

На правах рукописи



ВОРОБЬЕВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ

**ТЕХНОЛОГИЯ МУКИ КОРМОВОЙ НА ОСНОВЕ
РЫБНОЙ ЧЕШУИ**

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: доктор технических наук, старший научный сотрудник, заслуженный работник рыбного хозяйства Российской Федерации **Андреев Михаил Павлович**.

Официальные оппоненты:

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

Дворянинова Ольга Павловна - доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», заведующая кафедрой «Управление качеством и машиностроительные технологии», профессор.

Ведущая организация

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»).

Защита состоится «01» июня 2018 г. в 14 ч. 00 мин. 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 пр-т, д. 1, зал заседания совета (ауд. 255).

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

<http://www.klgtu.ru/science/>

E-mail: olga.anohina@klgtu.ru

Факс: 8(4012) 99-53-46

Автореферат разослан «__» _____ 2018 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,

кандидат технических наук, доцент



Анохина Ольга Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Потери продовольствия в глобальном масштабе оцениваются в 1,3 млрд т в год, что составляет треть мирового производства пищевых продуктов (ФАО, 2016). Разработка и внедрение новых безотходных технологий, способствующих рациональному использованию биологических ресурсов Мирового океана, являются важнейшими задачами рыбной промышленности. Их приоритетная значимость отмечена в Концепции развития рыбного хозяйства Российской Федерации на период до 2020 года. В условиях роста населения планеты и увеличения дефицита пищевого и кормового белков, а также имеющейся тенденции к сокращению мирового вылова гидробионтов возникает необходимость создания технологий более глубокой переработки рыбного сырья.

В процессе разделки рыбы образуются отходы, немалую долю которых составляет коллагенсодержащее рыбное сырьё, которое в настоящее время недостаточно востребовано (чешуя, кожа, рыбные бульоны и др.). Основным направлением переработки отходов является производство рыбной кормовой муки.

Традиционные технологии получения кормовой рыбной муки энергозатратны и требуют наличия одновременно значительного количества рыбных отходов. В настоящее время большинство рыбоперерабатывающих предприятий имеют малые и средние производственные мощности и незначительный объем отходов, сбор и хранение которых приводит к существенному снижению их качества и потерям массы при последующем производстве кормовой рыбной муки. Поэтому возникает необходимость в разработке экономически эффективной безотходной технологии, позволяющей перерабатывать основную часть рыбных отходов непосредственно в местах их образования.

Степень разработанности темы. Разработкой научных основ технологий переработки отходов, образующихся при переработке гидробионтов, занимались: В.П. Александровский, М.П. Андреев, Л.В. Антипова, Л.С. Байдалинова, В.Д. Богданов, Н.П. Боева, О.П. Дворянинова, Н.В. Долганова, В.А. Исаев, О.Я. Мезенова, М.Д. Мукатова, Т.М. Перебейнос, Р.Г. Разумовская, А.П. Ярочкин, Т.Н. Слуцкая, В.И. Шендерюк, М.Е. Цибизова, О.С. Якубова, М.С. Gómez-Guillén, Т.Н. Silva, P.D. Karayannakidis, Н. Herpandi, R. L. Olsen, I. Yozo и др.

Тем не менее, проблема промышленной переработки недоиспользуемых коллагенсодержащих рыбных отходов до конца не решена, что также приводит к усилению негативной антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Необходимость создания производства кормовых продуктов на основе коллагенсодержащих рыбных отходов весьма актуальна для Калининградской области, где только на рыбоконсервном комплексе ООО «РосКон» при производстве консервов из сардины (*Sardina pilchardus*) и сардинеллы (*Sardinella aurita*) образуется до 250 т чешуи в год (Воробьев, 2016).

Цель и задачи исследований. Целью исследований является повышение эффективности использования коллагенсодержащего рыбного сырья путём разработки научно обоснованной ресурсосберегающей технологии муки кормовой на основе рыбной чешуи.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1) Определить комплекс показателей качества и безопасности коллагенсодержащих отходов от разделки рыб и обосновать их использование в качестве сырья для производства муки кормовой, обладающей высокой кормовой ценностью;

2) Разработать и обосновать способы сохранения и первичной обработки рыбной чешуи с применением добавок растительного происхождения;

3) Обосновать технологические параметры получения муки кормовой на основе рыбной чешуи на промышленном технологическом оборудовании;

4) Изучить теххимические особенности муки кормовой на основе чешуи, полученной по различным технологическим схемам, а также выявить изменения показателей качества при хранении;

5) Изучить биологическую ценность муки кормовой на основе рыбной чешуи при использовании в составе комбикормов для рыб и сельскохозяйственных животных;

6) Разработать технические условия и технологическую инструкцию на процесс получения муки кормовой на основе рыбной чешуи;

7) Провести производственные испытания технологических решений по производству муки кормовой на основе рыбной чешуи;

8) Провести расчёт экономической эффективности от внедрения разработанной технологии.

Научная новизна работы

1. Впервые научно обоснованы технологические решения, направленные на получение муки кормовой на основе рыбной чешуи, базирующиеся на данных по изменению качественных и количественных показателей чешуи в процессе её предварительной обработки и обезвоживания в смеси с компонентами рыбного сырья, для достижения заданных физико-химических характеристик и биологической ценности готовой кормовой продукции.

2. Установлена зависимость качества, сроков хранения и потерь массы чешуи рыб от способов обработки: промывки, варки и сухой очистки, а также от способов хранения на воздухе и в жидкостях (вода и молочная сыворотка) до обработки.

3. Научно обоснована и экспериментально подтверждена эффективность кратковременной очистки чешуи рыб (10-25 с) от органических примесей и цинка за счёт интенсивного смешивания её с сухим растительным сырьём в установке с окружной скоростью вращающихся ножей 40 м/с и фракционирования образовавшейся смеси.

4. Установлена зависимость биологической ценности муки кормовой от соотношения в ней очищенной рыбной чешуи и компонентов рыбного сырья.

5. Научно обоснована токсикологическая безопасность и экспериментально доказана биологическая ценность муки кормовой на основе рыбной чешуи в составе комбикормов для рыб и сельскохозяйственных животных.

Новизна технологических решений диссертационной работы подтверждена промышленным внедрением разработанной технологии, патентами РФ и авторским свидетельством СССР:

1) № 2621028 Способ получения кормовой добавки или удобрения.
Воробьев В.И.

2) № 2528458 Способ получения кормовой добавки или удобрения из гидробионтов. **Воробьев В.И.**, Бушуев А.А.

3) № 2262861 Способ получения кормовой белково-минеральной муки.
Воробьев В.И., Сергеева Н.Т.

4) № 2116731 Способ переработки подпрессового бульона в процессе производства рыбной кормовой муки. **Воробьев В.И.**, Терещенко В.П., Ковалева И.П.

5) №1768120. Способ переработки рыбного подпрессового бульона на корм.
Воробьев В.И., Исаев В.А., Бикбов Т.М.

Методология и методы диссертационного исследования. В диссертационной работе были использованы современные методы исследования (стандартные, общепринятые и оригинальные), включая математический анализ полученных результатов.

Положения, выносимые на защиту:

– результаты исследований показателей качества и биологической ценности коллагенсодержащих отходов от разделки рыб и обоснование их использования в качестве сырья для производства муки кормовой;

– научное обоснование технологических параметров получения муки кормовой на основе чешуи рыб на промышленном технологическом оборудовании;

– технохимические особенности муки кормовой на основе рыбной чешуи, полученной по разным технологическим схемам, а также изменения её показателей качества в процессе хранения;

– комплекс показателей биохимической ценности муки кормовой на основе чешуи рыб при использовании в составе комбикормов для рыб и сельскохозяйственных животных.

Теоретическая и практическая значимость работы. Впервые разработана и внедрена в промышленное производство технология муки кормовой на основе рыбной чешуи, отвечающая принципам рационального природопользования, обеспечивающая продукцию высокого качества и способствующая снижению дефицита кормового белка для нужд агропромышленного комплекса и аквакультуры Калининградской области и уменьшению загрязнения окружающей среды.

Доказана эффективность использования чешуи в составе комбикормов для молоди форели, а также животных и птиц, подтвержденная отзывами предприятий-потребителей.

Разработаны и утверждены Технические условия (ТУ) 10.20.41-010-00471544-2017 «Мука кормовая на основе рыбной чешуи» и Технологическая инструкция (ТИ) 010-2017 по производству муки кормовой на основе рыбной чешуи, а также ТУ 928314-001-00471544-2017 «Отходы рыбные».

Технология муки кормовой на основе рыбной чешуи апробирована и внедрена в промышленное производство на базе научно-производственного предприятия ООО «Прок-М» (п. Павлинино, Калининградская область).

Годовой объем перерабатываемой данным предприятием сырой чешуи составил 400 т. Объем получаемой готовой муки кормовой на основе рыбной чешуи составил 125-145 т/год, а также кормовой белковой добавки с добавлением чешуи – до 360 т/год.

Переработка рыбной чешуи способствовала снижению негативной антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследования подтверждена их воспроизводимостью и проверкой биологической эффективности новой кормовой продукции в промышленных условиях.

Основные результаты диссертационной работы обсуждены на симпозиумах, конференциях и форумах различного уровня, в том числе: на втором международном симпозиуме «Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре» (г. Краснодар, 1999); МНПК «Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России» (г. Краснодар, 2001); МНК «Инновации в науке и образовании-2005» (г. Калининград, 2005); IV МНК «Инновации в науке и образовании - 2006» (г. Калининград, 2006); МНПК «Пищевая и морская биотехнология: проблемы и перспективы» (г. Калининград, 2006); МНК «Инновации в науке и образовании - 2007» (г. Калининград, 2007); НПК «Пищевая и морская биотехнология: проблемы и перспективы» (г. Светлогорск, 2008); XI МНК «Инновации в науке, образовании и бизнесе – 2013» (г. Калининград, 2013); XII МНК «Инновации в науке, образовании и бизнесе – 2014» (г. Калининград, 2014); ВНПК с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты биотехнологии» (г. Иркутск, 2015); III Международный «Балтийский морской форум» (г. Калининград, 2015); V Международный «Балтийский морской форум» (г. Калининград, 2017).

В 2017 г. работа «Технология кормовой муки на основе рыбной чешуи» стала победителем конкурса «ЭВРИКА» Правительства Калининградской области.

Личное участие автора в 1990-2017 гг. состояло в формулировании цели и задач научной работы, разработке схемы исследований, наработке экспериментальных образцов и их исследовании, изготовлении опытно-производственных и промышленных партий готовой продукции и комбикормов, непосредственном участии в проведении биологических испытаний, анализе полученных данных, формулировании выводов и предложений.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 43 печатные работы, в т. ч. восемь – в изданиях из перечня ВАК Минобрнауки РФ и рецензируемых научных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных AGRIS, шесть патентов РФ и одно авторское свидетельство СССР.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, методической части, результатов исследования, заключения, списка использованных источников (410 источников, в том числе 140 иностранных). Работа изложена на 242 с., содержит 55 таблиц, 24 рисунка, 26 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **«Введении»** обоснована актуальность темы и её научная новизна, сформулированы цели, задачи и основные положения исследований, показана практическая значимость и реализация результатов работы.

В разделе **1 «Обзор литературы»** представлен анализ современного состояния переработки рыбных отходов и, в частности, коллагенсодержащего рыбного сырья. Проанализировано использование рыбной чешуи в различных отраслях промышленности.

В разделе **2 «Объекты и методы исследования»** объектами исследований являлись мороженые и охлажденные рыбные отходы: чешуя сардины и сардинеллы, головы судака, трески, тунца, кожа судака и окуня; кости (хребты) судака, согласно разработанным ТУ 928314-001-00471544-2017; килька (ГОСТ 32744-2014, ГОСТ 32004-2012), а также продукты переработки обезжиренного подпрессового рыбного бульона (рыбный белковый концентрат (РБК) и концентрат низкомолекулярных азотистых соединений (КНМАС)), полученные согласно патенту РФ № 2116731); барда сухая спиртовая (ГОСТ Р 53098-2008); отруби пшеничные (ГОСТ 7169-66).

Отбор средних проб рыбных отходов и готовой продукции, подготовка их к анализу проводилась в соответствии с ГОСТ 31339-2006 и ГОСТ 7631-2008. Методы определения органолептических и физических показателей рыбного сырья – по ГОСТ 7636-85, ГОСТ 13496.13-75, комбикормового сырья (сухая спиртовая барда, пшеничные отруби) – по ГОСТ 13496.0-2016. