

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Калининград – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» (ФГБОУ ВО «МГУПП»)

Научный руководитель доктор технических наук, доцент
Бредихина Ольга Валентиновна

Официальные оппоненты:

Цибизова Мария Евгеньевна доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», кафедра «Технология товаров и товароведение», профессор

Байдалинова Лариса Степановна кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», кафедра «Пищевая биотехнология», профессор

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

Защита диссертации состоится «21» февраля 2019 г. в 15 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 307.007.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» по адресу: 236022, г. Калининград, Советский пр-т, д. 1, зал заседаний совета (ауд. 255).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

<http://www.klgtu.ru/science/diss/soviets/dissertatsii/>

E-mail: olga.anohina@klgtu.ru Факс: 8 (4012) 99-53-46

Автореферат разослан «19» декабря 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Анохина Ольга Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 (Антипова, 1995; Бредихина, 2009; Болгова, 2015; Байдалинова, 2006; Васюкова, 2009, КамчатНИРО, 2012). 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 (Ананьина, 2009; Аникиенко, 2008; Бельмер, 2010; Ермош, 2015; Катренко, 2005; Кочнев, 2002; Ладнова, 2002; Лисовой, 2009; 108. Митрофанова, 2012; Максимов, 2009; Назаренко, 2014; Пигарева, 2011). В связи с этим перспективным является разработка многокомпонентных композиций на основе сырья как животного, так и растительного происхождения, использующегося 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 (2006, 2008, 2009, 2012, 2013) Л.В. Антипова (1995, 1999, 2002, 2006, 2005, 2007, 2009, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015) Л.С. Байдалинова (36), В.Д. Богданов (1995), Т.М. Бойцова (2003, 2004), Л.Г. Бояркина (2001), О.Я. Мезенова (2006, 2011), Р.Г. Кильмаев (2007), П.И. Андрусенко (1988, 1999), М.Е. Цибизова (2008, 2009, 2010, 2011), А. Aberoumand (2011), Z. Fengxiang (2011), S. Pang (2013), J Zhang (2009) 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 МНТК 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении проведено обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований.

В первой главе «Аналитический обзор литературы» представлен обзор научной, технической и патентной литературы по теме диссертации. Рассмотрена структура пищевых продуктов, в частности, рыбных, и возможности ее формирования. Дана характеристика рыбному коллагенсодержащему сырью и перспективам его использования в пищевой промышленности. Представлены основные сведения о строении и свойствах коллагена, способах получения коллагеновых препаратов и их применении в технологии рыбных продуктов. Рассмотрены особенности и возможности применения муки из семян льна и муки из клубней топинамбура, а также инулина в пищевой промышленности.

Во второй главе «Организация постановки эксперимента и методы исследования» представлена схема проведения эксперимента (рис. 1), дана характеристика объектов исследования, описаны методы исследования. Объектами исследования являлись: кожа океанических рыб, таких как нерки, трески и кеты; мука из семян льна и клубней топинамбура; коллагеновые гидролизаты из кожи рыб (КГКР), полученные в результате биотехнологической обработки кожи рыб; коллагено-растительная композиция (КРК); рыбное кулинарное изделие без/с КРК.

