

На правах рукописи



Щетинский Всеволод Владимирович

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЫБНЫХ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ СРОКОМ ГОДНОСТИ  
НА ОСНОВЕ МАЛОИСПОЛЬЗУЕМОГО РЫБНОГО СЫРЬЯ  
СЕВЕРНОГО БАССЕЙНА**

**4.3.3. Пищевые системы**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**Диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Орел – 2026

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Мурманский арктический университет»

<b>Научный руководитель:</b>	Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологий пищевых производств, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Мурманский арктический университет» <b>Шокина Юлия Валерьевна</b>
<b>Официальные оппоненты:</b>	Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология продуктов питания», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет» <b>Максимова Светлана Николаевна</b>
<b>Ведущая организация:</b>	Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии продуктов питания, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет» <b>Титова Инна Марковна</b> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»)

Защита состоится: «26» мая 2026 года в 10 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций 24.2.353.05 при ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» по адресу: 302020 г. Орёл, Наугорское шоссе, д. 29 ауд. 212.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (<https://oreluniver.ru>)

Отзывы на автореферат, заверенные печатью организации направлять в диссертационный совет по адресу: 302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, д.95 E-mail: [simonenkova1@mail.ru](mailto:simonenkova1@mail.ru)

Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» <https://oreluniver.ru> и в сети интернет на сайте Министерства образования и науки РФ: <https://vak.minobrnauki.gov.ru> «20» марта 2026 года.

Автореферат разослан «10» апреля 2026 г.

Ученый секретарь  
Диссертационного совета,  
к.т.н, доцент



А.П. Симоненкова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Для решения главных задач рыбной отрасли, обозначенных в «Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года», а также в «Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации» (Указ Президента РФ от 21.01.2020 года) необходима реализация ряда мер по расширению промысловой базы, развитию комплексной глубокой переработки гидробионтов, повышению качества и конкурентоспособности продукции. В последние годы большое внимание уделяется популяризации здорового образа жизни и его неотъемлемой части – здорового питания, как базовой ценности российского общества. Одним из обязательных компонентов здорового питания являются гидробионты. Скаты являются наиболее массовым приловом при самых распространенных видах промысла на Северном бассейне – донном траловом и ярусном. Несмотря на фактическое изъятие, они практически не подвергаются глубокой переработке из-за отсутствия технологий, адаптированных к их особым функционально-технологическим свойствам, а также по причине не сформированного потребительского спроса. Особенностью ската звездчатого (колючего) (*Amblyraja radiata*) (далее – СЗ) является высокое содержание мочевины в мышечной ткани, как у всех хрящевых рыб, что снижает заинтересованность рыбопереработчиков в нем, как в сырье. Хрящевая ткань и мясо СЗ богаты хондроитинсульфатом (ХС), что позволяет рассматривать рыбу как перспективное сырье для получения обогащенных и функциональных продуктов питания и биологически-активных добавок. Для широкого вовлечения СЗ в промышленную переработку необходимы инновационные технологические решения, для которых наибольший потенциал представляют готовые к употреблению кулинарные изделия, являющиеся в настоящее время одним из наиболее активно развивающихся сегментов рынка пищевых продуктов.

Большой вклад в исследование возможности целевого промысла и промышленной переработки скатов в Северном бассейне внесли работы А.А. Грекова. Изыскания в области технологических и физико-химических свойств СЗ, использования его в качестве сырья для пищевых продуктов, источника ХС отражены в работах В.П. Скачкова, А.М. Ершова, В.В. Корчунова, Б.Ф. Петрова, Ю.В. Шокиной, И.В. Саенковой, С.П. Райбулова, А.П. Ярочкина, Г.Н. Тимчишиной и Т.П. Калиниченко, В.Ю. Новикова, М.Н. Порцель, Ю.А. Кучиной, Н.В. Долгопятовой. Теме разработки технологий рыбных кулинарных изделий посвящены труды Л.С. Абрамовой, Л.В. Антиповой, О.Я. Мезеновой, М.Е. Цибизовой, С.Н. Максимовой, В.В. Кращенко, А.А. Кочетковой, С.В. Золотокоповой.

Работа проводилась в соответствии с планом госбюджетных исследований кафедры технологии пищевых производств ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет» «Разработка методики автоматизированного проектирования рецептур при создании рыбных продуктов питания функционального назначения».

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования является научное обоснование технологического решения, направленного на вовлечение в промышленную переработку малоиспользуемого объекта промысла Северного бассейна ската звездчатого (колючего) (*Amblyraja radiata*) и разработка способа его использования в технологии комбинированного рыбного кулинарного изделия с пролонгированным сроком годности, обогащенного ХС.

Для достижения поставленной цели решались задачи:

- исследование розничного рынка рыбных кулинарных изделий в Мурманской области, изучение потребительских предпочтения и мотивации населения региона в отношении исследуемой группы рыбных товаров и обоснование ассортимента новых рыбных кулинарных изделий.

- изучение химического состава и технoхимических свойств малоиспользуемого объекта промысла Северного бассейна – СЗ;

- обоснование технологического решения для снижения массовой доли мочевины в мясе крыльев СЗ;

- выбор и обоснование методики определения массовой доли мочевины в рыбной пищевой продукции, адаптированной к особенностям исследуемых объектов, и оценка с ее помощью эффективности разработанного технологического решения по снижению массовой доли мочевины в мясе крыльев СЗ;

- разработка способа приготовления (технологии) комбинированного рыбного кулинарного изделия с использованием мяса крыльев СЗ на основе предложенного технологического решения для снижения массовой доли мочевины;

- исследование зависимости органолептических свойств нового комбинированного рыбного кулинарного изделия от соотношения основных рецептурных компонентов, математическое описание выявленной зависимости и проектирование с его использованием оптимальной рецептуры изделия;

- обоснование технологического решения для пролонгирования срока годности разработанного комбинированного рыбного кулинарного изделия;

- комплексная оценка качества нового комбинированного рыбного кулинарного изделия, исследование его пищевой и биологической ценности;

- разработка технической документации на новую продукцию, апробация разработанной технологии в опытно-промышленных условиях.

**Научная новизна.** Исследован технoхимический состав СЗ – малоиспользуемого объекта промысла Северного бассейна: общий химический состав мяса крыльев (боковых плавников) характеризуется высоким содержанием белка от 17,5 % до 18,9 % и низким содержанием жира от 0,3 % до 0,4 %; удельная поверхность крыльев СЗ от 0,2 до 0,4 м<sup>2</sup>/кг способствует эффективной тепловой обработке; выход крыльев – от 25,7 % до 31,0 % от массы целой рыбы, содержание мочевины в мясе крыльев – от 1,20 до 1,90 %.

Установлена зависимость массовой доли мочевины в мясе крыльев СЗ от способа (бланширование в воде, бланширование паром), температуры, величины гидромодуля (соотношение рыбы и воды при бланшировании водой) и длительности тепловой обработки, обоснован эффективный способ снижения

массовой доли мочевины в мясе крыльев СЗ – бланшированием в воде при температуре от 96 до 98 °С и гидромодуле (соотношение рыба:вода) 1:1 в течение 1 минуты.

Установлена зависимость органолептической оценки комбинированного рыбного кулинарного изделия с использованием мяса крыльев СЗ от соотношения основных компонентов рецептуры – доли мяса крыльев СЗ в рыбной компоненте и доли рыбной компоненты в полуфабрикате (ПФ) до финальной тепловой обработки (ФТО) запеканием.

С применением метода нечетких множеств, реализованного в программном пакете MatLab, получена математическая модель, формализующая установленную зависимость органолептической оценки комбинированного рыбного кулинарного изделия с использованием мяса крыльев СЗ от соотношения компонентов рецептуры изделия. Максимальную оценку изделия обеспечивает доля мяса крыльев СЗ 50 % от массы нетто рыбной компоненты ПФ изделия до ФТО и доля рыбной компоненты 28 % от массы нетто ПФ изделия до ФТО.

Исследовано влияние мяса крыльев СЗ на пищевую и биологическую ценность комбинированных рыбных кулинарных изделий. Установлено, что введение в состав рецептуры мяса крыльев СЗ обеспечивает сбалансированный химический состав изделия и содержание функционального пищевого ингредиента – полисахарида ХС в пересчете на порцию не менее 240 мг, что позволяет характеризовать разработанные комбинированные рыбные кулинарные изделия как обогащенные ХС.

**Практическая значимость работы.** Теоретически и экспериментально обосновано использование мяса крыльев СЗ в технологии комбинированных рыбных кулинарных изделий с пролонгированным сроком годности, характеризующихся повышенной биологической ценностью.

Предложена инструментальная методика для экспериментального определения массовой доли мочевины в пищевой рыбной продукции, адаптированная к особенностям исследуемых объектов.

Разработан способ снижения массовой доли мочевины в мясе крыльев СЗ путем кратковременной тепловой обработки (бланширование в воде, бланширование паром), подтверждена его эффективность.

Разработаны рецептуры и способ приготовления комбинированных рыбных кулинарных изделий «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами в сливочном соусе» и «Скат, запеченный с картофелем и грибами в сливочном соусе» с пролонгированным сроком годности. Новизна и практическая значимость разработанного технологического решения подтверждена Патентом РФ на изобретение № 2495599 «Способ приготовления кулинарного продукта из ската звездчатого (колючего)». Разработана и утверждена техническая документация ТУ 10.20.190 –118–00471633–2023 «Изделия рыбные кулинарные, обогащенные хондроитинсульфатом ската звездчатого, охлажденные и замороженные «Рыба, запеченная с гарниром в соусах». Технические условия».

Разработана шкала квалитетической оценки новых комбинированных рыбных кулинарных изделий с использованием мяса крыльев СЗ с повышенной биологической ценностью.

Результаты исследований успешно апробированы и внедрены в производство рыбных кулинарных изделий с пролонгированным сроком годности (замороженных) и охлажденных на ООО «Даная» (г. Мурманск, Россия); внедрены в учебный процесс подготовки бакалавров и магистров по направлениям подготовки 19.03.03 и 19.04.03 «Продукты питания животного происхождения», 19.03.01 «Пищевая биотехнология» и аспирантов по направлениям подготовки 19.06.01 «Промышленная экология и биотехнологии» и 4.3.3 «Пищевые системы».

**Положения, выносимые на защиту:** Научно-практическое обоснование применения малоиспользуемого объекта промысла Северного бассейна СЗ (мяса крыльев) в технологии комбинированных рыбных кулинарных изделий, характеризующихся повышенной пищевой и биологической ценностью.

Результаты изучения химического состава и технoхимических свойств СЗ.

Инструментальная методика для определения массовой доли мочевины в пищевой рыбной продукции, адаптированная к особенностям исследуемых объектов.

Результаты математического моделирования зависимости, характеризующей влияние соотношения основных рецептурных компонентов на органолептическую оценку комбинированного рыбного кулинарного изделия с использованием мяса крыльев СЗ, в программном пакете MatLab (метод нечетких множеств).

Рецептуры комбинированных рыбных кулинарных изделий «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами, в сливочном соусе» и «Скат, запеченный с картофелем и грибами, в сливочном соусе», спроектированные с применением полученной математической модели, и технология изготовления.

Шкала квалитетической оценки комбинированных рыбных кулинарных изделий с использованием мяса крыльев СЗ.

Результаты комплексной оценки качества, пищевой и биологической ценности разработанных комбинированных рыбных кулинарных изделий с использованием мяса крыльев СЗ на основе разработанной квалитетической шкалы.

Результаты экспериментального обоснования пролонгированного срока годности комбинированных рыбных кулинарных изделий с использованием мяса крыльев СЗ.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований по теме диссертации доложены на всероссийских, международных и региональных научных, научно-технических и научно-практических конференциях и форумах в период с 2010 по 2025 гг. Опытные образцы разработанных кулинарных изделий неоднократно представлялись на международных рыбопромышленных выставках (2010, 2013, 2016, 2019), где получали высокую оценку дегустаторов и завоевывали дипломы победителей дегустационных конкурсов.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 32 работы, в том числе 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 1 Патент РФ на изобретение, 1 – материалы международной научной конференции, индексируемые в базе WoS.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения и 6 глав, включающих аналитический обзор литературных источников, описание организации эксперимента, объектов и методов исследования, четырех глав, посвященных описанию результатов исследования и их обсуждению, а также содержит общие выводы по работе, список использованных источников и 10 приложений. Работа изложена на 227 страницах, иллюстрации включают 28 рисунков и 41 таблицу. Список источников включает 233 наименования, в том числе 14 иностранных источников.

### СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность, отмечена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, представлены положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** проведена оценка состояния запасов малоиспользуемых объектов промысла Северного бассейна. Выделены наиболее перспективные с точки зрения объемов и возможности добычи виды гидробионтов, среди которых – скат звездчатый (колючий). Рассмотрены современные направления переработки объектов промысла Северного бассейна. Дана характеристика состояния рыбокулинарного производства в Мурманской области и перспективные направления его развития. Выделены основные особенности развития современных технологий производства быстрозамороженных рыбных кулинарных изделий с оценкой ресурсов для расширения ассортимента. Приведен обзор актуальных исследований, посвященных применению в пищевых производствах натуральных загустителей, в том числе, для целей замораживания жидких соусов. Рассмотрены различные способы определения количественного содержания мочевины в различных объектах.

**Во второй главе** представлена структурная схема исследования (рис. 1), описаны объекты и методы исследования.

Экспериментальные исследования проводили на научно-исследовательской базе (лаборатории, центр исследования сырья и продуктов питания, учебно-экспериментальный цех) ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», лаборатории биохимии гидробионтов Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО») им. Н.М. Книповича (Россия, Мурманск), испытательной лаборатории «ИЛ Тест-Пушино» РАН (Россия, Московская область, г. Пушино).

Объектами исследования на различных этапах являлись:

- розничный рынок рыбной кулинарной продукции в г. Мурманске, а также потребительские предпочтения и мотивации жителей Мурманской области в отношении исследуемой группы рыбных товаров;

- коммерческие образцы мороженой рыбной продукции из ската звездчатого (колючего) (*Raja radiata*) (Отряд ромботелые *Rajiformes*, семейство ромбовые скаты – *Rajidae*, Род *Raja*) – скат неразделанный мороженный и крылья ската звездчатого мороженые, выработанные по технической документации

(ТУ 10.20.13-071-00471633-2018 «Скат мороженный. Технические условия») на рыбодобывающих траулерах компаний, зарегистрированных в г. Мурманске (Россия);

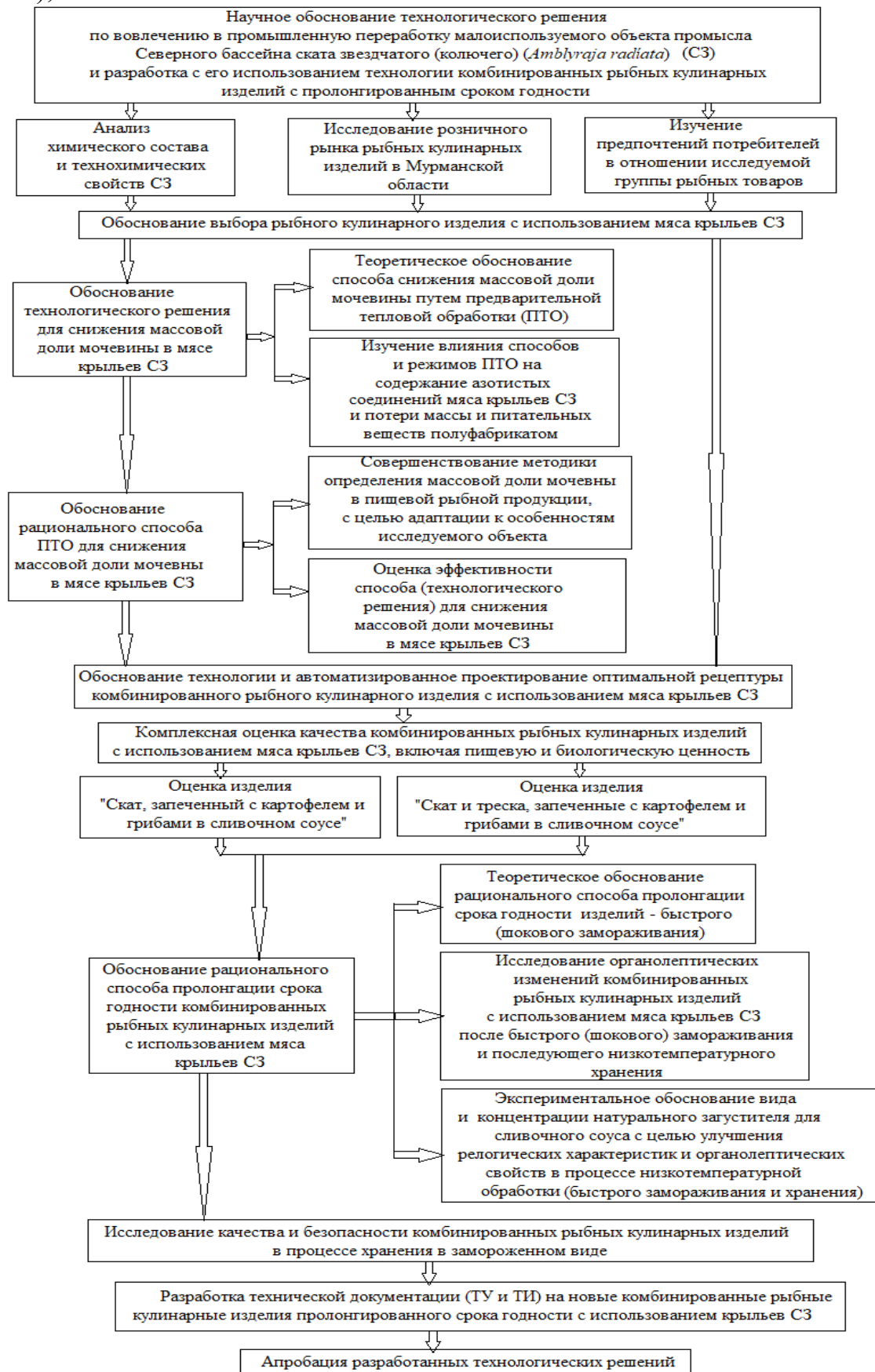


Рисунок 1 – Схема исследования

– опытные образцы комбинированных рыбных кулинарных изделий с использованием мяса крыльев СЗ охлажденные и замороженные, изготовленные по разработанной технологии, технологические режимы изготовления изделий.

В третьей главе представлены результаты маркетингового исследования. Показано, что региональный розничный рынок рыбных кулинарных изделий характеризуется стабильно высокими темпами роста. Ассортимент рыбных кулинарных изделий за период наблюдений (2015-2025 гг.) увеличился в 1,95 раза – с 39 до 76 наименований, значительно диверсифицировался, приобрел более сбалансированную структуру. В 2015 г. на рынке были представлены всего 5 категорий продукции с максимальной долей рынка 51 % у лидера (рис. 2а) – натуральных рыбных кулинарных изделий (рыба отварная, жареная, печеная, заливная и рыбные зельцы), то в 2025 году на рынке присутствует продукция 10 категорий с максимальной долей рынка у лидера менее 24 % (рис. 2б).

Коэффициенты устойчивости и новизны ассортимента рыбных кулинарных изделий составили 19,7 % и 80,3 % соответственно. Зафиксирован рост удельного веса рыбных кулинарных изделий со сложным рецептурным составом, характеризующихся многоэтапной технологической обработкой, позиционируемых потребителем как полноценный прием пищи. При этом на рынке практически отсутствуют обогащенные изделия, привлекательность которых растет у регионального потребителя. 76 % опрошенных потребителей приветствовали увеличение в своем рационе доли приобретаемых рыбных кулинарных изделий при условии достаточного расширения ассортимента, в том числе, за счет изделий, обогащенных ценными пищевыми ингредиентами с пролонгированным сроком годности без использования консервантов.

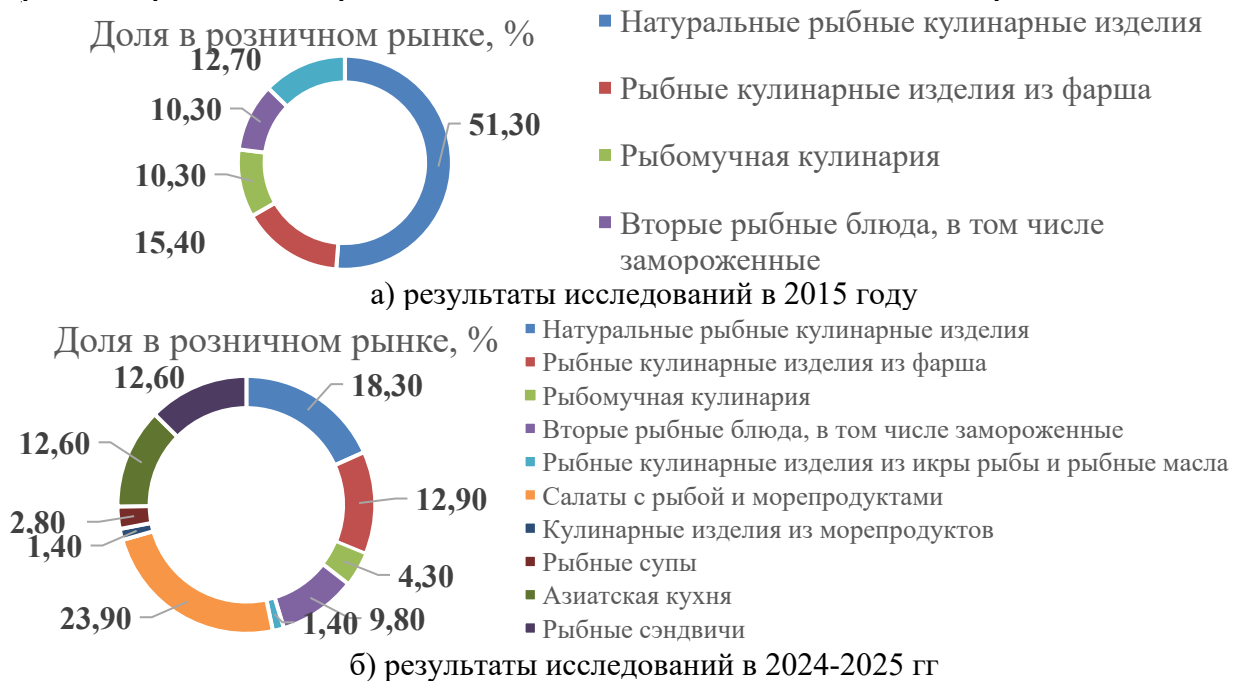


Рисунок 2. Сегментация розничного рынка рыбных кулинарных изделий в г. Мурманске

Среди потребительских предпочтений одну из лидирующих позиций занимает запеченная рыба, в том числе с гарнирами – 24 % от общего количества опрошенных.

**В четвертой главе** представлены результаты изучения технoхимического состава крыльев СЗ (табл. 1), которые показали, что к переработке на пищевые цели пригодны грудные плавники рыбы, характеризуемые высоким содержанием белка и функционального пищевого ингредиента – полисахарида ХС.

Таблица 1 - Размерно-массовый и химический состав мяса крыльев СЗ

Показатель, единица измерения		Результат эксперимента
Масса целой рыбы, г		1112,6±75,4
Плавники боковые, %		8,94±2,87
Крылья (плавники грудные), %		28,37±2,67
Внутренности, %		14,27±2,61
Голова, %		19,25±1,72
Тело, %		24,22±3,04
Хвост, %		3,24±0,72
Химический состав мышечной ткани крыльев СЗ, %	вода	77,9±2,39
	белок	18,21±0,77
	жир	0,35±0,07
	мочевина	1,30±0,10
Хондроитинсульфат <sup>1</sup> , % на сухое вещество хряща крыльев		15,51
Удельная поверхность крыльев ската, м <sup>2</sup> /кг		0,30±0,12
Толщина крыльев ската, мм		18±4
Примечание: <sup>1</sup> литературные данные (М.Н. Порцель, 2011)		

Для снижения массовой доли мочевины в мясе крыльев СЗ ниже 1,2 % (порог вкусовой чувствительности человека) на основании анализа существующих способов предложена ПТО крыльев СЗ, в процессе которой имеет место термическое разложение мочевины. В табл. 2 представлены результаты экспериментального обоснования способа и режимов ПТО крыльев СЗ.

Таблица 2 – Потери массы жира и белка в мясе крыльев СЗ при различных способах ПТО

Режим ПТО	Потери, %		
	массы	жира	белка
Бланширование водой (рыба:вода 1:1, 1 мин)	14,25±0,27	16,45±0,45	21,79±0,48
Бланширование водой (рыба:вода 1:1, 2,5 мин)	14,42±0,29	-	-
Бланширование водой (рыба:вода 1:2, 1 мин)	14,61±0,34	16,80±0,52	22,80±0,54
Бланширование паром (3 мин)	8,13±0,18	42,40±1,44	-
Бланширование паром (5 мин)	14,84±0,30	45,86±1,38	23,92±0,61

В ходе экспериментов установлена зависимость потерь массы и питательных веществ от способа ПТО и ее режимов. Как следует из табл. 2 максимальный выход ПФ при минимальных потерях питательных веществ обеспечивает способ бланширования крыльев СЗ водой при температуре от 96 до 98 °С (соотношение рыба:вода 1:1) в течении 1 минуты, который признан оптимальным по выбранным критериям, а именно – минимальные потери массы, белка и жира и облегчение разделки крыльев СЗ, покрытых грубой кожей с костными наростами.

Для оценки эффективности снижения массовой доли мочевины в мясе крыльев СЗ после ПТО предложена усовершенствованная методика определения содержания мочевины в мясе рыбы, в основе которой количественное определение карбамида в кормовой муке по ГОСТ Р 50032-92 фотокolorиметрическим методом. Экспериментально обоснованы изменения в стандартном методе, учитывающие особенности химического состава мышечной ткани хрящевых рыб и пищевой продукции на их основе. С использованием усовершенствованного метода установлено, что снижение массовой доли мочевины при ПТО крыльев СЗ разработанным способом по оптимальному режиму достигает от 45 % до 57 % от содержания в ПФ до ПТО (табл. 3).

Таблица 3 – Содержание мочевины в мясе ската до и после ПТО

Содержание мочевины до бланширования, %	Содержание мочевины после бланширования, %	Снижение содержания мочевины <sup>1</sup> , %	Среднее значение снижения содержания мочевины, %
1,82	1,00	45	50,33 ± 10,30
1,90	0,96	49	
1,73	0,74	57	
Примечание: <sup>1</sup> Показатель рассчитан с учетом потерь массы ПФ при ПТО.			

Массовая доля мочевины в ПФ после ПТО не превышает порогового значения 1,2 %, что является достаточным для дальнейшего использования при изготовлении рыбных кулинарных изделий.

Предложена базовая технологическая схема и рецептура (табл. 4) кулинарного изделия «Скат, запеченный с картофелем и грибами, в сливочном соусе».

Таблица 4 – Базовая рецептура «Скат, запеченный с картофелем и грибами в сливочном соусе»

Компонент	Масса сырья (брутто), г	Масса закладки ПФ на 1 ед. упаковки до ФТО (нетто), г
Крылья ската	179	100
Картофель	149	100
Шампиньоны	66	20
Лук репчатый	36	15
Масло растительное	15	15
Сыр	15	15
Мука	8	8
Соль	4,0	4,0
Сливки молочные (соус)	100	100
Масса ПФ		350
Выход изделия:		308

На основе базовой технологической схемы и рецептуры разработана технологическая схема изготовления кулинарного изделия «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами в сливочном соусе» (рис. 2), новые технологические операции, обоснованные по результатам исследования, выделены на рисунке цветом.

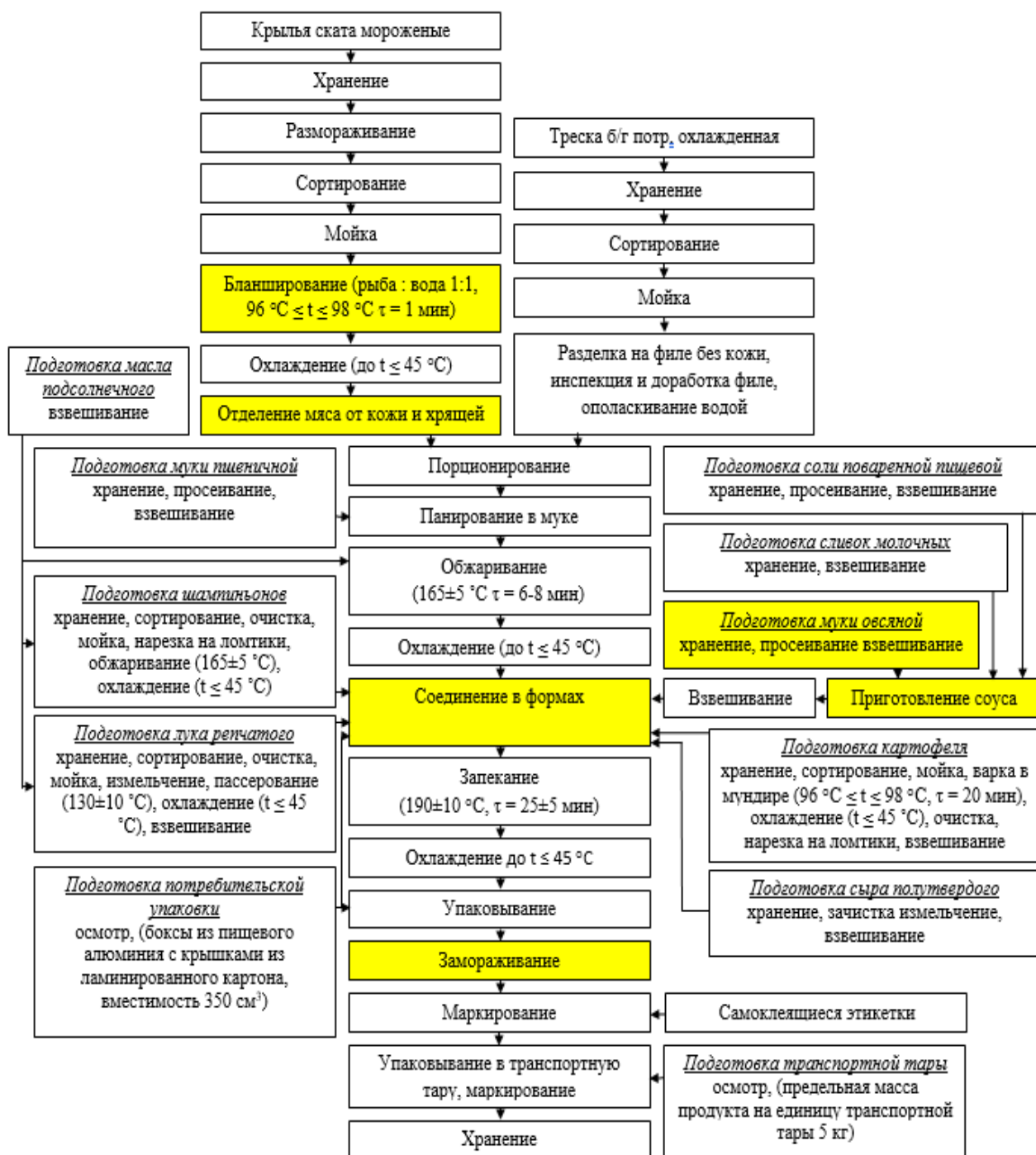


Рисунок 2 – Технологическая схема изготовления разработанного кулинарного изделия в охлажденном и замороженном виде

Автоматизированное проектирование оптимальной рецептуры нового комбинированного рыбного кулинарного изделия «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами, в сливочном соусе» выполняли в программном пакете MatLab с использованием метода нечеткой логики. Характеристика параметра оптимизации (выходной переменной), влияющих факторов (входные переменные) и матрица эксперимента приведены в табл. 5. Органолептическую оценку опытных образцов изделия проводили с использованием разработанной пятибалльной словесной шкалы. Принятый критерий оптимизации – достижение изделием максимально возможной органолептической оценки.

Таблица 5 – Матрица эксперимента по автоматизированному проектированию оптимальной рецептуры кулинарного изделия «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами, в сливочном соусе»

Переменная	Диапазон значения переменной	Лингвистический терм	Значение/диапазон значений терма
Входные переменные (влияющие факторы)			
X <sub>1</sub> , доля рыбной компоненты (doliaryby), % от массы нетто ПФ до ФТО	от 18,0 до 38,0	мало (malo)	18,0
		средне (sredne)	28,0
		много (mnogo)	38,0
X <sub>2</sub> , доля ската (doliaskata), % от массы рыбной компоненты ПФ до ФТО	от 5,0 до 95,0	мало (malo)	5,0
		средне (sredne)	50,0
		много (mnogo)	95,0
Выходная переменная (параметр оптимизации)			
X <sub>3</sub> органолептическая оценка изделия (organoleptika), суммарный балл	от 4,0 до 5,0	«udovletvoritelno»	от 4,00 до 4,50
		«priemlemo»	от 4,51 до 4,75
		«otlichno»	от 4,76 до 5,00

Для каждого из указанных факторов по результатам предварительных экспериментов установлены ограничения. Варьирование значениями переменных осуществляли за счет пропорционального изменения доли картофеля в ПФ до ФТО запеканием, а также изменения доли мяса трески атлантической в рыбной компоненте ПФ до ФТО. База знаний, сформированная по результатам органолептической оценки опытных образцов кулинарных изделий, изготовленных по 9 вариантам опытных рецептов представлена в табл. 6.

Таблица 6 – Правила (база знаний Rules)

№ п/п	Правило	Коэффициент весомости правила <sup>1</sup>
1	Если X <sub>1</sub> мало и X <sub>2</sub> мало, то X <sub>3</sub> приемлемо (4,68 б.)	1,0
2	Если X <sub>1</sub> мало и X <sub>2</sub> средне, то X <sub>3</sub> отлично (5,00 б.)	1,0
3	Если X <sub>1</sub> мало и X <sub>2</sub> много, то X <sub>3</sub> приемлемо (4,61 б.)	1,0
4	Если X <sub>1</sub> средне и X <sub>2</sub> мало, то X <sub>3</sub> приемлемо (4,65 б.)	1,0
5	Если X <sub>1</sub> средне и X <sub>2</sub> средне, то X <sub>3</sub> отлично (5,00 б.)	1,0
6	Если X <sub>1</sub> средне и X <sub>2</sub> много, то X <sub>3</sub> удовлетворительно (4,45 б.)	1,0
7	Если X <sub>1</sub> много и X <sub>2</sub> мало, то X <sub>3</sub> отлично (4,80 б.)	1,0
8	Если X <sub>1</sub> много и X <sub>2</sub> средне, то X <sub>3</sub> приемлемо (4,58 б.)	1,0
9	Если X <sub>1</sub> много и X <sub>2</sub> много, то X <sub>3</sub> удовлетворительно (4,15 б.)	1,0

Примечание:

<sup>1</sup>при варьировании одной входной переменной из двух, в рамках эксперимента, назначается коэффициент весомости правила 1,0.

На рис. 3 представлены результаты моделирования и оптимизации рецептуры кулинарного изделия в виде поверхности отклика.

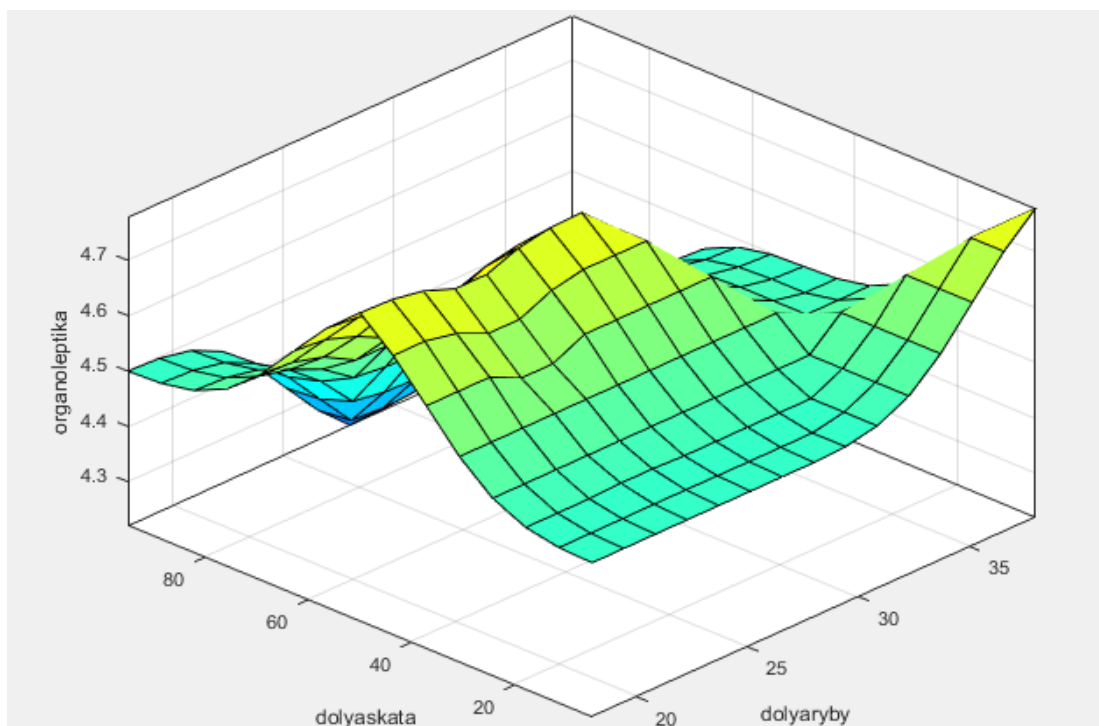


Рисунок 3 – Результаты моделирования и оптимизации рецептуры рыбного кулинарного изделия «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами, в сливочном соусе»: поверхность отклика

Из рис. 3 следует, что максимальной органолептической оценке в выбранной области факторного пространства соответствуют оптимальные значения влияющих факторов. Визуализация нечеткого вывода в программе MatLab показала, что этим значениям соответствуют: массовая доля рыбной компоненты в ПФ – 28,0 % от массы нетто ПФ до ФТО; массовая доля мяса крыльев СЗ в рыбной компоненте ПФ – 50,0 % от массы нетто рыбной компоненты ПФ до ФТО. Данное соотношение учтено в оптимальной рецептуре изделия (табл. 7).

Таблица 7 – Рецепт комбинированного рыбного кулинарного изделия «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами, в сливочном соусе» (на единицу потребительской упаковки)

Сырье	Масса, г	
	брутто	нетто
Крылья СЗ мороженые	89	50
Треска б/г потрошенная охлажденная	80	50
Картофель	149	100
Соус сливочный	100	100
Шампиньоны	66	20
Лук репчатый	36	15
Масло растительное	15	15
Сыр	15	15
Мука	8	8
Соль	4,0	4,0
Масса ПФ	350	
Выход изделия	308	

Для расширения рынка сбыта и увеличения срока годности разработанных изделий с 36 часов в охлажденном виде до 120 суток, предложено применить шоковое замораживание.

При размораживании и последующем доведении кулинарного изделия до температуры подачи было отмечено ухудшение органолептических свойств соуса из-за расслоения, вследствие перераспределения влаги и сухих веществ, а также частичной денатурации белков при шоковом замораживании (рис. 4).

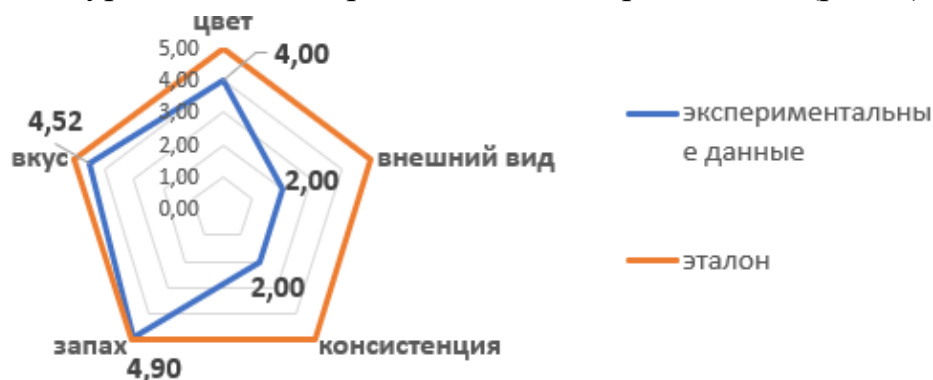


Рисунок 4. Профилограмма органолептической оценки опытных образцов сливочного соуса, изготовленного по базовой рецептуре (без добавления загустителя), подвергнутого замораживанию и хранению, после дефростации

Для решения этой проблемы предложено ввести в состав соуса натуральные загустители – овсяную, рисовую и кукурузную муку в концентрациях от 1,5 % до 4,5 % на массу соуса. При приготовлении опытных образцов соуса использовали молочные сливки жирностью 22 %.

На рис. 5 представлены результаты оценки органолептических свойств опытных образцов соусов по разработанной пятибалльной словесной шкале.

Из рис. 5 видно, что наивысшую органолептическую оценку получили опытные образцы сливочного соуса: с добавлением кукурузной муки в количестве 1,5 % и 2,5 % на массу соуса; с добавлением рисовой муки в количестве 1,5 % на массу соуса; с добавлением овсяной муки в количестве 3,5 % на массу соуса. Каждый из перечисленных соусов имеет приятный сливочный аромат и однородную консистенцию. Результаты оценки реологических свойств соусов по показателю эффективной вязкости представлены на рис. 6,7.

