

На правах рукописи

*М. Белова*

БЕЛОВА МАРИНА ПАВЛОВНА

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ  
РЫБНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ И КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
ДИАБЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

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 «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ»)

Научный руководитель кандидат технических наук, доцент  
**Титова Инна Марковна**

Официальные оппоненты:

**Абрамова Любовь Сергеевна** - доктор технических наук, профессор, ФГБНУ «ВНИРО», Департамент мониторинга среды обитания, водных биоресурсов и продуктов их переработки, советник по качеству рыбной продукции

**Битютская Ольга Евгеньевна** - кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», кафедра технологии продуктов питания, заведующая кафедрой

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет»

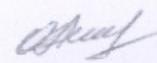
Защита диссертации состоится 21 февраля 2019 г. в 12.00 ч. на заседании диссертационного совета Д307.007.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» по адресу: 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1, зал заседаний совета (ауд. 255).

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

<http://www.klgtu.ru/science/diss/soviet/dissertatsii/year2018/19668/>

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 работы.** Постановлением Правительства РФ № 715 от 01.12.2004 г. «Об утверждении перечня социально значимых заболеваний и перечня заболеваний, представляющих опасность для окружающих» был утвержден список социально значимых заболеваний. В этот перечень входит и сахарный диабет. По данным Федерального регистра больных на 1 января 2017 года в России зарегистрировано 4 миллиона 348 тысяч человек, больных диабетом, из них 94 % страдают сахарным диабетом 2 типа (СД2).

Одним из важных элементов лечения больных СД2 является диетотерапия, которая предусматривает включение в рационы питания продуктов с повышенным содержанием белковых соединений, пищевых волокон, ПНЖК, минеральных веществ и витаминов, а также продуктов с измененным углеводным профилем (Приказ Минздрава РФ от 5 августа 2003 г. № 330 "О мерах по совершенствованию лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях Российской Федерации"). Последние данные нутрициологии рекомендуют использовать в диетотерапии преимущественно продукты с низким гликемическим индексом. Продукция на основе рыбного сырья рекомендуется для питания данной группы потребителей с учетом установленных ограничений (Линич, Сафонова, 2017).

Анализ рыбного рынка России показал, что объем производства товарной аквакультуры по итогам января-июня 2017 года превысил 71 тыс. тонн, что на 12 % больше показателя за аналогичный период предшествующего года.

Объекты аквакультуры имеют особенности: наличие большого количества мелких мышечных костей (такие виды как карп, толстолобик), проявляющийся иногда специфический привкус, что ограничивает их реализацию в свежем виде. Поэтому целесообразнее использовать данное сырье в переработанном виде в сочетании с другими видами рыб искусственного разведения и растительными компонентами, которые являются источниками ценных белков, углеводов, пищевых волокон, витаминов, макро- и микроэлементов. Особый интерес представляют наиболее распространенные в РФ объекты аквакультуры – карп, толстолобик, форель.

Вместе с тем, исследований по разработке рыборастительных продуктов, рекомендуемых для диабетического профилактического питания, изготавливаемых на основе природных источников биологически активных веществ, проводится недостаточно. Более того, имеющийся ассортимент продукции ограничивается, в основном, хлебобулочными и кондитерскими изделиями.

Одним из путей решения данной проблемы является разработка ассортимента рыборастительной продукции для диабетического питания, которая являлась бы эффективным способом обеспечения организма человека обоснованным количеством функционально необходимых макро- и микронутриентов, при этом не требовалось бы изменений привычного пищевого рациона и образа жизни.

**Степень разработанности темы исследования.** Проблемам разработки и совершенствования технологий производства рыбопродукции на основе объектов аквакультуры посвятили свои работы Л.С. Абрамова (2005), Л.В. Антипова (2010), А.А. Горбатовский (2006), С.П. Григоренко (2004), В.А. Гроховский (2011), О.П. Дворянинова (2013), Е.Е. Иванова (2005), Е.В. Калач (2011), Н.В. Криницкая (1989), Т.М. Недосекова (2004), О.Ф. Низковская (2009), Т.С. Одинцова (2001), Е.Ф. Рамбеза (2004), О.В. Скрипко (2008), Е.С. Стаценко (2004), Ж.Г. Прокопец (2002), Kudlik G. (1988), Kim J.S. (2006), Munker W. (1988), Park J. (2008), Parrish C. (1998), Joseph (1987), Stauffe A. (1996) и другие отечественные и зарубежные исследователи.

Однако, несмотря на большой объём исследований по разработке рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий, а также специализированных диабетических продуктов, новые технологические решения по использованию мышечной ткани рыб, выращенных в аквакультуре, в производстве диабетических продуктов с низким гликемическим индексом оказались недостаточно проработаны.

**Цель и задачи исследования.** Целью настоящего исследования является научное обоснование и разработка технологий рыборастительных изделий в виде полуфабрикатов и кулинарной продукции на основе отечественных объектов аквакультуры с использованием растительных компонентов с низким гликемическим индексом.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить рыночный потенциал рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий диабетического назначения методом анкетирования;
- исследовать пищевую ценность, функционально-технологические свойства мышечной ткани объектов аквакультуры, выращиваемых в Калининградской и Белгородской областях;
- обосновать выбор растительных ингредиентов по пищевой ценности и уровню гликемического индекса;
- осуществить математический расчет и оптимизацию рецептур замороженных рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий;
- обосновать параметры тепловой обработки рыбных полуфабрикатов;
- исследовать показатели качества, безопасности, пищевую ценность и гликемический индекс разработанных продуктов;
- обосновать сроки годности рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий диабетического назначения;
- разработать техническую документацию на новые виды продукции, осуществить промышленную апробацию разработанных технологий и рассчитать их экономическую эффективность.

**Научная новизна работы.** Обоснован выбор объектов аквакультуры и компонентов растительного происхождения, обеспечивающих требуемые показатели консистенции, высокую биологическую ценность новых рыборастительных изделий в виде полуфабрикатов и кулинарной продукции,

соответствующих по содержанию пищевых волокон и гликемическому индексу значениям, рекомендуемым для продукции диабетической направленности.

С применением метода математического моделирования спроектированы рецептуры рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий, характеризующиеся привлекательными органолептическими показателями и высокой пищевой ценностью.

Установлен эмпирический коэффициент, позволяющий определить размерно-массовые характеристики компонентов рыбного полуфабриката, для достижения их одновременной кулинарной готовности методом СВЧ-обработки.

Исследованы изменения показателей качества и безопасности рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий в процессе холодильного хранения.

