С. 20-22.

111. Меренкова, С.Л. Практические аспекты использования растительных белковых добавок в технологии мясных продуктов / С.П Меренкова, Т.В. Савостина // Вестник ЮУрГУ. – 2014. – Том 2. – № 1. – С. 23-27.

112. Назаренко, М.Н. Совершенствование технологий получения инулина и фруктозо-глюкозного сиропа из топинамбура и их применения в производстве функциональных молочных продуктов: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.01, 05.18.04 / Назаренко Максим Николаевич. – Краснодар, 2014 – 171 с.

113. Нечаев, А.П. Растворимость и водосвязывающая способность белковой муки из пшеничных отрубей / А. П. Нечаев, В. В. Колпакова // Изв. вузов. Пищ. технология. – 2003. – № 1-2. – С. 31–33.

114. Нечаев, А.П. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Пищевая химия». / А.П. Нечаев, Ю.А. Султанович, А.А. Кочеткова. - М.: МГУПП, 2003. – 55 с.

115. Ноздрина, Т.Д. Модификация низкосортного мясного сырья протеолитическими ферментами гидробионтов: дис. ... канд. био. наук: 03.00.04 / Ноздрина Татьяна Дмитриевна. – М., 1996. – 136 с.

116. ООО «Топинамбур» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.topinambur.net>. (Дата обращения: 18.04.2018).

117. Обзор промысловой обстановки в прикамчатских водах в августе 2012 года / КамчатНИРО: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fish.gov.ru/presscentre/news/Pages/news013698.aspx>. (Дата обращения: 19.10.2016.)

118. Овчинникова, Е.И. Использование коллагенсодержащего сырья в мясорастительных продуктах // Современные технологии переработки животноводческого сырья в обеспечении здорового питания: наука, образование и производство. - Воронеж.: ВГТА, 2003. – С. 382-383.

119. Оленников, Д.Н. Методика количественного определения суммарного содержания полифруктанов в корневищах и корнях девясила высокого (*inula heleniuml.*) / Д.Н. Оленников, Л.М. Танхаева, Г.В. Чехирова, Е.В. Петров// Химия растительного сырья. – 2008. – №1. – с. 95–99.

120. Пат. 2259779 Российская Федерация, МПК A23J1/04, A23J1/10, A23L1/327. Способ получения коллагеновой дисперсии / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, О.П. Дворянинова; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Палтус 2". № 2002126623/13; заявл. 08.10.2002; опубл. 10.09.2005., Бюл. № 25. – 11 с.

121. Пат. 2358450 Российская Федерация, МПК A23L1/0562. Способ получения пищевой коллагеновой эмульсии / Л.В. Антипова, Г.И. Большунов, О.П. Дворянинова, М.М. Данылиев, О.А. Василенко, А.В. Алехина, И. В. Поленов; заявитель и патентообладатель Антипова Людмила Васильевна, Большунов Геннадий Иванович. № 2008100625/13; заявл. 09.01.2008; опубл. 20.06.2009., Бюл. № 17. – 9 с.

122. Пат. 2490927 Российская Федерация, МПК A23J3/34, A23L1/325. Способ получения гидролизата типа бульона из гидробионтов / В.В. Кращенко, Е.М. Панчишина; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет". № 2012111618/13; заявл. 26.03.2012; опубл. 27.08.2013., Бюл. № 24. – 7 с.

123. Пат. 2409216 Российская Федерация, МПК А23J1/10. Способ получения функционального коллагенового гидролизата / Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежская государственная технологическая академия». № 2009118048/13; заявл. 12.05.2009; опубл. 20.01.2011., Бюл. № 2. – 6 с.

124. Пат. 2196481 Российская Федерация, МПК А23L 1/325. Способ получения сбалансированного пищевого продукта / Т.М. Бойцова; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет. № 2001120495/13; заявл. 23.07.2001; опубл. 20.01.2003., Бюл. № 2. – 5 с.

125. Пат. 2506000 Российская Федерация, МПК А23L1/325. способ производства рулета рыбного "элитный" / Л.Б. Дзантиева, В.Б. Цугкиева, И.Б. Цугкиева, Л.Ч. Гагиева, А.Э. Кудухова; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Горский государственный аграрный университет". № 2012108600/13; заявл. 2012-03-06; опубл. 10.02.2014., Бюл. № 2. – 5 с.

126. Пигарева, Т.В. Альтернативные источники растительного белка для обогащения комбинированных пищевых продуктов / Т.В. Пигарева, С.С Забурунов, И.А. Глотова // Успехи современного естествознания. – №7 – 2011. – С. 176.

127. Подвигина, Ю.Н. Применение ферментного препарата протепсин в технологии мясных порционных полуфабрикатов и соусов: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.07, 05.18. 15 / Подвигина Юлия Николаевна. – Воронеж, 2009. – 212 с.

128. Протепсин. Брошюра: [Электронный ресурс]. URL: <http://ferment.lgb.ru/article/protapsin/protapsin-brochure>. (Дата обращения: 18.04.2018).

129. Разумовская, Р. Г. Биотехнологические процессы в создании продуктов различного назначения из водного сырья: моногр. / Р. Г. Разумовская, Цибизова М. Е. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2008. – 132 с.

130. Разумовская, Р. Г. Разработка технологии приготовления рыбных колбас с использованием нетрадиционных добавок / Р. Г. Разумовская, Т. Х. Као, С. В. Молчанова // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2010. – № 1. – С. 136–144.

131. Распоряжение правительства российской федерации от от 17 апреля 2012 года № 559-р «Об утверждении Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации» [17 апреля 2012 года].

132. Рогов, И.А. Химия пищи. Принципы формирования качества мясопродуктов / М. П. Воякин, А. И. Жаринов, И.А Рогов. – СПб.: Издательство РАПП, 2008. – 340 с.

133. Рогов, И.А. Активность воды в многокомпонентных пищевых системах / И.А. Рогов, Л.Ф. Митасева, Н.С. Николаев, С.Г. Юзов. – М.: МГУПБ, 2009. – 55 с.

134. Рогов. И.А. Медико-технологические аспекты разработки производства функциональных пищевых продуктов / И.А. Рогов, Е.Н. Орешкин, В.Н. Сергеев // Пищевая промышленность. – 2017. – № 1. – С. 13-15.

135. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов: учеб. пособие для вузов / под ред. И.М. Скурихина. – М.: Брандес, Медицина, 1998. - 342 с.

136. Сафронова, Т. М. Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции. / Т.М. Сафронова. – М.:Изд-во ВНИРО, 1998. – 244 с.

137. Семенов, Г.В. Вакуумная сублимационная сушка. Основы теории и практическое применение / Г.В. Семенов, Г.И. Касьянов. – М.: МГУПБ, Краснодар: КубГТУ, 2001. – 108 с.

138. Семенов, Г.В. Основы теории, техники и технологии сублимационной сушки / Г.В. Семенов. – М.: МГАПБ, 2003. – 89 с.
139. Семенов, Г.В. Вакуумная сублимационная сушка / Г.В. Семенов. – М.: ДеЛи плюс, 2013. – 264 с.
140. Сергиенко, Е.В. Разработка технологии ферментированной рыбной муки для стартовых кормов рыб: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.04 / Сергиенко Евгений Владимирович. – М: 2006. – 219 с.
141. Северина, Е.С. Биохимия: Учеб. для вузов /Е.С. Северина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2003. – 779 с.
142. Сидорова, Ю.С. Оценка биологической ценности белково-пептидного ингредиента функциональных напитков в опытах на растущих мышцах / Ю.С. Сидорова, Е.К. Байгарин, В.Е. Мазо // Вопросы питания. – 2012. – №5. – С. 41-46.
143. Сколков, С. А. Разработка технологий кожи из шкур рыб Волго-Каспийского бассейна: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.04 // Сколков Сергей Алексеевич. – М, 2004. – 220 с.
144. Скурихин, И.М. Руководство по методам анализа качества и безопасности / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян. – М.: Агропромиздат, 1993. – а 335 с.
145. Смирнова, Г. А. Основы биохимии: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технология и организация общественного питания" / Г.А. Смирнова. – М., 1970. – 319 с.
146. Соколов, А.Ю. Изучение свойств коллагенсодержащего сырья и научное обоснование возможности его использования в пищевых целях: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.15 / Соколов Александр Юрьевич. – М., 2002. – 199 с.
147. Суховертова, Г.Ю. Биохимическая характеристика хрящевой ткани гидробионтов и технология БАД к пище: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07, 03.00.04 / Суховертова Галина Юрьевна. – Владивосток, 2006. – 157 с.

148. Технический регламент Евразийского экономического союза "О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016).

149. Титов, Е.И. Экспертная система оптимизации состава продуктов и рационов питания: монография / Е.И. Титов, И.А. Рогов, Ю.А. Ивашкин, М.А. Никитина, И.В. Глазкова, Л.Ф. Митасева. – М.: МГУПБ, 2009. – 124 с.

150. Титов, Е.И. Модификация растительного и животного сырья в технологии мясных продуктов / Е.И. Титов, Л.Ф. Митасева, С.К. Апраксина. – М., 2009. – 345 с.

151. Титов, Е.И. Использование коллагенсодержащего сырья в мясной промышленности / Е.И. Титов, Л.Ф. Митасева, А.Ю. Соколов // Мясная индустрия –2008. – № 6. – С. 32-35.

152. Титов, Е.И. Коллагенсодержащее сырье мясной промышленности и его использование / Е.И. Титов, С.К. Апраксина, Л.Ф. Митасева и др. – М.: МГУПБ, 2006. – 80 с.

153. Фан-Юнг, А. Ф. Технология консервирования плодов и овощей / А. Ф. Фан-Юнг, Б. Л.Флауменбаум, А. К. Изотов //.– 3 изд. – М., 1969. – С. 264.

154. Цибизова, М. Е. Практические аспекты получения структурообразователей из коллагенсодержащего рыбного сырья / М. Е. Цибизова, Р. Г. Разумовская, Као Тхи Хуе, // Вестник АГТУ: Сер: Рыбное хозяйство. – 2011. – № 1. – С.145-151.