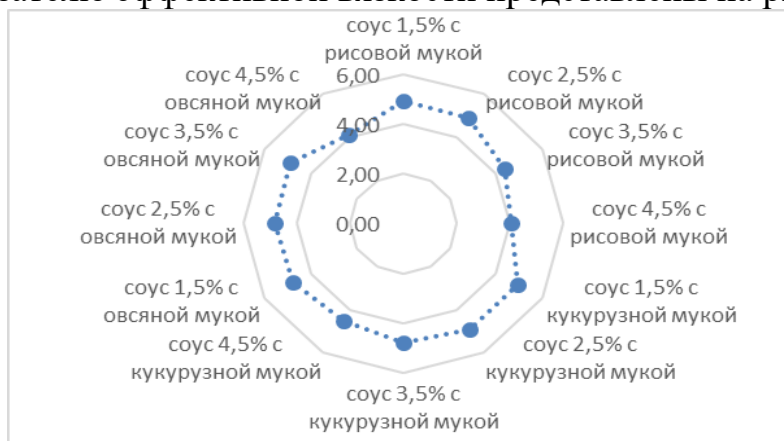


Рисунок 5. Органолептическая оценка опытных образцов сливочного соуса с различными загустителями, подвергнутого шоковому замораживанию, после дефростации и разогрева до температуры  $60 \pm 2$  °С, балл

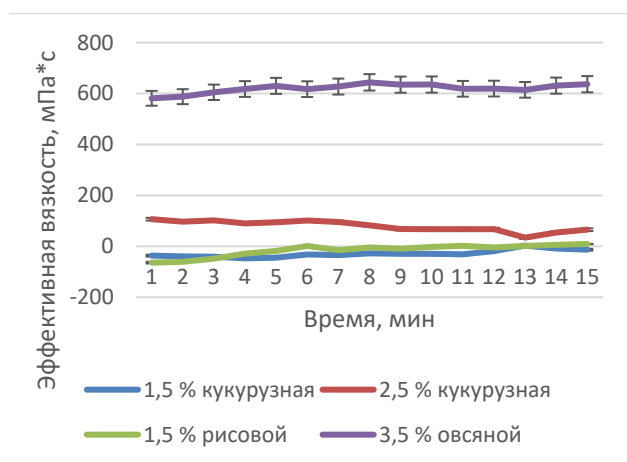


Рисунок 6. Показатель эффективной вязкости соусов,  $\eta$ , мПа·с, до замораживания

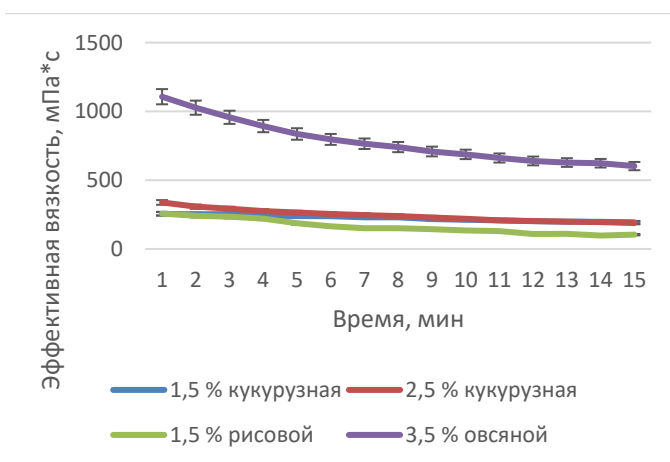


Рисунок 7. Показатель эффективной вязкости соусов,  $\eta$ , мПа·с, после дефростации и разогрева

Исследование проводили после хранения замороженных соусов при температуре минус  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 7 суток и разогрева до температуры подачи кулинарных изделий  $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Как видно из рис. 6-7 только у образца соуса с овсяной мукой (3,5 %) показатель эффективной вязкости достигает в процессе измерения значений, полученных до шоковой заморозки, что косвенно свидетельствует о достижении более стабильной структуры. По совокупности результатов органолептической оценки и исследования реологических свойств, оптимальной признана рецептура сливочного соуса с добавлением 3,5 % овсяной муки. Технологическая схема изготовления соуса приведена на рис. 8, оптимальная рецептура в табл. 8



Рисунок 8. Технологическая схема изготовления сливочного соуса (усовершенствованная)

Таблица 8 – Оптимальная рецептура сливочного соуса для комбинированных рыбных кулинарных изделий из крыльев СЗ

Сырье	Расход, кг	Отходы и потери при подготовке, % от массы	Отходы и потери при ТО, % от массы
Сливки 22% жирности	103,0	-	10
Мука овсяная	3,5	1,0	-
Соль поваренная	4,0	1,0	-
Выход, кг	100		

Разработана шкала комплексной оценки качества (КОК) новых рыбных кулинарных изделий на основе принципов квалиметрии. Достигнуты высокие значения КОК, а именно 82 % для изделия «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами, в сливочном соусе» и 73 % для изделия «Скат, запеченный с картофелем и грибами, в сливочном соусе». Экспериментально установленные показатели пищевой ценности разработанных рыбных кулинарных изделий приведены в табл. 9.

Таблица 9 - Показатели пищевой ценности новых рыбных кулинарных изделий с пролонгированным сроком годности, на 100 г изделия

Наименование изделия	Содержание, г			Энергетическая ценность, ккал/кДж <sup>1</sup>	ХС, мг
	Белок	Жир	Углеводы		
«Скат, запеченный с картофелем и грибами в сливочном соусе»	8,5	8	9	150/ 610	172
«Скат и треска, запеченная с картофелем и грибами в сливочном соусе»	8	8	9	140/ 610	78

Примечание:  
<sup>1</sup>приведенные значения показателей округлены в соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»

Из табл. 9 следует, что в одной потребительской упаковке массой нетто 308 г комбинированного изделия «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами, в сливочном соусе» содержится белка около 35 % от физиологической нормы суточного потребления и около 30 % аналогичной нормы, установленной для жира. Высокое содержание ХС (от 240 до 530 мг на одну потребительскую упаковку изделия) позволяет отнести изделие к продуктам, обогащенным этим полисахаридом, обладающим хондропротекторным и хондростимулирующим действием.

Биологическую ценность белка разработанных изделий оценивали по показателям: коэффициент утилитарности аминокислотного состава белка, доли единицы (д.е.); индекс незаменимых аминокислот (ИНАК или индекс Осера), усл. ед.

Результаты экспериментального определения аминокислотного состава белка кулинарного изделия «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами, в сливочном соусе», а также расчета показателей биологической ценности представлены в табл. 10, 11.

Таблица 10 – Аминокислотный состав и показатели биологической ценности белка рыбного кулинарного изделия «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами в сливочном соусе»

Незаменимая аминокислота (НАК)	Эталон ФАО/ВОЗ, г/100 г белка <sup>1</sup>	Содержание НАК в готовой продукции, г/100 г продукта	Содержание НАК в готовой продукции, г/100 г белка, $A_j$	Аминокислотный скор, д. е. $C_j$	Утилитарность $a_j = \frac{C_{мин}}{C_j}$
Валин	3,90	0,520	6,47	1,66	0,83
Изолейцин	3,00	0,460	5,73	1,91	0,72
Лейцин	5,90	0,790	9,83	1,67	0,83
Лизин	4,50	0,500	6,22	1,38	1,00
Метионин	1,60	0,206	2,56	1,60	0,86
Цистин	0,60	0,144	1,79	2,99	0,46
Треонин	2,30	0,417	5,19	2,26	0,61
Триптофан	0,60	0,119	1,48	2,47	0,56
Фенилаланин + тирозин	3,00	0,770	9,59	3,20	0,43
Гистидин	1,50	0,230	2,86	1,91	0,72

Примечание:  
 $C_{мин}$  – минимальный скор незаменимой аминокислоты (лизин);  
<sup>1</sup>в соответствии с данными доклада «Потребность в белках и аминокислотах в питании человека: отчет о совместной консультации экспертов ФАО/ВОЗ/ООН».

Анализ таб. 10 показал, что белок кулинарного изделия биологически полноценный, поскольку содержит все незаменимые аминокислоты в количествах, превышающих значения шкалы НАМК эталонного белка.

Минимальный скор незаменимой аминокислоты лизина 1,38, а максимальный – у пары незаменимых аминокислот «Фенилаланин+Тирозин» составил 3,20.