Экспериментально установлен гликемический индекс разработанных рыбных продуктов, соответствующий рекомендуемым для диабетиков значениям.

Новизна разработанной технологии производства рыбных полуфабрикатов подтверждена Патентом РФ № 2565228 «Способ получения рыбного полуфабриката».

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Разработанные технологии способствуют решению одной из приоритетных задач экономики страны – обеспечение населения качественной, безопасной, сбалансированной по пищевым ингредиентам продукции с высокими потребительскими свойствами. Практическая значимость работы заключается в расширении ассортимента рыборастительной продукции из объектов аквакультуры. Разработаны и экспериментально обоснованы технологические решения производства рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий на основе мышечной ткани карпа, толстолобика, форели и растительного сырья с низким гликемическим индексом. Установлены сроки годности продукции. На продукцию разработана и утверждена техническая документация: ТУ 10.20.25-005-00471544-2017 «Полуфабрикаты рыбные замороженные. Технические условия» и ТУ 10.85.12-006-00471544-2017 «Изделия рыбные кулинарные. Технические условия» и соответствующие технологические инструкции

Разработанные технологии апробированы в производственных условиях ООО «СК Калининград» и ИП Годин М.В. Показана экономическая эффективность внедрения разработки в производство. Результаты представленных исследований были внедрены в образовательный процесс ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» по направлениям подготовки бакалавров 19.03.03 Продукты питания животного происхождения и магистров 19.04.03 Продукты питания животного происхождения.

**Методы исследования.** В работе использовали общепринятые современные органолептические, химические, физические, биохимические и микробиологические методы исследований сырья и готовой продукции, а также методы оптимизации параметров процессов и компьютерного и математического моделирования.

**Положения, выносимые на защиту:**

1) Биопотенциал объектов аквакультуры и сырья растительного происхождения с низким гликемическим индексом, как перспективная поликомпонентная система в технологии новых полуфабрикатов и кулинарных изделий диабетической направленности.

2) Результаты комплексных исследований органолептических показателей, биологической, пищевой ценности, безопасности и эффективности разработанной продукции диабетической направленности.

3) Рекомендации по определению времени доведения до кулинарной готовности СВЧ-способом в зависимости от размерных/массовых характеристик сырьевых компонентов.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность результатов исследования обеспечена применением современных физико-химических методов анализа и сертифицированных приборов, математической обработкой результатов экспериментов, воспроизводимостью экспериментальных данных и подтверждением полученных результатов промышленной апробацией.

Основные результаты исследований были представлены на XI, XII Международной научной конференции «Инновации в науке, образовании и бизнесе» (Калининград, 2013, 2014), Студенческой научно-технической конференции «Инновации молодых в воспроизведение, рациональную эксплуатацию и переработку водных биологических ресурсов» (Владивосток, 2014), I Научно-практической конференции «Инновации в технологии продуктов здорового питания» (Калининград, 2014); X Международной научно-практической конференции «Производство рыбной продукции: проблемы, новые технологии, качество» (Светлогорск, 2015), III-IV Международной научно-технической конференции «Балтийский морской форум» (Калининград, 2015, 2016), I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Пищевая индустрия и общественное питание: современное состояние и перспективы развития» (заочная) (Улан-Удэ, 2017), Международном научном форуме «Молодежь наука XXI века» (Ульяновск, 2017).

Исследования проводились в рамках госбюджетных НИР кафедры технологий продуктов питания ФГБОУ ВО «КГТУ».

**Личное участие автора** в 2014-2018 гг. в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в формулировании цели и задач научного исследования, постановке и проведении основного объема экспериментальных исследований по изучению свойств аквакультурных рыб, как перспективного сырьевого объекта для производства продукции диабетического назначения, в разработке технологий оригинальных пищевых продуктов и оценке их качества и безопасности, анализе и обобщении полученных данных и интерпретации результатов работы. При участии автора проведена работа по патентованию разработки.

**Публикации.** Основное содержание диссертации опубликовано в 9 печатных работах, в т.ч. 2 в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 1 патенте РФ в соавторстве.

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, методической части, результатов и их обсуждения, заключения, списка литературы и приложений. Диссертация изложена на 169 страницах, содержит 53 таблицы, 49 рисунков и 9 приложений. Список литературы включает 174 использованных источника, в том числе 30 зарубежных.

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**В введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту.

**В первом разделе «Обзор литературы»** представлен аналитический обзор научной и патентной литературы по теме диссертационного исследования.

Изучены современное состояние и проблемы переработки объектов аквакультуры, а также основные направления совершенствования технологий производства рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий. Определены основные требования к рационам питания людей, страдающих сахарным диабетом, проанализирован современный рынок диабетической продукции, а также рассмотрены особенности создания комбинированных продуктов питания с заданным составом.

**Во втором разделе «Объекты и методы исследования. Организация эксперимента»** изложены основные направления исследований, информация об объектах, методах и приведен план постановки эксперимента. Структурная схема проведения исследования представлена на рисунке 1.

Объектами исследования являлись карп, толстолобик и форель охлажденные и мороженые, соответствующие ГОСТ 814, ГОСТ 1168, топинамбур свежий (ГОСТ 32790-2014), кабачки свежие (ГОСТ Р 56565), фасоль стручковая замороженная (ГОСТ 54683), лук-порей (ГОСТ 31854), мука ржаная (ГОСТ Р 52809), мука овсяная (по технической документации).

В работе использовались современные стандартные физические, химические, биохимические, микробиологические и органолептические методы анализа сырья и готовых продуктов.

Основная часть экспериментальных исследований и практических разработок выполнена в условиях лабораторий кафедры технологии продуктов питания ФГБОУ ВО «КГТУ» и испытательного лабораторного центра ФГБНУ «АтланТИРО».

Отбор проб полуфабрикатов и кулинарных изделий и проведение их органолептической оценки осуществляли по ГОСТ 7636 и ГОСТ 7631. Отбор проб для микробиологических исследований производился согласно ГОСТ 26669. Для определения микробиологической безопасности сырья и продукции произведены исследования показателей в соответствии с МУК 4.2.1847-04, ТР ЕАЭС 040/2016, ТР ТС 021/2011.

Безопасность продукции (санитарно-гигиенические показатели) оценивали согласно требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», с учетом требований ТР ЕАЭС 040/2016 "О безопасности рыбы и рыбной

продукции". Определение показателей безопасности проводили с использованием стандартных методик.

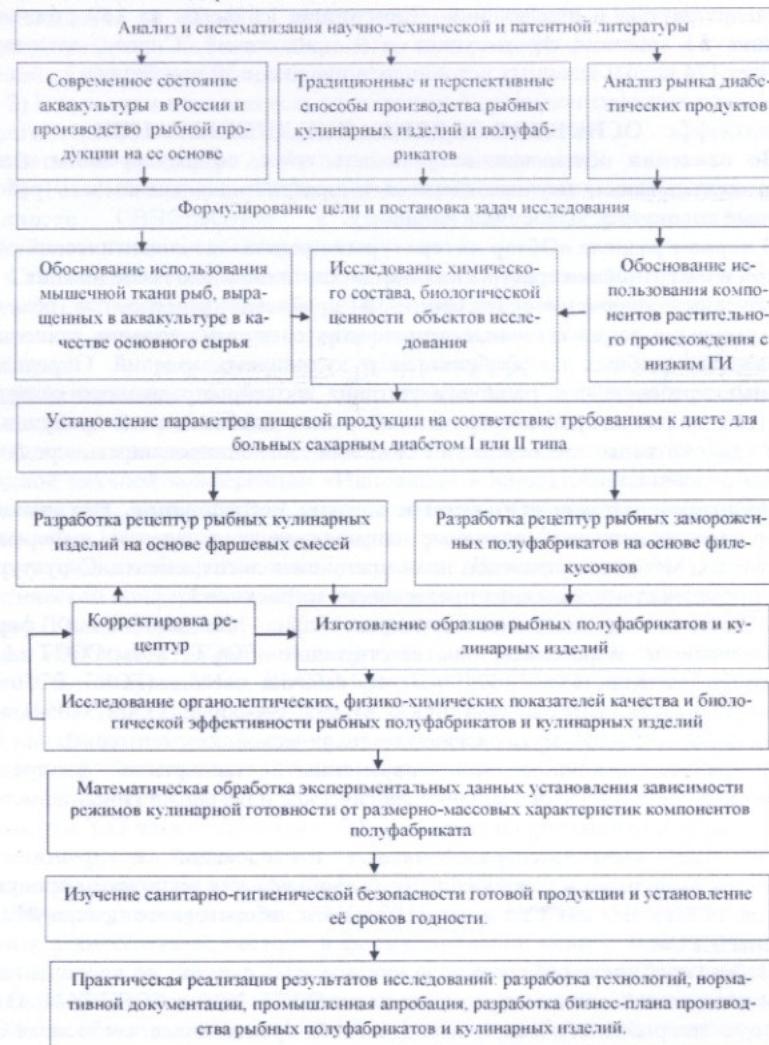


Рисунок 1 - Общая структурная схема проведения исследований и основных этапов работы

Массовую долю воды, белка, жира, минеральных веществ в сырье, полуфабрикатах и готовых продуктах определяли по ГОСТ 7636. Критериями, отражающими технологические свойства конечного продукта, были выбраны

показатели, характеризующие структурно-механические свойства, – предельное напряжение сдвига (ПНС) и функционально-технологические свойства (ФТС) – влажность, влагоудерживающая способность (ВУС), процент потерь при термической обработке.

Исследование рыночного потенциала рыбных продуктов проводилось методом сбора первичных количественных данных по типу опроса репрезентативной выборки. Для сбора первичных данных была разработана анкета.

Дегустационные испытания образцов исследуемых продуктов проводили по разработанной 25-балльной шкале, путем одновременного представления кодированных образцов исследуемого продукта (при положительных результатах лабораторных испытаний) во всех контрольных точках на протяжении всего срока хранения продукции и графически отображали в виде профилограмм.

Аминокислотный состав белков сырья и готовых кулинарных изделий и полуфабрикатов определяли методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель». Последующую компьютерную обработку данных проводили в ИЛЦ ФГБНУ «АтлантНИРО» по программе Мультихром для Windows.

Математическую и графическую обработку данных осуществляли с применением общепринятых методов математической статистики при доверительной вероятности вывода 95,0 %, с помощью стандартного пакета статистических функций «Microsoft Excel» – 2010, Matlab, MathCad - 14.0. Для оценки эффективности технологии был разработан бизнес-план для запуска цеха по производству рыбных полуфабрикатов.

В третьем разделе «Результаты исследований и их обсуждение» представлены обоснование и выбор сырьевых ингредиентов, разработка рецептур и технологий рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий диабетического назначения, обладающие высокими потребительскими свойствами.

В подразделе «Исследование рыночного потенциала рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий методом анкетирования» установили, что, современный потребитель положительно относится к рыбным замороженным полуфабрикатам (77 % опрошенных), независимо от пола, возраста и уровня доходов.

Потребителями было отмечено, что в большинстве торговых сетей не представлены рыбные продукты, предназначенные для питания людей с сахарным диабетом (69 %). Значительная часть респондентов (82 %) отмечает, что появление данных продуктов на рынке является социально важным аспектом.

В подразделе «Обоснование выбора объектов аквакультуры» проведен анализ объектов аквакультуры для производства рыбных полуфабрикатов на основе филе-кусочков и кулинарных изделий на основе фарша. В качестве объектов исследования были выбраны карп, толстолобик и форель, так как они занимают лидирующие позиции в объемах выращивания и реализуются в основном в свежем виде. Был исследован химический состав мышечной ткани

карпа, толстолобика и форели, а также фаршей на их основе в соотношении 1:1 и 1:1:1. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав мышечной ткани рыбы и фарша

Вид сырья	Влага, %	Белок, %	Жир, %	Минеральные вещества, %
Карп (мышечная ткань)	74,6±0,1	18,3±0,5	5,5±0,3	1,6±0,1
Толстолобик (мышечная ткань)	75,6±0,1	17,2±0,5	5,3±0,3	1,9±0,1
Форель (мышечная ткань)	72,2±0,1	19,7±0,5	6,6±0,3	1,5±0,1
Карп + форель (фарш)	73,5±0,1	19,0±0,5	6,0±0,3	1,5±0,1
Карп + толстолобик (фарш)	75,1±0,1	17,8±0,5	5,4±0,3	1,7±0,1
Форель + толстолобик (фарш)	73,9±0,1	18,5±0,5	5,9±0,3	1,7±0,1
Карп + форель + толстолобик (фарш)	74,1±0,1	18,4±0,5	5,8±0,3	1,7±0,1

Анализ химического состава мышечной ткани и фарша показал, что для данного вида сырья колебание белковых веществ находится в пределах 17,2-19,7 %, жира – 5,3-6,6 %, минеральных веществ 1,5-1,9 %.