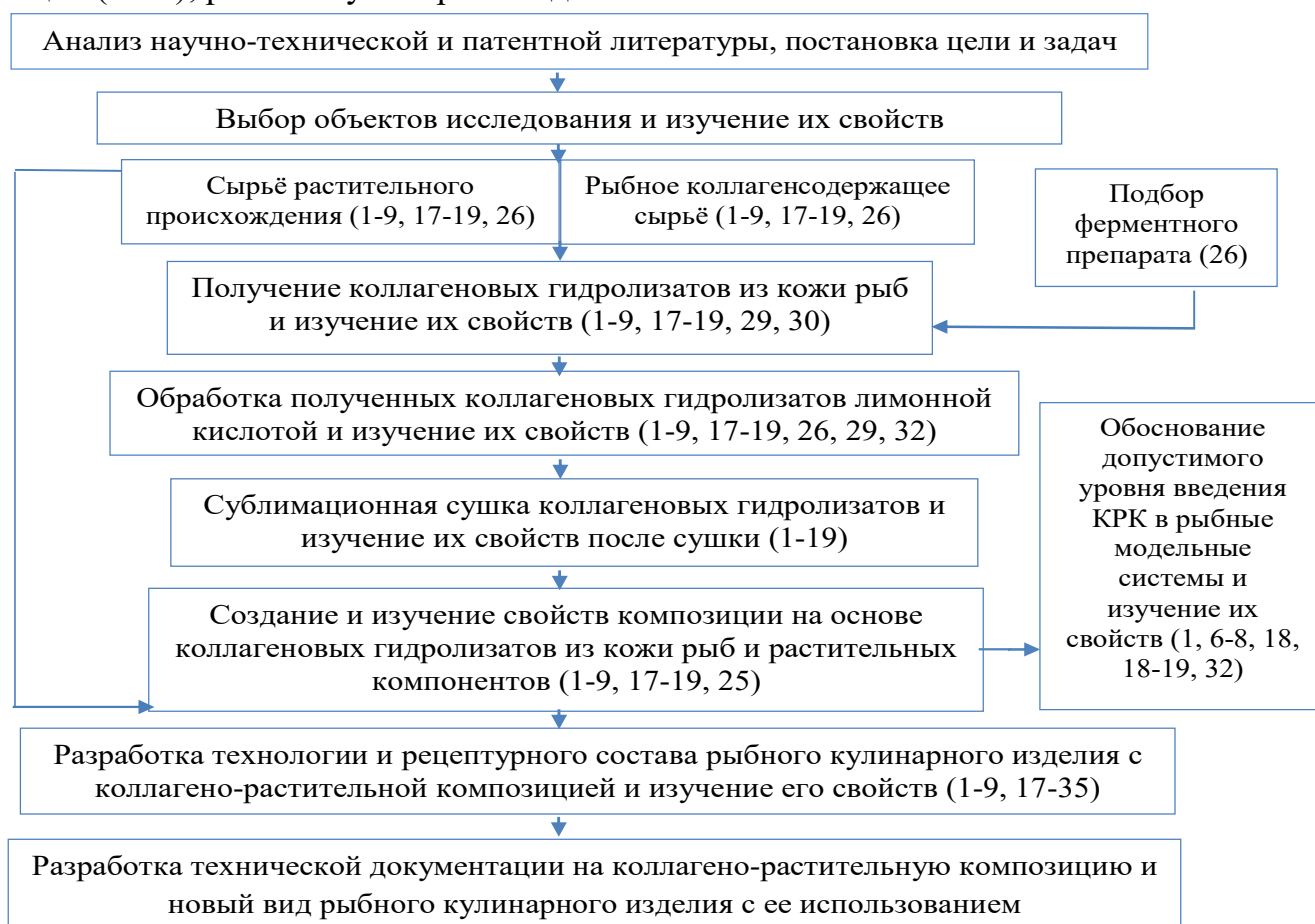


Рисунок 1 – Схема постановки эксперимента

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 аппарате Kjeltec

System 1002 «Тесатор»; 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. Воловиной ; 7, 8 – определение вододерживающей и жиросвязывающей 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 жиросвязывающей 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 методом Покровского-Ертанова на модифицированном приборе МГУПБ; 21, 22 – определение напряжения среза и работа резания на универсальной испытательной машине «Instron – 1140»; 23 – определение перексидного 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 метода Т.М. Сафроновой; 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; 35 – определение аминокислотной сбалансированности по методологии Липатова Н.Н.

Опыты по сублимационной сушке коллагеновых гидролизатов из кожи рыб проводили на экспериментальном стенде для вакуумной сублимационной сушки ФГБОУ ВО МГУПП, марки СВП – 036.

В третьей главе «Разработка способа получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыб» представлены результаты исследований по получению и изучению свойств коллагеновых гидролизатов из кожи океанических видов рыб.

С целью изучения воздействия на рыбное коллагенсодержащее сырье был выбран ферментный препарат животного происхождения «Протепсин». Для изучения влияния ферментативной обработки на кожу рыб, на основании анализа научно-технической и патентной литературы, были подобраны следующие параметры ферментации: дозировки ферментного препарата – 0,005; 0,01; 0,05 и 0,1 % к массе сырья, продолжительность воздействия – 1,5 - 3 часа с шагом 30 мин, рН среды – 5,6-5,9 и гидромодуль сырья: водный раствор фермента – 1:2, с учетом полного погружения сырья в раствор.

Исследования по выбору параметров ферментативной обработки кожи рыб осуществлялись путем изучения изменения химического состава, функционально-технологических (рис. 2) и реологических свойств (рис. 3) образцов коллагеновых гидролизатов из кожи рыб, полученных при различной концентрации ферментного препарата и продолжительности обработки.

Проанализировав полученные экспериментальные данные, можно сделать вывод о том, что наибольшие структурные изменения, наблюдаемые визуально, произошли во всех образцах, обработанных раствором ферментного препарата «Протепсин» при дозировке 0,1 % к массе кожи рыб. Повышение дозировки ферментного препарата и продолжительности обработки приводило к увеличению массовой доли влаги и уменьшению массовой доли белка, жира и золы во всех объектах исследований, независимо от вида кожи.

Изменение химического состава в объектах исследования объясняется деструкцией компонентов системы, что приводило к переходу их некоторой части в раствор. Увеличение массовой доли влаги во всех образцах при повышении дозировки ферментного препарата «Протепсин» связано с переходом влаги из связанного в свободное состояние. 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 %. Потери белковых веществ составляли: для КГКН 0,1/3 – 1,38 %, для КГКТ 0,1/3 – 0,96 % и КГКК 0,1/3-1,24 %.