155. Цибизова, М. Е. Маломерное рыбное сырьё и отходы от разделки промысловых рыб – потенциальное сырьё для получения функционально значимых компонентов пищи / М.Е. Цибизова //Вестник АГТУ. Сер: Рыбное хозяйство. –2010 – № 2. – С. 130-136.

156. Цибизова, М. Е. Ферментация костной ткани сырья как один из этапов получения структурообразователя / М. Е. Цибизова, Д. С. Язенкова, А. Ю. Акимова// Вестник АГТУ. Сер: Рыбное хозяйство. – 2010. – № 2. – С. 144-149.

157. Цибизова, М.Е. Использование рыбного белка в сбалансированном питании / Н. Д. Аверьянова, М.Е. Цибизова // Вестник АГТУ. Сер: Рыбное хозяйство. – № 1. – 2009 – С. 166 -169.

158. Чернышова, О. В. Обоснование и разработка технологии фаршевых продуктов из карася серебряного: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 // Чернышова Олеся Владимировна. – Астрахань, 2015. – 185 с.

159. Чупикова, Е. С. Разработка технологии пищевых продуктов их отходов от разделки минтая: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 // Чупикова Елена Станиславовна. – Владивосток, 2000. – 180 с.

160. Шлыков, С.Н. Белки животного происхождения в производстве мясных продуктов // Шлыков С.Н., Сычева О.В., Омаров С.Н. // Мясные технологии. – 2011. – № 3. – С. 36–38.

161. Шульгин, Ю.П. Биологическая оценка качества консервов из кукумарии японской, обогащённых соевым белком / Ю. П. Шульгин, Т. К. Каленик, Л. Ю. Лаженцева, В. В. Злосчастьев, Э. А. Пушнарченко // Вестник ТГЭУ. – 2005. – № 1.– С. 69–76.

162. Язенкова, Д.З. Обоснование и разработка ресурсосберегающих технологий переработки отходов от разделки промысловых рыб Волжско – Каспийского рыбохозяйственного бассейна: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 // Язенкова Дарья Сергеевна. – М., 2013. – 192 с.

163. Язенкова, Д. С. Ферментация рыбного сырья как один из этапов получения структурообразователя из костной ткани / М.Е. Цибизова, Д.С. Язенкова // Вестник АГТУ. – 2013 – № 1 – С 207–213.

164. Ярцева, Н.В. Влияния промывочного раствора на органолептические свойства пищевого рыбного фарша / Н. В. Ярцева, Н. В. Долганова // Вестник АГТУ. Сер: Рыбное хозяйство. – 2009. – № 1. – С. 151 –155.

165. Ярцева, Н. В. Изучения органолептических и технологических свойств котлет из рыбных фаршей с добавлением Лактулозы / Н. В. Ярцева, Н. В. Долганова // Вестник АГТУ. Сер: Рыбное хозяйство. – 2010. – № 2. – С. 125 –мс 128.



166. Ярцева, Н.В. Изучения возможности улучшения качества рыбного фарша путём промывания органическими кислотами / Н. В. Ярцева, Н. В. Долганова // Вестник АГТУ. Сер: Рыбное хозяйство. 2011. – № 1. –С. 158-164.
167. Aberoumand, A. Isolation of collagen from some fishes skins in Iran / Journal of Agricultural Technology -. Vol. 7(3). - 2011. – p. 783-788.
168. Burgeson R., Mayne R. Structure and Function of Collagen Types. - Orlando: Academi Press, FL, 1987.
169. Hashim, P. Collagen in food and beverage industries / Hashim, P., Mohd Ridzwan, M. S., Bakar, J. and Mat Hashim, D // International Food Research Journal. - 2015. - № 1. – p. 1-8.
170. Fengxiang, Z. Preparation and Characterisation of Collagen from Freshwater Fish Scales / Fengxiang Zhang, Anning Wang, Zhihua Li, Shengwen He1, Lijun Shao1// Food and Nutrition Sciences. - №2.- 2011. – p. 818-823.
171. Greg, K. Inulin-Type Prebiotics – A Review: Part 1/ Greg Kelly, ND // Alternative Medicine Review Volume 13, Number 4, 2008, Page 315.
172. Gabor, D. Biopolymers used in food packaging: a review / Daniela Gabor (Naiaretti), Ovidiu TITA // Acta Universitatis Cibiniensis Series E: Food technology Vol. XVI (2012), no.2, p. 1-19.
173. Hautermarkt, L. Collagen is not simple protein // Leder und Hautermarkt. – 1997. – № 23. – S. 37–38.
174. Hema, G.S. A simple method for isolation of fish skin collagen- biochemical characterization of skin collgagen extracted from Albacore Tuna (Thunnus Alalunga), Dog Shark (Scoliodon Sorrakowah), and Rohu (Labeo Rohita)/ G.S. Hema, K. Shyni, Suseela Mathew, R. Anandan, George Ninan, P.T. Lakshmanan// Annals of Biological Research.–2013.– № 4. – p. 271-277.
175. Irwandi, J. Nano-structural analysis of fish collagen extracts for new process development / Irwandi Jaswir, Hammed Ademola Monsur and Hamzah Mohd. Salleh // African Journal of Biotechnology Vol. - 10(81). 2011. - p. 18847-18854.