Исследован аминокислотный состав белков мышечной ткани рыб и рассчитаны показатели (аминокислотный скор, коэффициент различия аминокислотного скора, коэффициент утилитарности аминокислотного состава, показатель сопоставимой избыточности), доказывающие ее биологическую ценность, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели биологической ценности белков мышечной ткани карпа, толстолобика и форели

Показатель	Карп	Толстолобик	Форель
KPAC, %	39,9	58,9	53,3
БЦ, %	60,1	41,1	46,7
Коэффициент утилитарности АК состава U, доли единицы	0,22	0,23	0,23
Показатель сопоставимой избыточности $\sigma_n$ , г/100 г белка	9,9	11,0	8,4

Из данных, представленных в таблице 2 видно, что аминокислотный состав белков карпа, толстолобика и форели сбалансирован практически в равной степени, о чем свидетельствуют полученные значения показателей KPAC, БЦ, коэффициента утилитарности АК состава, коэффициента сопоставимой избыточности ( $\sigma$ ). Значение KPAC, т.е. количество незаменимых аминокислот, не используемых организмом на пластические нужды, для карпа составляет 39,9 %, для форели 53,3 %, а для толстолобика 58,9 %. Показатель биологической ценности белка карпа превышает таковой для белка толстолобика на 19 %.

На основании данных о химическом составе сырья рассчитали его функционально-технологические характеристики: липидно-белковый

коэффициент ( $K_{ж}$ ), степень обводнения белков ( $K_o$ ), белково-водный коэффициент ( $K_{бв}$ ), коэффициент пищевой насыщенности ( $K_{пп}$ ) (таблица 3).

Таблица 3 – Функционально-технологические характеристики мышечной ткани карпа, толстолобика и форели

Вид сырья	$K_o$	$K_{бв}$	$K_{ж}$	$K_{пп}$
Карп	4,1	24,5	0,3	0,34
Толстолобик	4,4	22,8	0,3	0,32
Форель	3,7	27,3	0,33	0,39

Рассчитанные для исследуемых видов сырья коэффициенты  $K_o$ ,  $K_{бв}$ ,  $K_{ж}$ , представленные в таблице 3, позволяют прогнозировать, что продукция, полученная из карпа, толстолобика и форели, будет иметь сочную и нежную консистенцию.

Для производства рыбных кулинарных изделий и полуфабрикатов диабетического назначения необходимо комбинировать рыбную составляющую с компонентами растительного происхождения с высоким содержанием балластных веществ, витаминов, эссенциальных макро- и микронутриентов.

Именно эти факторы учили в подразделе «Исследование биопотенциала растительного сырья», отвечающего требованиям диабетического рациона. Использование в качестве растительных компонентов топинамбура, стручковой фасоли или овсяной муки обеспечивает от 15 до 25 процентов суточной физиологической потребности организма в пищевых волокнах, витамине В<sub>9</sub>, калии и селене. Лук-порей и кабачки, также имеют высокое содержание калия, кальция и витамина С (Скурихин, 2008). Полисахарид инулин, входящий в состав топинамбура, при регулярном включении в рацион питания способствует уменьшению инсулинерезистентности, более эффективному усвоению глюкозы клетками, снижению скорости всасывания глюкозы из кишечника в кровь и стимуляции естественной секреции инсулина поджелудочной железой. Выбранные для исследования растительные компоненты не исчерпывают всей совокупности перспективных сырьевых ресурсов, которые могут быть включены в производство полуфабрикатов и кулинарных изделий диабетического назначения. Вместе с тем, перечисленные виды сырья являются широко используемыми в пищевой промышленности и по оценкам дегустаторов хорошо сочетаются с рыбной составляющей разработанных полуфабрикатов и кулинарных изделий.

Гликемические индексы растительных компонентов, используемые в качестве ингредиентов в рецептурах рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий, приведены рисунок 2.

Обоснование рецептур рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий осуществляли путем постановки математической задачи и ее решения с помощью методов линейного программирования в среде MatLab. Критериальными показателями являлись содержание белка в готовых продуктах (не менее 12 %) и количество пищевых волокон и инулина (не менее

10 % от удовлетворения суточной потребности при употреблении 100 г продукта), а также калорийность не более 150 ккал. В результате была получена рецептура рыбных полуфабрикатов на основе филе-кусочков карпа, форели и толстолобика, приведенная на рисунке 3.

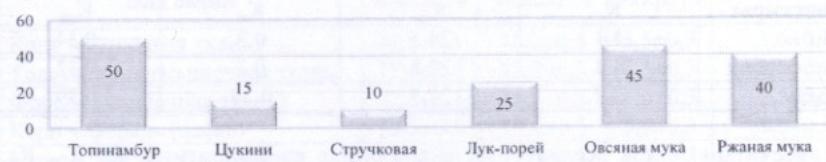


Рисунок 2 – Гликемические индексы овощей и овсяной и ржаной муки

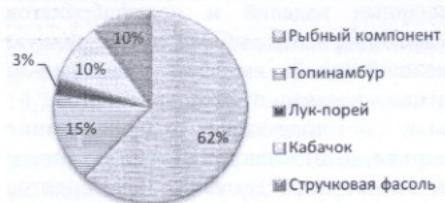


Рисунок 3 – Мультипликативная модель соотношения компонентов в рецептуре рыбного полуфабриката

Рецептуры кулинарных изделий разрабатывали путем адаптирования классической рецептуры рыбных котлет под требования к диабетическому рациону, при этом осуществляя замену базовых ингредиентов с высоким ГИ на растительные компоненты с низким ГИ. С этой целью 10 % рыбного фарша заменили на эквивалентное количество пюре из топинамбура, а вместо хлеба, вносили ржаную или овсяную муку.

Консистенция экспериментальных образцов кулинарных изделий не соответствовала параметрам консистенции, характерной для рыбных котлет, приготовленным по классическим рецептограммам. В связи с этим была проведена корректировка рецептур. С целью получения кулинарных изделий с близкими по значению органолептическими и физико-химическими показателями исследовали функционально-технологические свойства образцов с различной массовой долей вносимой муки. Определение ВУС и содержания влаги (рисунок 4-5) позволили установить массовую долю муки, обеспечивающую нежную, сочную консистенцию.

Из рисунков 4-5 следует, что максимально близкое значение ВУС и влажности экспериментальных образцов после тепловой обработки приближается к значениям контрольного образца при добавлении к фаршу из карпа и толстолобика 5 % и 3 % овсяной и ржаной муки соответственно. Значения ВУС и влажности кулинарных изделий, изготовленных на основе монофаршевых и полифаршевых систем (карп, толстолобик и форель в различных сочетаниях) отличались незначительно, что позволило установить содержание вносимой муки на том же уровне. Последующее увеличение доли муки способствует росту значений ВУС и ухудшает формуемость фарша.

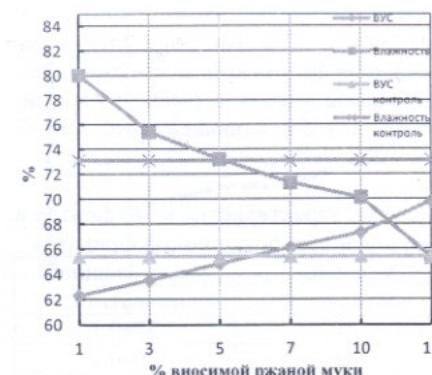


Рисунок 4 – Зависимость ВУС, влажности кулинарных изделий на основе фарша из карпа и толстолобика от количества вносимой ржаной муки

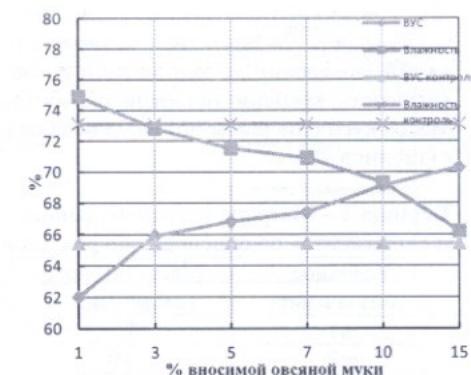


Рисунок 5 – Зависимость ВУС, влажности кулинарных изделий из карпа и толстолобика от количества вносимой овсяной муки

Рецептуры кулинарных изделий на основе карпа и толстолобика с внесением ржаной и овсяной муки представлены на рисунке 6 и рисунке 7.

В подразделе «Обоснование схемы укладки компонентов при производстве полуфабрикатов» описаны результаты исследований по определению схемы укладки компонентов рыбного полуфабриката в потребительскую упаковку исходя из оценки органолептических показателей различных вариантов укладки. Установлено, что размещение компонентов послойно, где филе-кусочки рыбы нижний слой, а овощи – верхний, позволяет избежать потерь массы рыбы при тепловой обработке на 10-12 %, а также получить сочную консистенцию и привлекательный внешний вид рыбных полуфабрикатов по достижении кулинарной готовности.

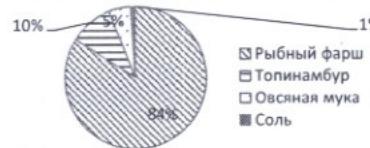


Рисунок 6 – Мультипликативная модель соотношения компонентов в рецептуре кулинарного изделия с овсяной мукой

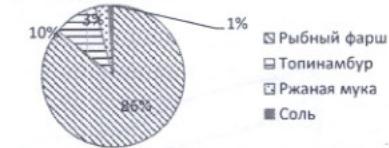


Рисунок 7 - Мультипликативная модель соотношения компонентов в рецептуре кулинарного изделия с ржаной мукой

«Математическое обоснование режимов тепловой обработки полуфабрикатов» проводили с целью установления параметров доведения до кулинарной готовности, обеспечивающих безопасность и потребительскую привлекательность продукции. Полученные параметры использовались при маркировке в соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки». Для этого необходимо установить режим и временной промежу-

ток, в котором рыбный и овощной компоненты достигают наилучших органолептических показателей и кулинарной готовности. С целью определения режимов доведения до кулинарной готовности полуфабрикатов исследовали зависимость времени тепловой обработки от массы кусочков рыбы и овощей. Масса кусочков рыбы ( $m$ ) варьировалась от 6 г до 155 г, а овощей ( $d$ ) от 5 до 37 г (таблица 4).

Таблица 4 – Матрица исходных данных массовых характеристик компонентов в экспериментах по обоснованию режимов тепловой обработки полуфабрикатов

Условное обозначение	Масса рыбного компонента, г	Условное обозначение	Масса овощного компонента, г
$m_1$	155±0,1	$d_1$	37±0,1
$m_2$	77±0,1	$d_2$	20±0,1
$m_3$	50±0,1	$d_3$	14±0,1
$m_4$	40±0,1	$d_4$	10±0,1
$m_5$	30±0,1	$d_5$	5±0,1
$m_6$	15±0,1		
$m_7$	10±0,1		
$m_8$	6±0,1		

В качестве критерия кулинарной готовности овощных компонентов использовали показатель ПНС, значения которого должны быть в пределах от 200 до 400 Па (Ратушный, 2003). При исследовании органолептических показателей рыбного компонента оценивали вкус, запах, цвет и консистенцию кусочков рыбы по 25-балльной шкале. Кулинарную готовность мышечной ткани рыбы определяли с применением пробы на фосфатазу (ГОСТ 23231-2016).

На рисунках 8 и 9 для одного из выбранных модельных соотношений масс кусочков ( $d_3$  и  $m_6$ ) представлены зависимости изменения ПНС/органолептических показателей от длительности термической СВЧ-обработки (в бытовых СВЧ-приборах).

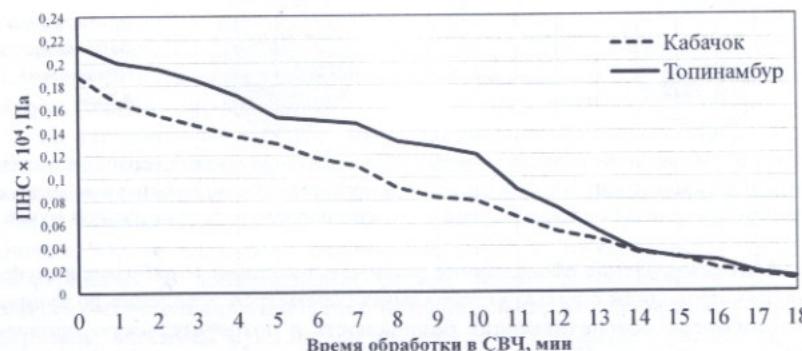


Рисунок 8 – Изменение ПНС овощных компонентов массой 14 г при нагревании в СВЧ в режиме размораживания

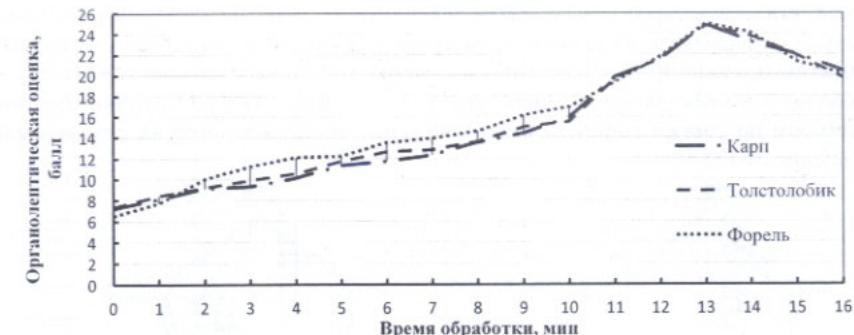


Рисунок 9 – Зависимость органолептической оценки качества рыбного компонента массой 15 г от времени СВЧ-обработки