Таблица 11 – Показатели биологической ценности разработанных комбинированных рыбных кулинарных изделий

Продукция	Показатели биологической ценности		
	БЦ, %	коэффициент утилитарности аминокислотного состава белка, доли единицы $U$ , (д.е.)	индекс незаменимых аминокислот ИНАК (индекс Осера), усл. ед.
«Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами, в сливочном соусе» (расчетные данные)	45	0,77	1,90
«Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами в сливочном соусе» (экспериментальные данные)	28	0,78	2,03

Исследована сохраняемость разработанных кулинарных изделий и экспериментально обоснованы пролонгированные сроки годности. Исследования проводили в соответствии с требованиями МУК 4.2.1847-04. Программа исследований разработана с учетом предполагаемого срока годности 120 суток (для изделий, подвергнутых шоковой заморозке); коэффициент

резерва составил 1,2 (144 суток). Изделия исследовали по показателям безопасности (ТР ЕАЭС 040/2016, ТР ТС 021/2011), по органолептическим показателям, жировую компоненту продукта исследовали на признаки окислительной и гидролизной порчи (альдегидное (АЧ) и кислотное (КЧ) числа), также исследовали показатели, характеризующие изменения белков в составе изделий (массовая доля аминного азота (АА), массовая доля азота летучих оснований (АЛО)). Результаты представлены на рис. 9-13.

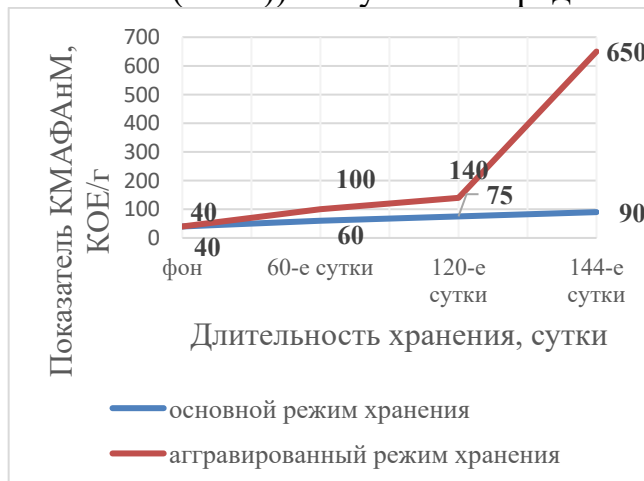


Рисунок 9. Изменение показателя КМАФАнМ в процессе хранения

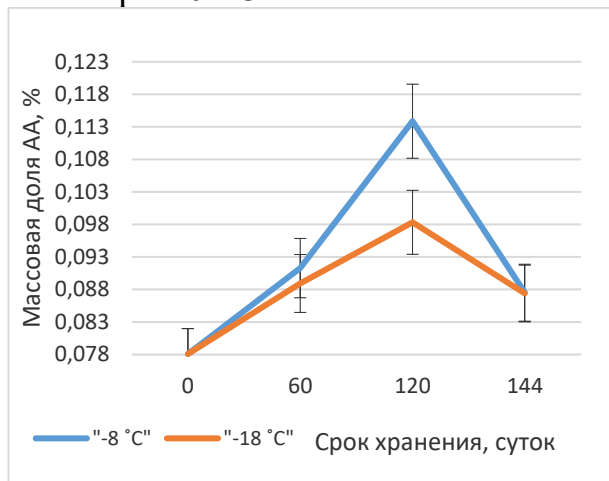


Рисунок 10. Изменение показателя АА в процессе хранения

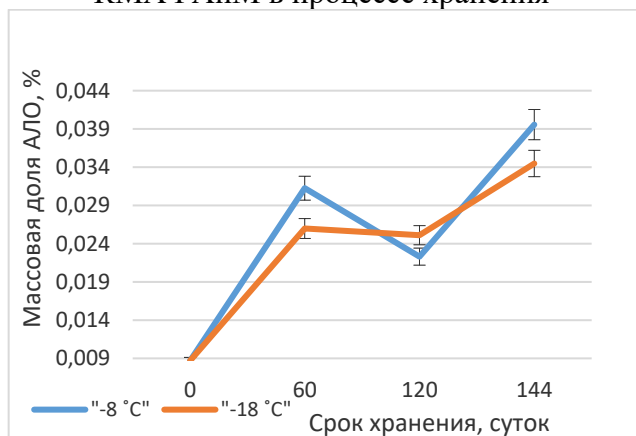


Рисунок 11. Изменение показателя АЛО в процессе хранения

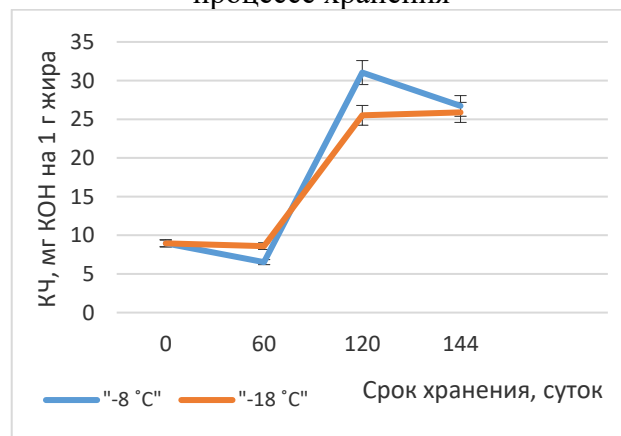


Рисунок 12. Изменение показателя КЧ в процессе хранения

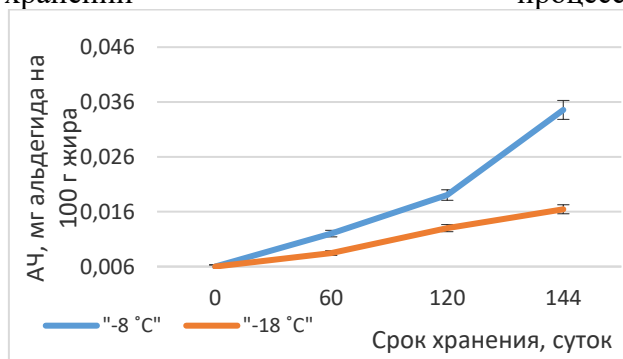


Рисунок 13. Изменение показателя АЧ в процессе хранения

Как следует из рис. 9-13, за весь период исследования показатели безопасности изделия не превысили допустимых значений, а физико-химические

показатели находились в общепринятых для низкотемпературного хранения аналогичных комбинированных продуктов пределах.

Органолептические показатели кулинарного изделия каких-либо значимых изменений не претерпели - на 144-е сутки хранения дегустаторами было отмечено соответствие требованиям, характеризующим отличное качество. Таким образом установлен рекомендованный срок годности быстрозамороженных разработанных изделий 120 суток при температуре хранения не выше минус 18 °С.

**В пятой главе** представлен расчет экономического эффекта от внедрения разработанной технологии в производство. Производство разработанных рыбных кулинарных изделий характеризуется рентабельностью около 50 %. Чистая прибыль при объеме производства 1000 кг/смену кулинарных изделий с добавлением мяса ската превышает аналогичный показатель при том же объеме производства кулинарных изделий без добавления мяса ската на 3 %, что в годовом исчислении позволяет рассчитывать на дополнительную прибыль предприятия в размере 2600,64 тыс. руб. Разработанные технологии изготовления кулинарных изделий легли в основу соответствующих ТУ и ТИ, внедрены на предприятии ООО «Даная» (г. Мурманск, Россия). Результаты научно-исследовательской деятельности одобрены к внедрению в учебный процесс.

## **ВЫВОДЫ**

1. Проведено исследование розничного рынка рыбных кулинарных изделий в Мурманской области, которое показало расширение ассортимента в 1,95 раза за последние десять лет. За период наблюдений рынок рыбной кулинарии в регионе значительно диверсифицировался и характеризуется высоким коэффициентом новизны ассортимента (80,3 %) с тенденцией к росту сегмента изделий, характеризующихся как полноценный прием пищи. Установлено наличие высокого неудовлетворенного спроса на рыбные кулинарные изделия категории «рыба, запеченная, в том числе с гарниром» с пролонгированным сроком годности, что позволило обосновать ассортимент новых комбинированных рыбных кулинарных изделий.

2. Экспериментально исследованы технoхимические свойства СЗ и химический состав съедобной части рыбы – крыльев (парных грудных плавников). Установлено, что мясо крыльев СЗ характеризуется высоким содержанием белка  $18,21 \pm 0,77$  % и низким содержанием жира  $0,35 \pm 0,07$  %, высоким содержанием функционального пищевого ингредиента – полисахарида ХС 15,51 % в пересчете на сухое вещество, что делает технологически целесообразным промышленную переработку СЗ на пищевые цели.

3. Исследовано влияние способов и технологических режимов ПТО на потери массы, питательных веществ и массовую долю мочевины в мясе крыльев СЗ. Экспериментально обосновано технологическое решение по снижению массовой доли мочевины в мясе крыльев СЗ путем ПТО при температуре выше термического порога разложения мочевины – бланшированием крыльев СЗ в воде при температуре от 96 до 98 °С, гидромодуле рыба:вода 1:1 в течение 1 минуты.