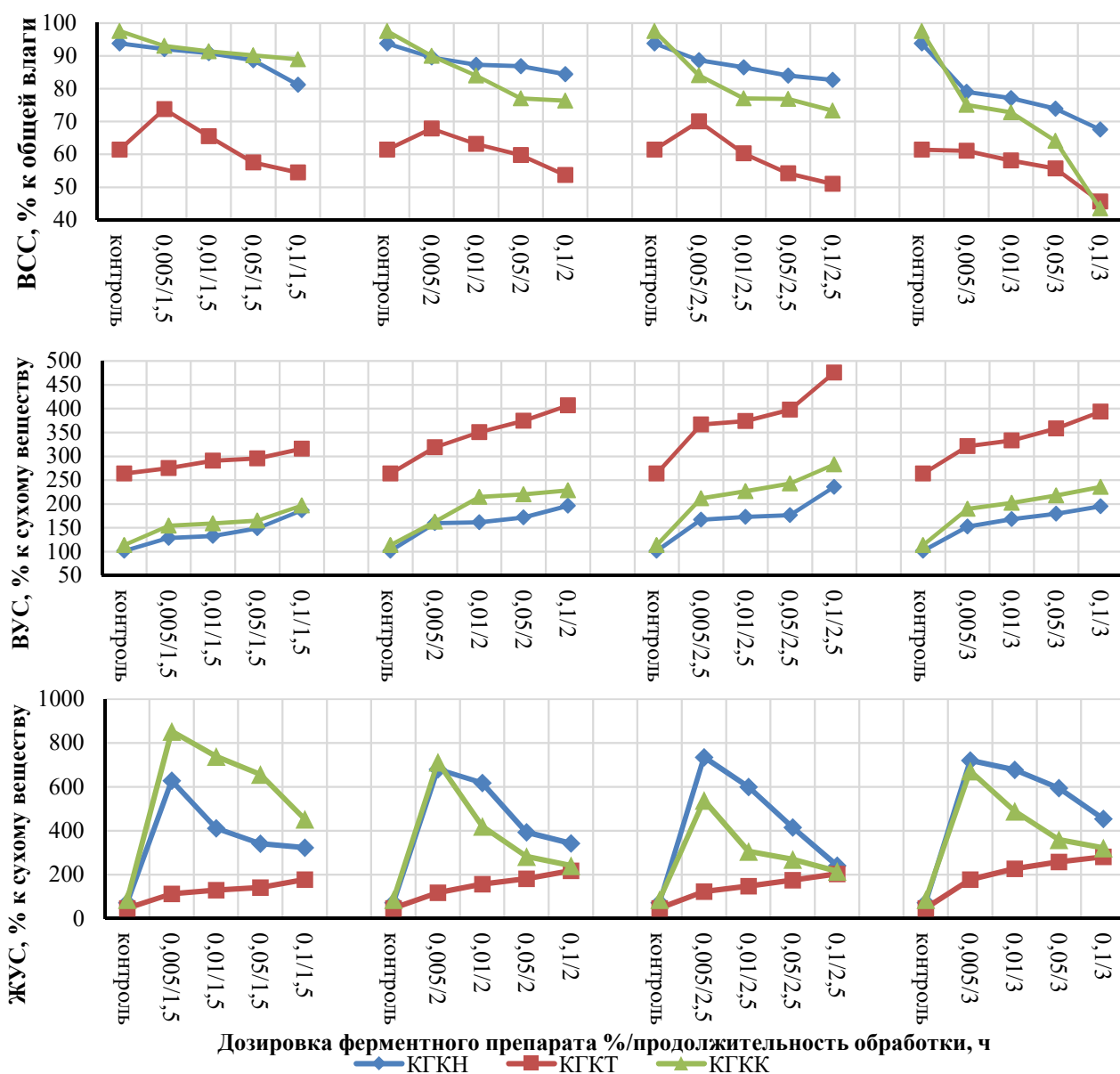


Рисунок 2 – Изменение функционально-технологических свойств КГКР в зависимости от дозировки ферментного препарата и продолжительности обработки

Результаты рис. 2 свидетельствуют о том, что 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. Значения ВУС для всех образцов 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. 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. ЖУС увеличивалась у всех исследуемых образцов по сравнению с контролем. Особенно резкое увеличение наблюдалось в образцах КГКН и КГКК, но с повышением дозировки ферментного препарата ЖУС в данных образцах понижалась. В образцах КГКТ наблюдалось обратное - с повышением дозировки ферментного препарата ЖУС повышалась и достигала своего максимального значения при дозировке ферментного препарата 0,1 % и продолжительности обработки 3 ч.

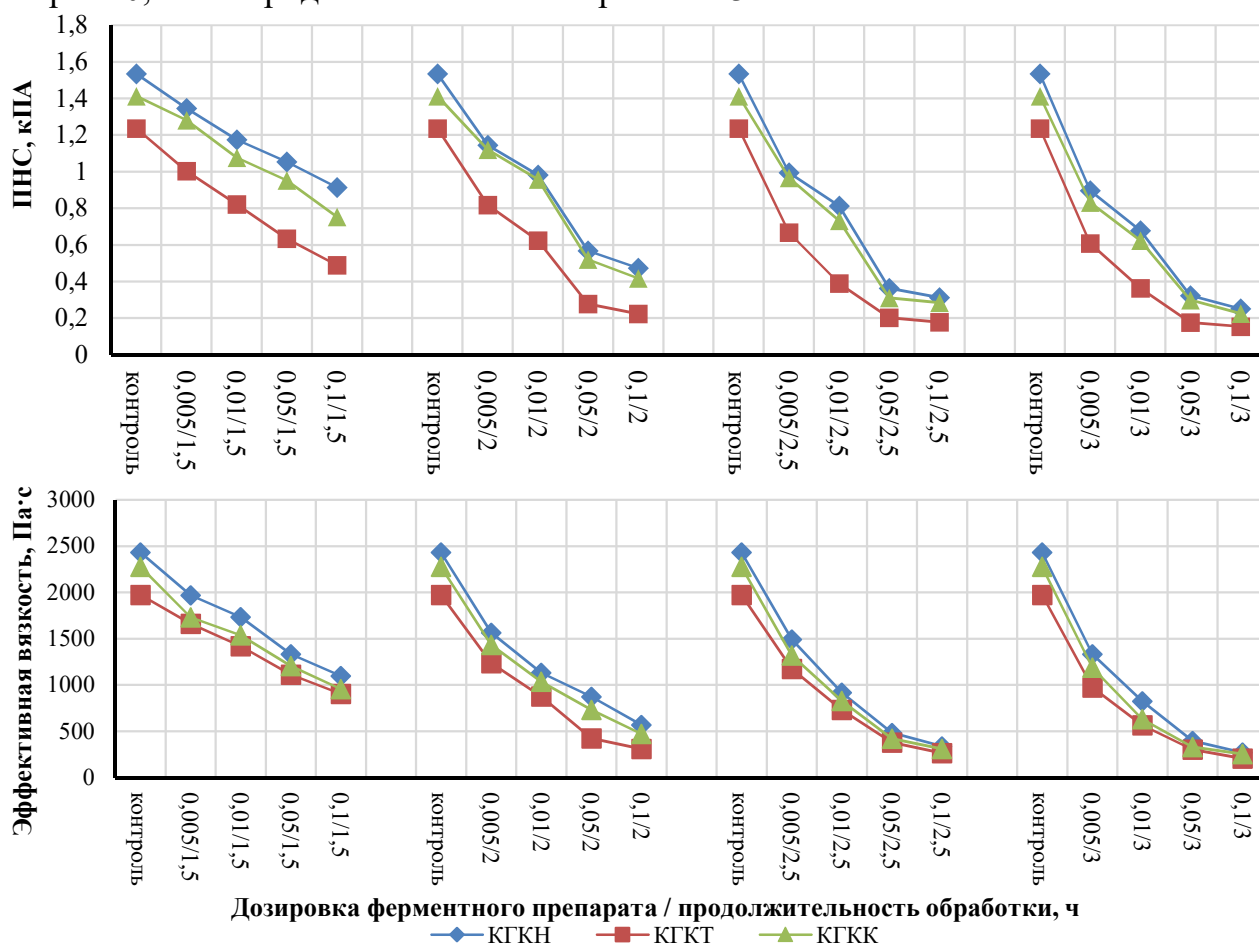


Рисунок 3 – Изменение реологических свойств КГКР в зависимости от концентрации ферментного препарата и продолжительности обработки

По результатам исследований, представленных на графиках рис.3, видно, что предельное напряжение сдвига и эффективная вязкость КГКР постепенно понижались с увеличением дозировки и продолжительности обработки, что объясняется гидролизом белковых компонентов с образованием более мелких белковых фрагментов с уменьшенной молекулярной массой.

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

Для подтверждения наличия в коллагеновых гидролизатах из кожи рыб пептидов коллагенового волокна были проведены исследования молекулярной массы белковой фракции КГКР. Молекулярная масса для всех образцов составляла в среднем 21,59 кДа. Вследствие чего можно сделать вывод, что подобранные параметры ферментативной обработки рыбного коллагенсодержащего сырья позволяют получить КГКР с наличием среднемолекулярных пептидов.

С целью улучшения органолептических показателей (запах) коллагеновых гидролизатов из кожи рыб проводились исследования по возможности использования раствора лимонной кислоты. Параметрами обработки коллагеновых гидролизатов водным раствором лимонной кислоты являлись: дозировка лимонной кислоты 0,30 % к массе гидролизата и продолжительность обработки 45 мин, соотношение гидролизат: раствор составляло 1:3. После водный раствор отделили от КГКР фильтрацией.

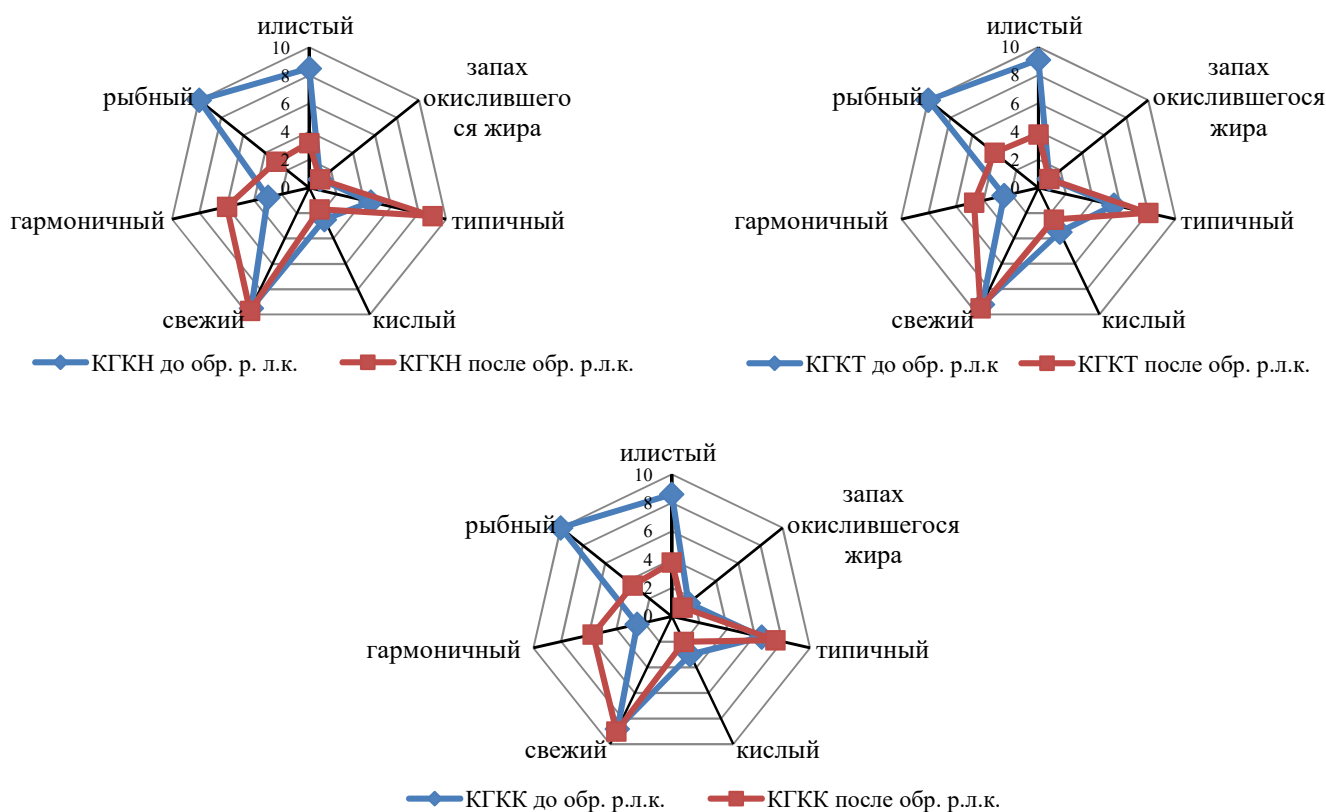


Рисунок 4 – Профилограмма аромата КГКН до и после обработки водным раствором, содержащего 0,3 % к массе гидролизата лимонной кислоты (р.л.к)

Доказано, что обработка лимонной кислотой незначительно влияет на физико-химические и функционально-технологические свойства гидролизатов и позволяет снизить интенсивность рыбного запаха (рис.4). Наименьшая интенсивность рыбного запаха наблюдалась в коллагеновом гидролизате из кожи нерки (КГКН).

Проведены исследования по возможности использования вакуумной сублимационной сушки для консервирования коллагеновых гидролизатов из кожи рыб. Продолжительность сушки составила 8 ч до конечного содержания влаги в продуктах: для КГКН - 4,93, КГКТ - 7,88 %, КГКК – 6,62 %. Сублимированные КГКР в виде пластин, толщиной 3–6 мм, имели серый свет и ломкую структуру, при этом обладали незначительной пористостью (поры были распределены равномерно по всему его объёму). Высушенные пластины КГКР измельчали до порошкообразного состояния.

Далее были определены условия гидратации сухих КГКР. В итоге степень гидратации составила $\frac{\text{г компонента}}{\text{г воды}}$: КГКН – 1:3, КГКТ – 1:4,5 и КГКК – 1:3 соответственно. После гидратации определяли химический состав, функционально-технологические и реологические свойства КГКР и сравнивали их со свойствами КГКР до сублимационной сушки. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – 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} см ² /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, функционально-технологических и реологических свойств КГКР до и после сублимационной сушки (после гидратации) показала, что предлагаемый способ консервирования незначительно влияет на химический состав и свойства образцов гидролизатов. В связи с этим можно считать очевидной целесообразность использования сублимационной сушки в технологии получения сухих рыбных гидролизатов из кожи рыб.

Полная технологическая схема получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыб представлена на рисунке 5.

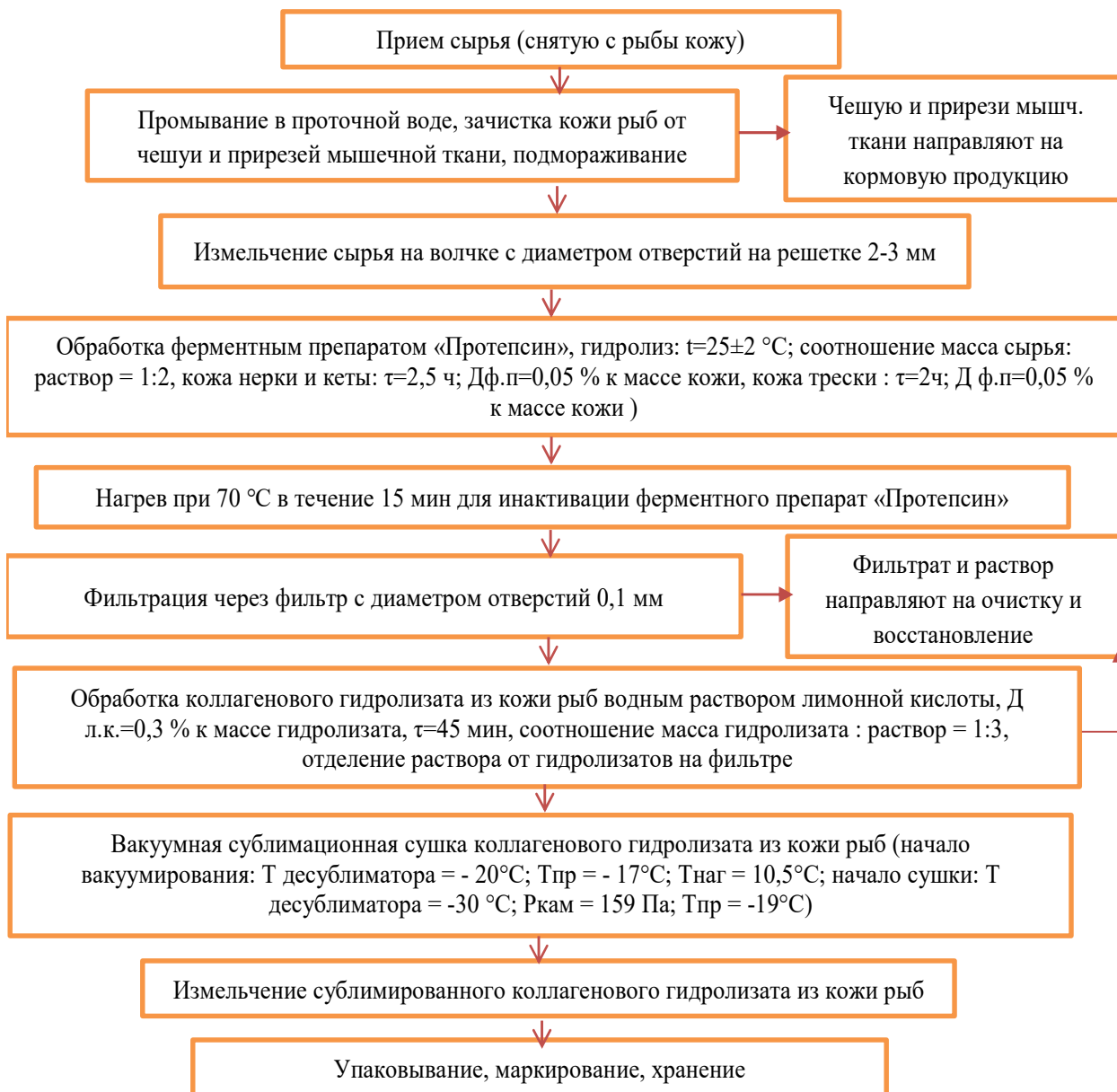


Рисунок 5 – Технологическая схема получения коллагеновых гидролизатов из кожи рыб

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.

В главе 4 «Разработка состава коллагено-растительной композиции на основе гидролизатов из кожи рыб» представлены результаты исследований по получению и изучению свойств коллагено-растительной композиции с использованием сублимированных гидролизатов из кожи рыб, муки из семян льна (МЛ) ООО «Компас Здоровья» и муки из клубней топинамбура (МТ) ООО «Топинамбур».

Для составления коллагено-растительной композиции была проведена предварительная гидратация каждого компонента КРК 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 ± 2 °C в течение 30 мин, после чего их смешивали в определенных соотношениях.

С целью обоснования массового содержания 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 ингредиентов в гомогенизаторе при скорости 4000 мин^{-1} в течение 15 мин, до визуальной равномерности. После составления проводились комплексные исследования полученных смесей КРК. Изучали химический состав, в том числе содержание инулина, физико-химические, функционально-технологические и реологические свойства смесей КРК, с целью определения соотношения компонентов в КРК, результаты представлены в таблицах 2-3 и рисунке 6.

Таблица 2 - Химический состав КРК различного состава (* - КГКР ** - МЛ *** - МТ)

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

По данным таблицы 2 можно сказать, что уменьшение содержания гидролизатов из кожи рыб в КРК сопровождалось понижением массовой доли общего белка и золы в анализируемых системах всех образцов. В случае содержания влаги, жира, углеводов просматривалась склонность к повышению значений этих показателей при увеличении количества растительных компонентов в КРК для всех исследуемых образцов. Уменьшение массовой доли золы объясняется увеличением растительных компонентов, которые содержат меньшее количество минеральных веществ по сравнению с КГКР.

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.

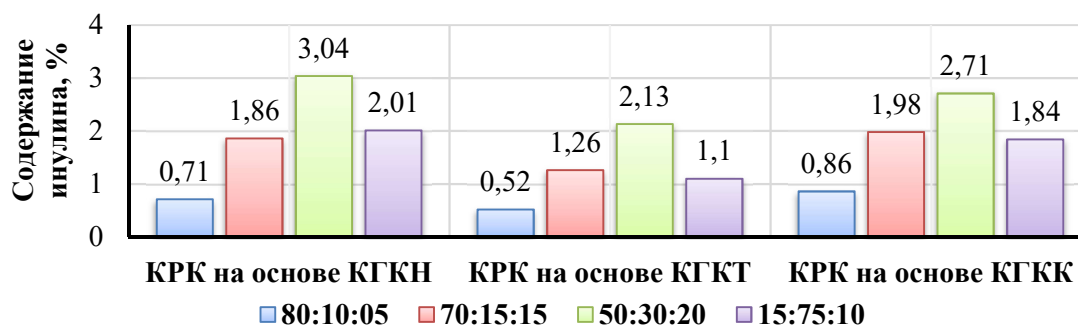


Рисунок 6 – Содержание инулина в КРК различного состава

По приведённым данным рис. 6, можно сказать, что содержание инулина в композициях с увеличением муки топинамбура повышалось, что коррелировало с уровнем его внесения.

Таблица 3 – Функционально-технологические и реологические свойства КРК различного состава (* - КГКР ** - МЛ *** - МТ)

Соотношение комп., масс.% в КРК	ВСС, % к общ. влаге	ВУС, % к сух. в	ЖУС, % к сух. в.	Пластичность, 10 ⁻² , см ² /Г	ПНС, Па
на основе КГКН					
85*:10**:5***	95,31±2,35	276,25±6,82	74,73±1,85	10,49±0,26	331,76±5,72
70:15:15	97,12±2,40	301,13±7,44	78,39±1,93	10,30±0,25	378,83±6,39
50:30:20	98,06±2,42	385,67±9,53	174,49±4,31	10,20±0,25	433,21±8,72
15: 75:10	98,93±2,44	522,59±12,91	190,92±4,72	10,11±0,25	476,19±11,76
на основе КГКТ					
85:10:5	85,19±2,10	373,78±9,23	50,41±1,25	11,74±0,29	276,56±5,60
70:15:15	87,53±2,11	395,10±9,76	59,61±1,47	11,42±0,28	291,91±6,22
50:30:20	94,75±2,34	438,73±10,84	66,10±1,63	10,55±0,26	336,24±9,54
15: 75:10	97,37±2,41	548,87±13,56	126,22±3,12	10,27±0,25	412,62±12,66
на основе КГКК					
85:10:5	94,61±2,34	186,18±4,60	92,44±2,28	10,60±0,26	304,76±5,95
70:15:15	95,25±2,35	257,95±6,37	120,94±2,99	10,52±0,26	365,83±6,57
50:30:20	97,20±2,40	367,61±9,08	264,69±6,54	10,28±0,25	392,21±9,19
15: 75:10	99,25±2,45	551,21±13,62	328,62±8,12	10,08±0,25	443,19±11,93

Данные исследований (табл. 3) по определению функционально-технологических свойств (ФТС) свидетельствуют об увеличении значений показателей ВСС, ВУС и ЖУС для всех КРК с повышением растительных компонентов, в частности муки из семян льна, содержащей больше белка по сравнению с мукой из клубней топинамбура и обладающей более высокими значениям ВСС и ПНС, что непосредственно будет оказывать влияние на ФТС композиций. В связи с этим зависимость повышения ФТС с увеличением МЛ и МТ в КРК объясняется изменением соотношения между количеством белков растительного (МЛ и МТ) и животного происхождения (КГКР).

Увеличение содержания растительных компонентов в КРК сопровождалось постепенным уменьшением значений пластичности для КРК на основе КГКН на 3,62 %, на основе КГКТ на 12,52 %, на основе КГКК на 4,91 %, и повышением значений ПНС

для КРК на основе КГКН на 43,53, на основе КГКТ на 49,18 %, на основе КГКК на 45,42 %.

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. Такими кулинарными изделиями являются рулеты на основе рыбного фарша с начинками из овощей. 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 см²/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.

Для изучения возможности использования КРК на основе КГКН в технологии рыбных кулинарных изделий были проведены исследования по изучению модельных рыбных систем, в которых часть рыбного фарша заменялась адекватным количеством КРК – от 0 до 20 % с шагом 5 %. В качестве основного рыбного сырья для приготовления модельных рыбных систем использовали филе минтая.

В соответствии с результатами исследований, допустимым вариантом замены рыбного сырья на КРК является количество от 10 до 15 %, при котором наблюдались высокие показатели ВУС и ЖУС, что является позитивным фактором при формировании консистенции и структуры рыбных продуктов. Данные образцы при органолептической оценке получили высокие баллы и имели красивый внешний вид и цвет, приятный вкус и аромат, сочную консистенцию.

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). Рекомендуется использовать разработанную композицию в технологии рыбных кулинарных изделий на фаршевой основе, для улучшения показателей качества, прежде всего, структуры готового продукта.

В главе 5 «Использование коллагено –растительной композиции в технологии рыбных кулинарных изделий» представлены данные исследований по разработке технологии рыбного кулинарного изделия, а именно рулета из минтая в оболочке, с использованием коллагено-растительной композиции.

Была проведена выработка опытного образца рыбного рулета из минтая в оболочке в котором 10 % рыбного сырья (филе минтая) было заменено разработанной КРК, полученной на основе высушенного сублимационной сушкой и впоследствии регидратированного КГКН, с добавлением МЛ и МТ в соотношении КГКН:МЛ:МТ=50:30:20. Контролем служил рыбный рулет без КРК.



Рисунок 7 – Технологическая схема производства кулинарного рыбного изделия в виде рулета из минтая в оболочки с КРК

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»). Они имели форму батончиков, поверхность которых была чистой и сухой, без видимых повреждений оболочки, наплывов фарша, слипов, бульонных в том числе жировых отеков. Результаты оценки по 10-балльной системе изображены графически в виде профильной диаграммы на рисунке 8.

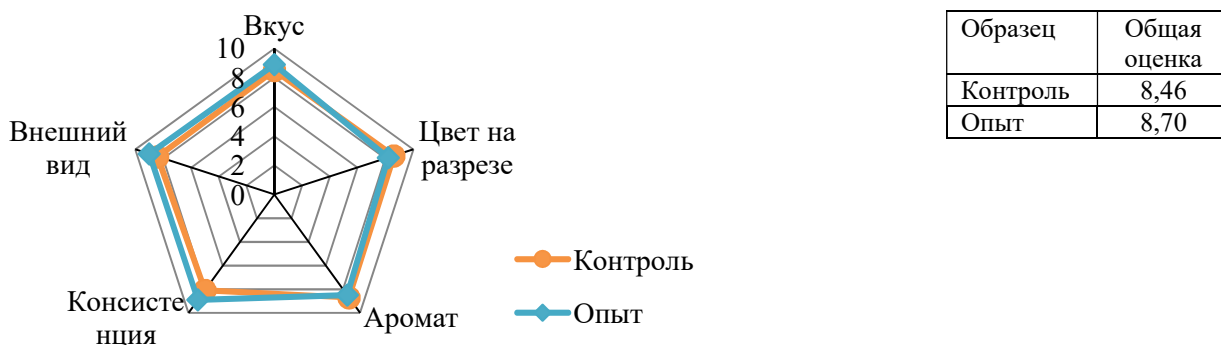


Рисунок 8 – Профилограмма органолептической оценки рыбных рулетов

По данным рисунка 8 видно, что органолептические показатели опытного образца рыбного рулета не уступали контрольному.

С целью обоснования прочностных и структурно-механических свойств готового продукта были проведены исследования по изучению показателей напряжения среза и работы резания как опытного, так и контрольного образца. Значения напряжения среза и работы резания рыбных рулетов с КРК на основе КГКН были на 0,94 и 4,14 % выше значений контрольного изделия. Данные изменения в опытном образце связаны с повышением количественного уровня белков, а именно коллагена.

Далее проводились исследования по определению химического состава и энергетической ценности, а также переваримости, аминокислотного и жирнокислотного составов соответственно белков и липидов выработанных рыбных рулетов (таблицы 4-6).

Таблица 4 – Химический состав и энергетическая ценность исследуемых образцов рыбного рулета

Наименование показателя химического состава	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
Переваримость, мг тирозина/100 г белка		
Фермент	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

Проанализировав полученные данные, представленные в таблице 4, установлено, что 10 %-я замена рыбного сырья на КРК приводила к увеличению массовой доли белка на 12,38 % по отношению к контролю, росту содержания соединительных белков на 29,94 % и калорийности готовых рулетов на 6,74 %. При этом снижалась массовая доля жира и увеличивалась массовая доля зольных веществ в опытном образце. Также в опытном образце рыбного рулета наблюдалась более высокая массовая доля углеводов при этом, в отличие от контроля, в нем содержался инулин.

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.

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.

Таблица 5 – Содержание аминокислот в суммарном белке и биологическая ценность образцов рыбного рулета, г/100г белка

Наименование аминокислоты	Контроль		Опыт		Данные ФАО/ВОЗ ¹⁹⁷³	
	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 _c , дол. ед.	0,80		0,82		R _c → 1,0	
σ, г/100 г белка эталона	8,40		8,81		σ → 0	

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) - на 2,50 % и показателя сопоставимой избыточности НАК (σ) - 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.