На основании полученных временных значений для каждого из заданных соотношений масс (таблица 4) были произведены математические расчеты методом наименьших квадратов, которые позволили установить эмпирический коэффициент, характеризующий соотношение массы кусочков рыбного и овощного компонентов, равный 1,2.

$$\frac{P}{O} = \left( \frac{4,035}{3,707} \right)^{2,151} = 1,2 \quad (1)$$

где  $P$  – масса одного кусочка рыбного компонента,  $O$  – масса одного кусочка овощного компонента.

Значение эмпирического коэффициента (1,2) позволяет прогнозировать одновременное доведение до кулинарной готовности рыбного и овощного компонента, при условии, что кусочки филе рыбы должны быть по массе на 20 % больше кусочков овощей.

Исходя из полученных результатов, были составлены рекомендации для производителей рыбных полуфабрикатов по соотношению масс кусочков ингредиентов, входящих в их состав, а также рекомендуемое время доведения до кулинарной готовности с целью нанесения его при маркировке продукции (таблица 5).

Таблица 5 – Рекомендации по продолжительности доведения до кулинарной готовности рыбных полуфабрикатов методом СВЧ-обработки в зависимости от массы компонентов

Масса рыбных кусочков, г	Масса овощного компонента, г	Время приготовления в СВЧ в режиме размораживания, мин
10	8,5	11-12
14	11,5	13-14
18	15	14-15
22	18,5	16-17
26	21,5	17-18

Комплекс микробиологических и органолептических исследований, описанный в подразделе «Установление сроков годности для рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий», позволил установить данный показатель - не более 3-х месяцев при температуре не выше минус 18°C. Ограничивающим фактором по срокам годности стало снижение органолептических показателей (рисунки 10-12).



Рисунок 10 – Профилограмма органолептической оценки рыбного полуфабриката на основе филен-кусочков карпа

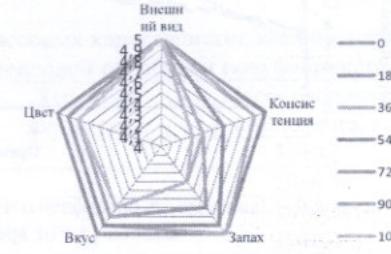


Рисунок 11 – Профилограмма органолептической оценки рыбного кулинарного изделия на основе фарша форели и толстолобика с добавлением ржаной муки



Рисунок 12 – Профилограмма органолептической оценки рыбного кулинарного изделия на основе фарша форели с добавлением овсяной муки

В подразделе «Описание технологического процесса производства рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий» приведены технологические параметры производства, которые включают прием сырья, разделку рыбы на филе-кусочки, которые идут на производство полуфабрикатов, и отделение мышечной ткани на неопрессе с получением фарша, который является основой для кулинарных изделий. На рисунках 13-14 приведены подробные технологические схемы производства полуфабрикатов и кулинарных изделий диабетического назначения.

Отличительной особенностью технологии рыбных полуфабрикатов от известных является порционирование филе рыбы в виде кусочков и нарезка овощей кубиками с массой в диапазоне от 8,5 г до 21,5 г, а также укладка компонентов в строго определенной последовательности. Основными преимуществами технологии производства кулинарных изделий является использование в качестве связующего компонента овсяной и ржаной муки, что позволит включать

разработанные кулинарные изделия в рационы людей, страдающих сахарным диабетом.

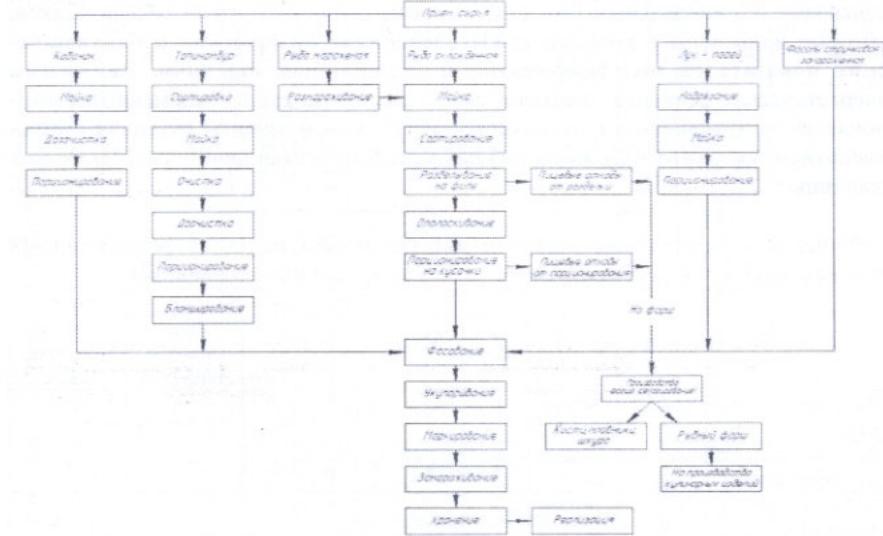


Рисунок 13 – Технологическая схема производства замороженных рыбных полуфабрикатов на основе филе-кусочков

Изготовление фарша для производства кулинарных изделий может осуществляться, как из целой рыбы, так и из мышечной ткани, полученной при сепарировании хребтов от разделки на филе при производстве полуфабрикатов, что обеспечивает ресурсосбережение и, как следствие, повышение прибыльности предприятия.