4. В качестве базовой методики определения мочевины обоснованно выбран метод по ГОСТ Р 50032-92, который адаптирован к свойствам пищевой продукции из хрящевых рыб. С помощью адаптированной методики экспериментально подтверждена эффективность разработанного технологического решения по снижению массовой доли мочевины в мясе крыльев СЗ – наблюдаемое снижение массовой доли мочевины составляет от 45 до 57 % от ее исходного содержания с учетом потерь массы при обработке.

5. Разработан способ приготовления (технология) комбинированного рыбного кулинарного изделия «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами в сливочном соусе» на основе бланширования крыльев СЗ водой при температуре от 96 до 98 °С с целью снижения в мясе рыбы массовой доли мочевины и упрощения дальнейшей технологической обработки. Получен патент РФ на изобретение «Способ приготовления кулинарного продукта из ската колючего (звездчатого)» (№2495599).

6. Исследована зависимость органолептических показателей качества нового комбинированного рыбного кулинарного изделия от соотношения основных рецептурных компонентов – мяса крыльев СЗ в составе рыбной компоненты ПФ изделия и рыбной компоненты в составе ПФ комбинированного изделия. С использованием метода нечетких множеств, реализованного в программном пакете MatLab, получена математическая модель, описывающая установленную зависимость, по заданным критериям спроектирована оптимальная рецептура изделия.

7. Комплексными экспериментальными исследованиями биохимических, микробиологических и органолептических изменений, протекающих в процессе хранения при температуре минус (20±2) °С в разработанном кулинарном изделии, научно обоснована целесообразность его быстрого (шокового) замораживания для пролонгации срока годности с 36 часов до 120 суток при температуре хранения не выше минус 18 °С.

8. Разработана шкала комплексной оценки качества разработанных комбинированных рыбных кулинарных изделий, с помощью которой установлены высокие значения комплексного показателя качества (73 % и 82 % от эталона). Экспериментально исследованы показатели пищевой ценности и биологической ценности белка разработанных изделий: содержание белков, жиров и углеводов в 100 г изделия составляет от 8 до 8,5 г, 8 г и 9 г соответственно. Экспериментально установлено отсутствие лимитирующих аминокислот в белке и содержание физиологического пищевого ингредиента – полисахарида ХС в количестве от 78 до 172 мг в 100 граммах изделия, что позволяет классифицировать их как обогащённые ХС.

9. Разработана и утверждена техническая документация на новые рыбные кулинарные изделия ТУ 10.20.190–118–00471633–2023 «Изделия рыбные кулинарные, обогащенные хондроитинсульфатом ската звездчатого, охлажденные и замороженные «Рыба, запеченная с гарниром в соусах». Технические условия» и ТИ. Выполнена оценка экономического эффекта от внедрения разработанных технологических решений, подтвердившая целесообразность их производственного внедрения.

**Перечень наиболее значимых работ, опубликованных по материалам диссертации:**

**Материалы конференций, индексируемые в базе данных WoS**

1. Shchetinskiy, Vsevolod and Boris Petrov. “Exploration of Northern Commercial Fishing Area Resources and Sustainable Use Challenges and Ways to Resolve them.” KnE Life Sciences (2020): 763–770-763–770.

**Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК**

2. **Щетинский В.В.** Разработка технологии нового мучного кулинарного рыбного изделия, обогащенного йодом ламинарии беломорской / К.Н. Савкина, П.А. Тихонова, В.В. Щетинский, Ю.В. Шокина // Вестник МГТУ. 2025. Т. 27, № 3. С. 131-143.

3. **Щетинский В.В.** Разработка технологического решения, направленного на улучшение потребительских свойств нового рыбного кулинарного изделия, обогащенного хондроитинсульфатом ската звездчатого / В.В. Щетинский, Ю.В. Шокина, А.Л. Никифоров-Никишин // Вестник МГТУ. 2024. Т. 27, № 3. С. 424-436. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-3-424-436>.

4. **Щетинский В.В.** Комплексная оценка качества рыбного кулинарного изделия на основе ската звездчатого (колючего) / В.В. Щетинский, Ю.В. Шокина // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 69, № 3. С. 96-109.

5. **Щетинский В.В.** Обоснование режимов тепловой обработки полуфабриката из ската звездчатого при производстве рыбной кулинарной продукции функционального назначения (тезисы доклада) / В. В. Щетинский, Ю. В. Шокина, В.В. Павлова, С.В. Саенкова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2014. - № 1 (59)

6. **Щетинский В.В.** Актуальные вопросы переработки ската колючего на пищевые цели / В.В. Щетинский, Ю. В. Шокина, Н.Е. Обухова // Рыбное хозяйство. – Москва, 2013. – № 2. – С. 104-107.

**Объекты интеллектуальной собственности**

7. Пат. 2495599 Российская Федерация, МПК А23L 1/325 (2006.01) / Ю.В. Шокина, Щетинский В.В., Обухова Н.Е.; заявитель и патентообладатель МГТУ. – заявл. № 2012123490/13, 06.06.2012 ; опубл. 20.10.2013, Бюлл. № 29.

**В других периодических изданиях и материалах конференций**

8. **Щетинский В.В.** К вопросу об актуальности разработки технологии рыбного кулинарного изделия на основе использования нетрадиционных объектов промысла Северного бассейна / В.В. Щетинский, Ю. В. Шокина // 68-й Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, посвящённая 30-летию со дня присвоения АТИРПиХ статуса технического университета (68-я МНК АГТУ) : матер. науч. конф. (Астрахань, 27-31 мая 2024 г.), Астрахань : Изд-во АГТУ, 2024. – С. 696-699.

9. **Щетинский В.В.** К вопросу об актуальности разработки обогащенных продуктов питания с использованием рыбного сырья Северного бассейна / В.В. Щетинский, Ю. В. Шокина // Наука, общество, культура: проблемы и перспективы взаимодействия в современном мире Сборник статей III

Всероссийской научно-практической конференции. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2021. – С. 226-230.

10. **Щетинский В.В.** Пролонгирование сроков годности функционального кулинарного продукта – «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами в сливочном соусе» / В.В. Щетинский, Ю. В. Шокина, Е.А. Тациенко, Ю.А. Кучина // I Национальная научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные проблемы техники, технологии и образования»: сборник тезисов докладов участников пула научно-практических конференций (г. Керчь – г. Сочи, 23 – 27 января 2020 г.). – Керчь, 2020. С. 53-55.

11. **Щетинский В.В.** Исследование реологических свойств соусов в технологии быстрозамороженной рыбной кулинарной продукции «Скат и треска, запеченные с картофелем и грибами в сливочном соусе» / В.В. Щетинский, Ю. В. Шокина, Ю.А. Кучина // Всероссийская научно-практическая конференция «Наука и образование – 2020» 1 декабря 2020 г. Мурманск : сборник материалов : Изд-во МГТУ, Мурманск, 2020. – С. 290-295.

12. **Щетинский, В.В.** Совершенствование методики определения количественного содержания карбамида для оценки эффективности его удаления из сырья - хрящевых рыб Северного бассейна и продукции их переработки / В. В. Щетинский // Европейский научный форум студентов и учащихся : сборник статей Международной научно-исследовательской конференции, Петрозаводск, 30 апреля 2019 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2019. – С. 139-146.

13. **Щетинский В.В.** Обоснование сверхбыстрого замораживания как эффективного способа пролонгирования сроков годности рыбных кулинарных изделий с функциональными свойствами из недоиспользуемых объектов промысла Арктического бассейна / В.С. Жмайлик, Е.А. Тациенко, В.В. Павлова, Ю.В. Шокина // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств : материалы международной научно-практической конференции, в 2х частях, Мурманск, 07 апреля 2017 года / Мур-манский государственный технический университет. Том 2. – Мурманск: Мурманский государственный технический университет, 2017. – С. 68-69.

14. **Щетинский В.В.** Применение метода нечеткого моделирования для оптимизации рецептур рыбных кулинарных изделий специализированного назначения из ската звездчатого / В.В. Щетинский, Ю.В. Шокина, В.В. Павлова, С.В. Саенкова, В.С. Жмайлик // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств : материалы международной научно-практической конференции, Мурманск, 8 апреля 2016 г. : в 2 ч. : ч. 2 / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мурманский государственный технический университет». – Мурманск: МГТУ, 2016. – С. 22-26.