176. Koji, Y. Cecum Is the Major Degradation Site of Ingested Inulin in Young Pigs / Koji Yasuda, Roberto Maiorano, Ross M. Welch, Dennis D. Miller, and Xin Gen Lei // USDA, National Agricultural Library on May 21, 2008, p. 2399.

177. Mahboob, S. Isolation and characterisation of collagen from the wastematerial of two importnt freshwater fish species / S. Mahboob, S. Haider and S. Sultana, K. A. Al- Ghanim, F. Al-Misned, H. F. Al-Kahem Al-Balawi, and Z. Ahmad // The Journal of Animal & Plant Sciences. - № 24(6). - 2014. - p. 1802-1810.

178. Maiada, M Al-Mousilly. Study the healing effect of collagen hydrolysate for the treatment of bone tail fracture in mice / Maiada M Al-Mousilly, Inas S Alajeli, Loay K Abdulrahman // International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences Vol 6, Issue 6, 2014, p. 67-71.

179. Neuman R. E., Logan M. A. The determination of hydroxyproline. — «J. biol. Chem.», 1950, v. 184, p. 299—306.

180. Prabhu, Dr. G. Collagen's new application/ Prabhu Dr. Gits, Doerscher Darin // Meat and Poultry. - 2000. - №4. - 21-24.

181. Pang, S. The Evaluation of the Suitability of Fish Wastes as a Source of Collagen / Samantha Pang, Ying Ping Chang and Kwan Kit Woo // 2nd International Conference on Nutrition and Food Sciences. - vol.53. - 2013. – p. 77-80.

182. Phang, Y.L. Sensory descriptive analysis and consumer acceptability of original “kaya” and “kaya” partially substituted with inulin / Phang, Y.L. and \*Chan, H.K. // International Food Research Journal 16: 483-492 (2009).

183. Sirisansaneeyakul, S. Production of fructose from inulin using mixed inulinases from *Aspergillus niger* and *Candida guilliermondii* / Sarote Sirisansaneeyakul, Nisakorn Worawuthiyanan, Wirat Vanichsriratana, Penjit Srinophakun, Yusuf Chisti // World J Microbiol Biotechnol. - № 23. - 2007.- p. 543–552.

184. Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to “native chicory inulin” and maintenance of normal defecation by increasing stool frequency pursuant to Article 13.5 of Regulation (EC) No 1924/2006/ EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) // EFSA Journal 2015;13(1):3951.

185. Sahithi, B. A review on collagen based drug delivery systems / Sahithi B, Ansari Sk, Hameeda Sk, Sahithya G, Durga Prasad M, Yogitha Lakshmi // Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology. Volume1(3) May-June 2013, P. 461.

186. Tiago, H. Marine Origin Collagens and Its Potential Applications / Tiago H. Silva, Joana Moreira-Silva, Ana L. P. Marques, Alberta Domingues Yves Bayon and Rui L. Reis // Mar. Drugs. - № 12. – 2014. – p. 5881-5901.

187. Wang, W. Comparison between Thermal Hydrolysis and Enzymatic Proteolysis Processes for the Preparation of Tilapia Skin Collagen Hydrolysates / Wei Wang, Zhonglei Li, Junzhong Liu, Yuejun Wang, Shanhong Liu and Mi Sun // Czech J. Food Sci. - Vol. 31. No. 1. – 2013. – p. 1–4.

188. Wanchai of Collagen from Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Skin Isolated by Two Different Methods / Worawattanamateekul Characteristics, Treesin Potaros, Nongnuch Raksakulthai, Jiraporn Runglerdkreangkrai // Kasetsart J. (Nat. Sci.). – 2009. – № 43. – pp. 584 – 593.

189. Zainol, Izzati H, Hanim H. Low Molecular Weight Collagen from Tilapia Fish Scales for Potential Cosmetic Application / Der Pharma Chemica. – 2017, № 9(7). – pp. 108-114.

190. Zhang, J., Duan, R., Dua, X., Yao, X., and Konno, K. Properties of collagen from skin, scale and bone of carp (*cyprinus carpio*) / Food Chemistry. – 2009. – № 112(3). – pp. 702-706.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Расчет экономической эффективности производства рыбного рулета из минтая с коллагено-растительной композицией

Для определения целесообразности и эффективности внедрения в промышленное производство разработанного способа получения коллагенового гидролизата из кожи рыб и композиции с его использованием, были рассчитаны технико-экономические показатели на примере технологии рыбного рулета из минтая. Расчет произведен в ценах 2018 г. для г. Москвы. Экономический эффект определен методом реального экономического эффекта по прибыли [40, 106].

Внедрение технологии рекомендуем на рыбоперерабатывающих предприятиях, имеющих цеха позволяющие перерабатывать кожу рыб, а также цеха по производству рыбных кулинарных изделий на основе рыбного фарша.

Таблица А.1 – Калькуляция себестоимости рыбных рулетов из минтая с коллагено-растительной композицией (калькуляционная единица – 1 тонна)

Статья затрат	Сумм. тыс. руб.	
	контроль	опытный вариант
Сырье, основные и вспомогательные материалы	108,7	96,5
Затраты на оплату труда производственных рабочих	5,4	5,4
Страховые взносы	1,6	1,6
Расходы на производство	8,9	8,1
Полная себестоимость	124,6	111,6
Прибыль	45,5	53,6
Рентабельность, %	10,9	11,1
Оптовая цена	170,1	165,2

Таблица А.2 – Расчет экономической эффективности производства рыбных рулетов из минтая с коллагено-растительной композицией

Наименование	Прибыль
на 1 тонну, тыс.руб.	
Аналог	45,5
Опытный вариант	53,6

### Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ А

Расчетная экономическая эффективность производства рыбных рулетов из минтая с коллагено-растительной композицией составила 8,1 тыс. руб. на 1 тонну продукции.

Таблица А.3 – Расчет затрат на сырье и основные вспомогательные материалы

Наименование сырья	Цена за 1 кг, руб.	Норма расхода на 1 т прод., кг		Затраты на 1 т прод., руб.	
		базовый вариант	опытный вариант	базовый вариант	опытный вариант
Минтай	130	586,51	459,89	76246,3	59785,7
КРК	139	-	51,10	-	7102,9
Пшеничный хлеб	25	171,07	149,04	4276,75	3726,00
Яйцо сырое или меланж	50	24,44	21,29	1222,00	1064,5
Молоко	45	195,50	170,33	8797,50	7664,85
Соль	10	17,59	15,33	175,90	153,30
Лук	60	1,47	1,28	88,20	76,80
Чеснок	110	2,54	2,22	279,40	244,20
Перец черный	300	1,47	1,28	441,00	384,00
Петрушка	40	5,38	4,68	215,20	187,20
Морковь	160	19,55	17,03	3128,00	2724,8
Зеленый горошек	150	24,44	21,29	3666,00	3193,5
Оболочка (Коллагеновая пленка «Беккдорин»),	17 (за 1 м)	600,00	600,00	10200,00	10200,00
Итого:				108736,25	96507,75
Затраты на производство				12824,35	11356,93
Итого:					

Таким образом, реализация разработанных технологий рыбного рулета из минтая с применением коллагено-растительной композиции на основе коллагенового гидролизата из кожи рыб, муки из семян льна и муки из клубней топинамбура, позволит обеспечить выпуск продукта по доступной цене, расширить ассортимент продукции и получить их более высокого качества, при этом обогащённых необходимыми пищевыми компонентами.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**Техническая документация**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Московский государственный университет пищевых производств»

Группа Н 01  
(ОКС 67.040)

ОКП 928300

**УТВЕРЖДАЮ:**

И.о. проректора по научной работе  
ФГБОУ ВПО МГУПП  
к.э.н., доцент А.А. Тихомиров



« \_\_\_\_\_ 20/15 г.

**КОЛЛАГЕНО-РАСТИТЕЛЬНО-РАСТВОРИМАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ ПИЩЕВЫХ  
ПРОДУКТОВ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ**

**ТУ 9283-001-02068634-2015**

(Вводится впервые)

Срок введения \_\_\_\_\_

**РАЗРАБОТАНО:**

ФГБОУ ВПО «Московский  
государственный университет  
пищевых производств»  
Аспирант

\_\_\_\_\_ Н.Ю. Зарубин  
личная подпись

ФГБНУ «Всероссийский научно-  
исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии»  
д.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ О.В. Бредихина  
личная подпись

Москва 2015

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПИЩЕВЫХ  
ПРОИЗВОДСТВ»  
(ФГБОУ ВО «МГУПП»)

ОКПД 2 10.85.12.000

ОКС 67.120.30 (Группа Н 27)

**УТВЕРЖДАЮ**  
  
 Генеральный директор  
 ООО «Лаборатория вкуса»  
 \_\_\_\_\_ А.П. Степанов  
 \_\_\_\_\_ 2018 г.

**УТВЕРЖДАЮ**  
  
 И.о. проректора по научной работе  
 ФГБОУ ВО «МГУПП»  
 \_\_\_\_\_ Ю.В. Бабин  
 « 20 » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РЫБНОЕ КУЛИНАРНОЕ ИЗДЕЛИЕ «РУЛЕТ ИЗ МИНТАЯ В ОБОЛОЧКЕ»**

Технические условия

ТУ 10.85.12-001-02068634-2018

Вводится впервые

**Дата ведения в действие**  
 « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАЗРАБОТАНО**  
 ФГБОУ ВО «МГУПП»  
 Ассистент кафедры «Технологии и биотехнологии  
 продуктов питания животного происхождения»  
 \_\_\_\_\_ Н.Ю. Зарубин  
 личная подпись

ФГБОУ ВО «МГУПП»  
 Старший научный сотрудник проблемной  
 лаборатории композитных материалов  
 \_\_\_\_\_ И.С. Краснова  
 личная подпись

ФГБОУ ВО МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)  
 профессор кафедры «Технологии продукции и  
 организации общественного питания»  
 \_\_\_\_\_ О.В. Бредихина  
 личная подпись

Генеральный директор ООО «Лаборатория вкуса»  
 \_\_\_\_\_ А.П. Степанов  
 личная подпись

Москва  
2018

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
 ООО «Лаборатория вкуса»  
 А.П. Степанов

«10» нояб 2018 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе  
 ФГБОУ ВО «МГУПП»

Ю.В. Бабин

«10» нояб 2018 г.



Технологическая инструкция по  
 изготовлению рыбного кулинарного  
 изделия «Рулет из минтая в  
 оболочке»

ТИ к ТУ 10.85.12-001-02068634-2018

Дата введения в действие - 2018 г.

Настоящая технологическая инструкция предусматривает изготовление рыбного кулинарного изделия «Рулет из минтая в оболочке» для использования в качестве пищевой продукции, и является неотъемлемой частью технологических условий ТУ 10.85.12-001-02068634-2018




**Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ Б**

ТИ к ТУ 10.85.12-001-02068634-2018

Технологический процесс производства рулета по безопасности должен соответствовать требованиям стандартов Системы стандартов безопасности труда.

**РАЗРАБОТАНО**


ФГБОУ ВО «МГУПП»  
Ассистент кафедры «Технологии и биотехнологии  
продуктов питания животного происхождения»

  
Н.Ю. Зарубин  
личная подпись


ФГБОУ ВО «МГУПП»  
Старший научный сотрудник проблемной  
лаборатории композитных материалов

  
И.С. Краснова  
личная подпись

ФГБОУ ВО МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)  
профессор кафедры «Технологии продукции и  
организации общественного питания»

  
О.В. Бредихина  
личная подпись

Генеральный директор ООО «Лаборатория вкуса»

  
А.П. Степанов  
личная подпись

**ПРИЛОЖЕНИЕ В****Балльная шкала органолептической оценки продуктов**

Оценка (балл)	Внешний вид	Цвет (цвет на разрезе)	Запах	Консистенция	Общая оценка качества
Положительные показатели качества продукта					
9-10	Красивый		Ароматный	Нежный	Отличное
7-8	Хороший		Достаточно ароматный	Достаточно нежный	Хорошее
5-6	Недостаточно хороший		Недостаточно ароматный	Недостаточно нежный	среднее
Отрицательные показатели качества продукта					
3-4	Немного нежелательный (приемлемый)	Неравномерный (приемлемый)	Невыраженный (приемлемый)	Немного жестковат, рыхловат (приемлемый)	Ниже среднего (приемлемое)
1-2	Плохой (неприемлемый)		Плохой, посторонний (неприемлемый)	Жесткий рыхлый (неприемлем)	Плохое (неприемлемое)

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

## Акты промышленной апробации



Общество с ограниченной ответственностью  
«РК Сардиния»

111020 Москва г., Госпитальный вал ул., дом 22/2, пом. 014П  
Тел. +7 (903) 710-95-32  
ИНН 7722844077 ОГРН 1147746566110

исх. № 4

«05» сентября 2017 г

## Справка

О практическом использовании отходов рыбопереработки в виде кожи промысловых рыб

ООО «РК Сардиния» - предприятие, занимающиеся вопросами переработки рыбы для получения рыбных продуктов широкого ассортимента. Объектами переработки являются ценные промысловые рыбы, в количестве 4 тыс. тонн в год. До настоящего времени кожа данных видов рыб не имела никакого практического применения и подвергалась утилизации.

Предложенная технология получения коллагеновых гидролизатов и композиций на их основе, разработанная в Московском государственном университете пищевых производств к.т.н. Красновой И.С. и аспирантом Зарубиным Н.Ю. (научный руководитель д.т.н. Бредихина О.В.) позволит сократить отходы производства и улучшить экологическое состояние нашего предприятия.

В лабораторных условиях ООО «РК Сардиния» выработана опытная партия гидролизатов из кожи промысловых рыб. Далее согласно ТУ «Коллагено-растительная композиция для пищевых продуктов» (ТУ 9283-001-02068634-2015) на основе гидролизатов из кожи рыб были изготовлены пищевые композиции в количестве 150 кг.

ООО «РК Сардиния» включает в план развития производства на 2018 год освоение технологии получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыб. Полученные гидролизаты и композиции на их основе будут использованы в рецептурах новых видов продукции нашего предприятия, например, при приготовлении рыбных фаршевых полуфабрикатов. Кроме этого, часть вырабатываемых коллагеновых гидролизатов из кожи рыб будет продаваться предприятиям мясной отрасли Москвы и Московской области.

Таким образом, отходы нашего производства в количестве 280 тонн в год будут использованы для улучшения экономических показателей деятельности предприятия и снижения затрат на обеспечение требуемых законодательством экологических норм.



Представители  
ООО «РК Сардиния»  
Технолог  
Ген. директор

ФГБОУ ВО МГУПП

*Макаров* Макаров С.В.  
*Кондратьева* Кондратьева Т.И.

*Краснова* Краснова И.С.  
*Зарубин* Зарубин Н.Ю.