Таблица 6 – Жирнокислотный состав липидов контрольного и опытного образцов рыбного рулета

Наименование жирных кислот	Массовая доля жирных кислот (% к общему количеству)	
	Контроль	Опыт
ΣНасыщенных	26,96	23,56
ΣМононенасыщенных	20,86	17,21
ΣПолиненасыщенных	52,17	59,23
в том числе:		
линолевая	3,33	6,53
линоленовая	5,21	11,28
арахидоновая	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 3,4 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 0,8 %. 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.

Значения показателей рН, активности воды, окислительной порчи, микробиологической безопасности находились в пределах нормируемых для данного вида рыбных продуктов, регламентируемых Техническим регламентом «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016). Установлено, что срок годности охлаждённого изделия составлял 5 суток при температуре минус 4-6 °С. Более продолжительный срок годности не рекомендуется, в связи с активным ростом числа КМАФАнМ на 5 сутки хранения продукта (на 5-е сутки в опытном образце - $1,9 \cdot 10^4$ КОЕ/г при норме не более $1 \cdot 10^4$ КОЕ/г в соответствии ТР ЕАЭС 040/2016), что может привести к развитию патогенной микрофлоры и активным окислительным процессам (на 5 -е сутки в опытном образце пероксидное число – 0,026 МэквО₂/кг продукта, тиобарбитуровое число – 0,23 мгМДА/кг продукта).

Введение КРК способствовало повышению выхода готового изделия на 8,2 % по сравнению с контрольным вариантом. Экономическая эффективность от внедрения разработанных технологий в производство 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, и 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 го-

ворит 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.

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.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

Патенты Российской Федерации:

6. Пат. 2583660 Российская Федерация, МПК А23J1/10, А23J1/14, А23J3/04, А23J3/14. Коллагено-растительная композиция для пищевых продуктов / Р.В. Артемов, О.В. Бредихина, **Н.Ю. Зарубин**; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». – № 2015117907/10; заявл. 13.05.2015; опубл. 10.05.2016., Бюл. №13. – 4 с.

7. Пат. 2646920 Российская Федерация, А23L17/00. Способ производства кулинарного рыбного изделия в виде рулета из минтая / Р.В. Артемов, О.В. Бредихина, **Н. Ю. Зарубин**; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». – № 2017108175; заявл. 13.03.2017; опубл. 12.03.2018., Бюл. №8. – 10 с.

Статьи в других изданиях и материалах конференций:

8. **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. – С. 29 – 30.

9. **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. – С. 115 – 116.

10. **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: Дальрыбвтуз, 2015. – С. 283–288.

11. **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: Дальрыбвтуз, 2015. – С. 288–291.

12. **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. научно-практической конференции студентов и молодых ученых: Живые системы и биологическая безопасность населения. – М.: МГУПП, 2015. – С. 63–65.

13. **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. научно-практической конференции студентов и молодых ученых: Живые системы и биологическая безопасность населения. – М.: МГУПП, 2015. – С. 65–67.

14. **Бредихина, О.В.** Получение многофункциональных коллагеновых гидролизатов способом биотехнологической обработки продуктов вторичной переработки рыбохозяйственной отрасли / О.В. Бредихина, **Н.Ю. Зарубин** // Тезисы докладов: IV Международный Балтийский морской форум: V Международная научно-практическая конференция «Пищевая и морская биотехнология». Калининград. КГТУ, - 2016. – С. 18–20.

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

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

17. Зарубин, Н.Ю. Изучение возможности биотехнологической модификации кожи рыб для использования в технологии сухих многофункциональных коллагеновых гидролизатов / Н.Ю. Зарубин, Е.В. Литвинова // 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.

18. 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.

19. Зарубин, Н.Ю. Многофункциональный коллагено-растительный комплекс: получение, 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.

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

21. 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.

22. Зарубин, Н.Ю. Совершенствование технологии переработки вторичных сырьевых ресурсов рыбной отрасли / Н.Ю. Зарубин, М.Ю. Афанасьев, Н.К. Волков, К.С. Ходикян, О.В. Бредихина, Г.В. Семенов, И.С. Краснова // Матер. XV Междунар. научно-практической конференции студентов и молодых ученых: Живые системы и биологическая безопасность населения. – М.: МГУПП, 2017. – С. 21-22.

Перечень использованных сокращений

КГКР – коллагеновый гидролизат из кожи рыб;	МК – международная конференция;
КГКН – коллагеновый гидролизат из кожи нерки;	ВУС – водоудерживающая способность;
КГКТ – коллагеновый гидролизат из кожи трески;	ЖУС – жироудерживающая способность;
КГКК – коллагеновый гидролизат из кожи кеты;	ПНС – напряжение придельного сдвига;
с – дозировка ферментного препарата;	А – содержание аминокислоты;
t – продолжительность обработки;	С – аминокислотный скор;
КРК – коллагено-растительная композиция;	БЦ – биологическая ценность;
МЛ – мука из семян льна;	R_c – коэффициент рациональности аминокислотного состава;
МТ – мука из клубней топинамбура;	σ – показатель сопоставимой избыточности НАК
ФТС – функционально-технологические свойства;	МНТК – международная научно-техническая конференция;
ВСС – влагосвязывающая способность;	ВНТК – всероссийская научно-техническая конференция.
МНПК – международная научно-практическая конференция;	

Подписано в печать 19.12.2018

Формат 60×84 1/16

Печать лазерная. Усл. печ. л. 1

Заказ № 119 Тираж 100 экз.

Отпечатано в ФГБНУ
«ФИЦ пищевых систем
им. В.М. Горбатова» РАН
109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26