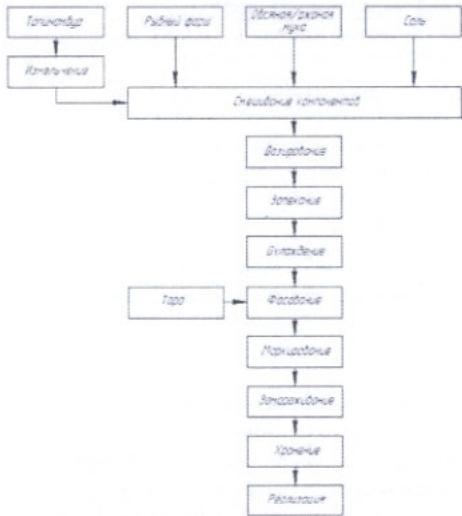


Рисунок 14 – Технологическая схема производства кулинарных рыборастительных изделий на основе фарша с овсяной/ржаной мукой

Для разработанных рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий был определен химический состав (процентное содержание воды, белка, липидов, углеводов и минеральных веществ), а также аминокислотный состав белков, которые приведены в подразделе «Исследование химических и биохимических показателей полуфабрикатов и кулинарных изделий». Рассчитаны энергетическая ценность продукта, аминокислотные скоры незаменимых аминокислот по отношению к эталонному белку, коэффициенты различия аминокислотного скора (КРАС), потенциальная биологическая ценность (БЦ) белков (таблицы 6-7).

Таблица 6 – Химический состав и энергетическая ценность разработанных рыбных продуктов, рекомендуемых для больных сахарным диабетом

Вид продукта	Содержание, %					Энергетическая ценность, ккал
	вода	белок	жир	углеводы	минеральные вещества	
Рыбный полуфабрикат на основе карпа (1)	77,1	12,4	3,8	4,5	2,2	101,8
Рыбный полуфабрикат на основе толстолобика (2)	79,7	11,3	3,3	3,4	2,3	88,5
Рыбный полуфабрикат на основе форели (3)	77,6	12,9	4,1	3,3	2,1	101,7
Кулинарное изделие с овсяной мукой (карп+форель) (4)	69,9	16,7	5,4	5,1	1,8	135,8
Кулинарное изделие с овсяной мукой (карп+толстолобик) (5)	71,3	15,7	4,9	5,1	1,9	127,3
Кулинарное изделие с овсяной мукой (форель+толстолобик) (6)	70,3	16,3	5,3	5,1	1,9	133,3
Кулинарное изделие с овсяной мукой (карп+форель+толстолобик) (7)	70,4	16,3	5,2	5,1	1,9	132,4
Кулинарное изделие с ржаной мукой (карп+форель) (8)	71,3	16,8	5,2	4,1	1,6	130,4
Кулинарное изделие с ржаной мукой (карп+толстолобик) (9)	72,7	15,7	5,2	4,1	1,8	130,0
Кулинарное изделие с ржаной мукой (форель+толстолобик) (10)	71,7	16,3	5,2	4,1	1,8	132,4
Кулинарное изделие с ржаной мукой (карп+форель+толстолобик) (11)	71,8	16,2	5,1	4,1	1,8	127,1

Как видно из таблицы 6, рыбные полуфабрикаты и кулинарные изделия имеют высокую пищевую ценность, с содержанием белка от 11,3 % до 16,7 %, что характеризует их как белковые продукты. Энергетическая ценность колеблется в пределах от 88,5 до 135,8 ккал на 100 г готового продукта.

Аминокислотный состав и биологическая ценность белков разработанного ассортимента рыбных продуктов представлены в таблице 7.

Таблица 7 — Аниономистотный состав и биологическая ценность белков паязработанных продуктов

В подразделе «Оценка биологической эффективности» представлены исследования по экспериментальному определению гликемического индекса рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий, путем измерения концентрации глюкозы в крови у группы добровольцев с помощью прибора «Акку-Чек Гоу» натощак и через 30, 60, 90 и 120 мин после их употребления. Испытуемая группа включала 12 человек в возрасте 45-55 лет с основным заболеванием СД1 (4 человека) и СД2 (8 человек). Тестирование проводили 3 раза в разные дни недели на протяжении 2 месяцев по разработанной схеме (Оудд, 1993).

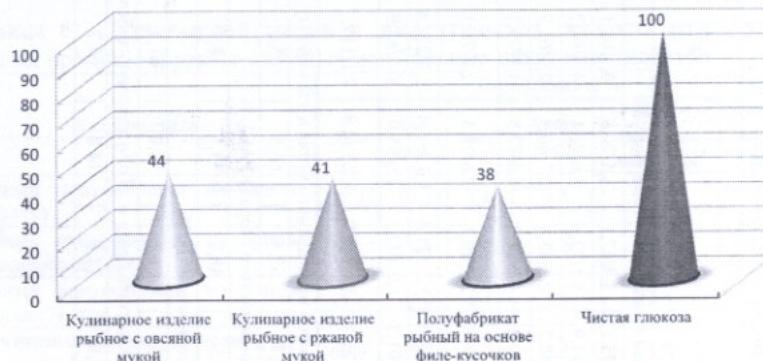


Рисунок 17 - Гликемические индексы разработанных продуктов

В результате экспериментов было установлено, что разработанные рыбные кулинарные изделия и полуфабрикаты характеризуются значением ГИ 44, 41 и 38 соответственно (рисунок 17). Данные значения ГИ позволяют отнести их к группе продуктов с низким гликемическим индексом, в соответствии с классификацией Американской диабетической ассоциации.

**Производственную апробацию разработанных технологий** рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий проводили в условиях рыбоперерабатывающего предприятия ООО «СК Калининград» и ИП Годин М.В. На предприятии ООО «СК Калининград» была выработана опытная партия замороженных рыбных полуфабрикатов на основе филе-кусочков карпа в количестве 150 кг. На базе кафе «Карусель» (ИП Годин М.В.) были произведены 2 партии кулинарных изделий на основе фарша карпа с ржаной и овсяной мукой в количестве 100 кг. Специалистами предприятий дана положительная оценка опытной продукции и одобрена к внедрению.

В подразделе «Оценка экономической эффективности технологий» представлен бизнес-план по открытию цеха рыбных полуфабрикатов. Экономический эффект разработанной технологии при годовом выпуске 120 тонн замороженных рыбных полуфабрикатов на основе карпа составит 2728,211 тыс. руб. в первый год работы цеха.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно обоснованы рецептуры и технологии рыборастительных полуфабрикатов и кулинарных изделий на основе водных биологических ресурсов, выращенных в условиях аквакультуры, в сочетании с растительными компонентами с низким гликемическим индексом. Разработанные технологии позволяют получать продукты с высоким биопотенциалом по содержанию белка, пищевых волокон и микронутриентов, привлекательными органолептическими характеристиками и рекомендуются для включения в ежедневный рацион людей, страдающих сахарным диабетом. Технологии перспективны для внедрения на действующие предприятия по переработке рыбной продукции.