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Г


**Общество с ограниченной ответственностью  
«РК Сардиния»**

111020 Москва г., Госпитальный вал ул., дом 22/2, пом. 014П  
Тел. +7 (903) 710-95-32  
ИНН 7722844077 ОГРН 1147746566110

Исх. № 5

«11» сентября 2017 г

**Акт**

опытно-промышленной выработки рыбного рулета из минтая с коллагено-растительной композицией

В период с 5 по 8 сентября 2017 г. в производственных условиях в производственном цеху ООО «РК Сардиния» была проведена опытно-промышленная выработка партии рыбных рулетов из минтая с использованием коллагено-растительной композиции на основе гидролизата из кожи нерки, муки из семян льна и муки из клубней топинамбура в количестве 500 кг.

В выработке приняли участие от ООО «РК Сардиния» ген. Директор Кондратьева Т.И., технолог Макаров С.В., от Московского Государственного Университета Пищевых Производств (ФГБОУ ВО МГУПП) к.т.н. Краснова И.С., аспирант Зарубин Н.Ю.

На ООО «РК Сардиния» с использованием коллагено-растительной композиции, изготовленной согласно ТУ «Коллагено-растительная композиция» (ТУ 9283-001-02068634-2015) и патенту №2583660 «Коллагено-растительная композиция для пищевых продуктов», выработали рыбные рулеты из минтая по следующей технологии включающей: разделку тушек минтая, измельчение, смешивание с компонентами по рецептуре, в том числе с предварительно подготовленной коллагено-растительной композицией в количестве 10-15 % от массы рыбного сырья, формирование рулетов, термообработку и охлаждение.

В результате выработки установлено, что полученный продукт соответствовал требованиям нормативных документов. Дегустация образцов показала, что рыбный рулет из минтая с коллагено-растительной композицией не отличается от изделий, выработанных по традиционной технологии. По внешнему виду готовый продукт имел форму батончиков, поверхность которых была чистой и сухой, без повреждений оболочки, наплывов фарша, слипов, бульонных и жировых отеков. Выработанный рулет отвечает потребительским свойствам и высоким показателям качества и соответствует требованиям Технического регламента «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016).

Было установлено, что рыбный рулет из минтая с использованием коллагено-растительной композицией, можно выработать в производственных условиях рыбоперерабатывающих предприятий в соответствии с разработанной ФГБОУ ВО МГУПП рецептурой и технологией. Компания ООО «РК Сардиния» включает в план развития производства на 2018 год освоение данной технологии.

Представители  
ООО «РК Сардиния»  
Технолог  
Ген. директор

ФГБОУ ВО МГУПП



Макаров С.В.

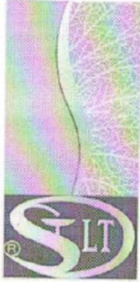
Кондратьева Т.И.

Краснова И.С.

Зарубин Н.Ю.



## Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ Г

**ООО ФНПП «Салута-М»**

ИНН: 5017086005 КПП: 501701001  
 143500, Московская обл., г. Истра, ул. Московская, д. 48  
 Р/с: 40702810800070110613 К/с: 30101810800000000777  
 БИК: 044585777 Банк: АКБ «РОСЕВРОБАНК» (ОАО) г. Москва

Адрес: 143500, Московская обл., г. Истра, ул. Московская, д. 48  
 Тел. 8 (495) 797-92-97, факс 8 (49631) 4-51-79  
 www.saluta.ru, e-mail: info@saluta.ru

**Справка**

Об использовании коллагенсодержащих гидролизатов из рыбного сырья

ФНПП «Салута-М» является ведущим предприятием страны, занимающимся производством БАДов и лечебно-профилактических препаратов на основе широкого ассортимента экстрактов высококачественного растительного сырья.

Нами совместно с Московским государственным университетом пищевых производств проведены исследования композиций, на основе экстрактов растительного сырья и коллагенсодержащих рыбных гидролизатов. Образцы были разработаны и представлены для испытаний сотрудниками МГУПП – старшим научным сотрудником, к.т.н. Красновой И.С. и аспирантом Зарубиным Н.Ю. В образцах исследована антиоксидантная активность экстрактов восьми видов растений с различным уровнем введения коллагенсодержащих рыбных гидролизатов. Результаты исследований показали увеличение антиоксидантной активности опытных образцов по сравнению с образцами без рыбных гидролизатов. Полученные данные свидетельствуют об увеличении положительного эффекта от добавления гидролизатов.

Особо хочу отметить, что рыбный коллаген по составу и спектру основополагающих характеристик гораздо более приближен к человеческому по сравнению с коллагеном, получаемым из костей крупного рогатого скота.

В связи с этими факторами, фирма «Салута» в ближайшей перспективе планирует расширять линейку выпускаемой продукции, в первую очередь, предназначенных для использования в парадонтологии пластин «ЦМ». В их составе будет использован гидролизат рыбного коллагена. Следующим этапом планируется расширение линейки препаратов, содержащих рыбный коллаген.

Директор и научный  
 руководитель ФНПП «Салута-М»  
 доктор биологических наук, профессор



Б.М. Мануйлов



## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

## Интеллектуальная собственность

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2583660

КОЛЛАГЕНО-РАСТИТЕЛЬНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ  
ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Всероссийский научно-  
исследовательский институт рыбного хозяйства и  
океанографии" (ФГБНУ "ВНИРО") (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015117907

Приоритет изобретения **13 мая 2015 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре  
изобретений Российской Федерации **13 апреля 2016 г.**

Срок действия патента истекает **13 мая 2035 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

*Г.И. Ивлиев* Г.И. Ивлиев





## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Д

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 583 660** <sup>(13)</sup> **C1**

(51) МПК

A23J 1/10 (2006.01)

A23J 1/14 (2006.01)

A23J 3/04 (2006.01)

A23J 3/14 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2015117907/10, 13.05.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
13.05.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.05.2015

(45) Опубликовано: 10.05.2016 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2260357 C2, 20.09.2005. RU 2007926  
C1, 28.02.1994. RU 2192148 C2, 10.11.2002.

Адрес для переписки:

107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17,  
ФГБНУ "ВНИРО", отдел правового обеспечения  
и патентования, Шульгиной Т.В.

(72) Автор(ы):

Артемов Роман Викторович (RU),  
Бредихина Ольга Валентиновна (RU),  
Зарубин Никита Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Всероссийский научно-  
исследовательский институт рыбного  
хозяйства и океанографии" (ФГБНУ  
"ВНИРО") (RU)(54) **КОЛЛАГЕНО-РАСТИТЕЛЬНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**(57) **Формула изобретения**

Коллагено-растительная композиция для пищевых продуктов, содержащая сухой гидролизат из кожи рыб с молекулярной массой коллагеновых волокон 200-300 кДа, муку из семян льна и из клубней топинамбура при следующем соотношении, мас.ч.:

сухой гидролизат из кожи рыб	60-70
мука из семян льна	20-35
мука из клубней топинамбура	10-15

R U 2 5 8 3 6 6 0 C 1

R U 2 5 8 3 6 6 0 C 1

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Д

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2646920

**Способ производства кулинарного рыбного изделия в виде  
рулета из минтая**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Всероссийский научно-  
исследовательский институт рыбного хозяйства и  
океанографии" (ФГБНУ "ВНИРО") (RU)*

Авторы: *Артемов Роман Викторович (RU), Бредихина Ольга  
Валентиновна (RU), Зарубин Никита Юрьевич (RU)*

Заявка № 2017108175

Приоритет изобретения 13 марта 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 12 марта 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 13 марта 2037 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Г.П. Ивлиев*





## Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ Д

17.03.2018

ИЗ №2646920

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **2 646 920** (13) C1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(51) МПК  
[A23L 17/00 \(2016.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 12.03.2018)

(21)(22) Заявка: [2017108175](#), 13.03.2017(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
13.03.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.03.2017

(45) Опубликовано: [12.03.2018](#) Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2385653 C2, 10.04.2010. SU 1082375 A1, 30.03.1984. RU 2506000 C2, 10.02.2014. RU 2294117 C2, 27.02.2007. KZ 20306 A4, 17.11.2008. RU 2493743 C1, 27.09.2013.

Адрес для переписки:

107140, Москва, ул. Верхняя  
Красносельская, 17, ФГБНУ "ВНИРО"  
Центр правового, кадрового и  
административного обеспечения, Д.Е.  
Дымову

(72) Автор(ы):

Артемов Роман Викторович (RU),  
Бредихина Ольга Валентиновна (RU),  
Зарубин Никита Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии"  
(ФГБНУ "ВНИРО") (RU)

(54) Способ производства кулинарного рыбного изделия в виде рулета из минтая

(57) Реферат:

Изобретение относится к рыбной промышленности. Предложен способ производства кулинарного рыбного изделия в виде рулета из минтая, включающий разделку минтая на филе, постадийное измельчение, на первой стадии филе минтая нарезают на мелкие кусочки, смешивают с пшеничным хлебом и измельченным репчатым луком, на второй - полученную массу двукратно измельчают на волчке, добавляют соль, перец, яйца, растертый с солью чеснок, петрушку, измельченную морковь, зеленый горошек и пищевую композицию. Пищевая композиция включает ферментативный гидролизат, полученный из измельченной кожи нерки, или трески, или кеты ферментным препаратом Протепсин 150, и гидратированную муку из семян льна и клубней топинамбура в соотношении 50:30:20 соответственно. Затем перемешивают компоненты и формируют рыбный рулет. Способ позволяет получить готовый к употреблению рыбный продукт повышенной биологической ценности. 1 ил., 4 табл.

Изобретение относится к рыбной промышленности, а именно к производству готовых рыбных кулинарных изделий.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

## Грамоты, сертификаты, дипломы выставок





## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Е

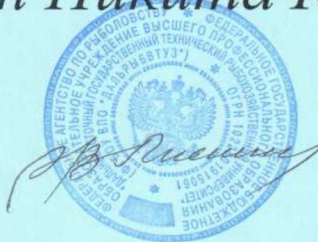


**Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Е****ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования«Дальневосточный государственный технический  
рыбохозяйственный университет»

(ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»)

**Сертификат**

*участника II международной научно-технической  
конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Комплексные исследования в рыбохозяйственной  
отрасли»  
Секция «Техника, технология и управление качеством  
продуктов из гидробионтов»*

**Зарубин Никита Юрьевич**Проректор по УиНР  
ФГБОУ ВПО  
«Дальрыбвтуз»

С.В. Лисиенко

24 - 26 ноября 2015 год  
Владивосток



## Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ Е