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

- 1) Установлено, что 82 % респондентов считают необходимым разработку и выпуск на рынок рыборастительной продукции, которая способствует решению проблемы создания элементов безбарьерной среды для людей с социально значимыми заболеваниями (сахарный диабет);
- 2) Исследована пищевая ценность, функционально-технологические свойства мышечной ткани карпа, толстолобика и форели, выращиваемых в Калининградской и Белгородской областях, и основано их рациональное использование в производстве рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий, предназначенных для питания людей, страдающих сахарным диабетом;
- 3) Изучен биопотенциал растительного сырья с точки зрения его химического состава и гликемического индекса, который позволил обосновать использование топинамбура (ГИ 50), кабачка (ГИ 50), фасоли стручковой зеленой (ГИ 10), лука-порея (ГИ 15), овсяной (ГИ 45) и ржаной (ГИ 40), муки в технологиях рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий диабетического назначения;
- 4) Установлено процентное содержание рыбного и растительного компонентов (62 % и 38 %) рецептуры рыбных полуфабрикатов методом математического расчета. С помощью оптимизации рецептур определено содержание муки в кулинарных изделиях: для овсяной – 5%, для ржаной – 3%;
- 5) Рассчитан эмпирический коэффициент, характеризующий соотношение масс рыбного и овощного компонентов полуфабриката, равный 1,2, обеспечивающий одновременное достижение кулинарной готовности в СВЧ в режиме размораживания (бытовые СВЧ-приборы);
- 6) Определены показатели качества разработанных рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий, показавшие высокое содержание белка (от 11,3 % до 16,7 %), низкое содержание жира (от 3,3 % до 5,2 %) и энергетическую ценность от 88,5 до 135,8 ккал на 100 г готового продукта. Рассчитаны показатели аминокислотной сбалансированности белков ( $C_{min}$  – 47,2-68,7 %, КРАС – 25,5-47,7 %,  $\sigma$  – 9,7-15,1 г/100 г эталонного белка, БЦ – 51,2 – 74,5 %);
- 7) Экспериментально определены значения гликемического индекса разработанных рыбных полуфабрикатов (ГИ 38) и кулинарных изделий с

овсяной (ГИ 44) или ржаной (ГИ 41) мукой, которые позволяют отнести их к группе продуктов с низким гликемическим индексом, в соответствии с классификацией Американской диабетической ассоциации;

8) Исследован комплекс микробиологических, органолептических показателей, позволивший обосновать сроки годности рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий – 3 месяца при температуре хранения не выше минус 18 °С;

9) Разработаны и утверждены комплекты технической документации для промышленного производства рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий ТУ 10.20.25-005-00471544-2017 «Полуфабрикаты рыбные замороженные. Технические условия» и ТУ 10.85.12-006-00471544-2017 «Изделия рыбные кулинарные. Технические условия» и соответствующие технологические инструкции. Технологии апробированы на предприятиях калининградской области ООО «СК Калининград» и ИП Годин М.В. Для внедрения технологии производства рыбных полуфабрикатов разработан бизнес-план.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

### В изданиях из перечня ВАК при Минобрнауки России:

1. Белова, М.П. Установление сроков годности рыбо-растительных полуфабрикатов на основе исследования комплекса показателей / М.П. Белова, И.М. Титова // Вестник Международной академии холода. - 2018. - № 2. - С. 42-47.

2. Белова, М.П. Обоснование рецептур рыбных кулинарных изделий с низким гликемическим индексом / М.П. Белова, И.М. Титова // Технология и тавроведение инновационных пищевых продуктов. - 2018. - № 3 (50). - С. 23-29.

### Патенты Российской Федерации

3. Патент на изобретение № 2565228. Российская Федерация Способ получения рыбного полуфабриката / И.М. Титова, М.П. Белова/ Зарегистрировано 15.09.2015 г.

### Публикации в других изданиях и материалах конференций:

4. Белова, М.П. Разработка рыбо-овощных полуфабрикатов для диабетического питания. Материалы студенческой научной конференции КГТУ. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2013. – С. 31-33.

5. Белова, М.П. Исследование динамики показателей качества и безопасности рыборастительных полуфабрикатов и кулинарных изделий / М.П. Белова, А.Г. Сыч // Инновации молодых в воспроизводство, рациональную эксплуатацию и переработку водных биологических ресурсов: материалы отраслевой студенческой науч.-техн. конф. образовательных учреждений Росрыболовства: в 4 ч. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. – Ч. 3. – С. 13-22.

6. Белова, М.П. Перспективы развития производства полуфабрикатов из пресноводных рыб Калининградского региона / И.М. Титова, М.П. Белова, И.И. Титов // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение. В 2 ч. Ч. 1.: матер. Междунар. науч.-техн. конф. /Воронеж.гос.ун-т инж. технол. Воронеж: ВГУИТ, 2014. – С. 127-134.

7. Белова, М.П. Анализ новых продуктов из объектов аквакультуры по критериям инновационности / И.М. Титова, М.П. Белова // III Балтийский морской форум. XIII Международная научная конференция «Инновации в науке, образовании и предпринимательстве – 2015»: тезисы докладов. III том. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2015. С. 173 – 175.

8. Белова, М.П. Философские аспекты концепции здорового питания / М.П. Белова, С.Л. Яшина // III Балтийский морской форум. XIII Международная научная конференция «Инновации в науке, образовании и предпринимательстве – 2015». Тезисы докладов. - 2015. -№ 3. - С. 13 – 16.

9. Белова, М.П. Обоснование рецептуры функциональных формованных полуфабрикатов из объектов аквакультуры / И.М. Титова, М.П. Белова // Инновации в технологии продуктов здорового питания: Международная научная конференция: материалы. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. - С. 255 – 258.

10. Белова, М.П. Этапы разработки специализированных продуктов для диабетиков на примере рыбных полуфабрикатов. /М.П. Белова // Пищевая индустрия и общественное питание: современное состояние и перспективы развития: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2017.- С. 103-106.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АК – аминокислота;

БЦ – биологическая ценность;

ВУС – влагоудерживающая способность

ГИ – гликемический индекс;

ГОСТ – государственный стандарт;

НАК – незаменимые аминокислоты;

КРАС – коэффициент различия аминокислотного состава;

К<sub>БВ</sub> – белково-водный коэффициент;

К<sub>ж</sub> – липидно-белковый коэффициент;

К<sub>Пн</sub> – коэффициент пищевой насыщенности;

K<sub>o</sub> – степень обводнения белков;

ПНС – предельное напряжение сдвига;

СД1 – сахарный диабет 1-го типа;

СД2 – сахарный диабет 2-го типа;

ТИ – технологическая инструкция;

ТУ – технические условия;

ТР ТС – технический регламент Таможенного союза;

ТР ЕАЭС – технический регламент Евразийского экономического союза;

ФТС – функционально-технологические свойства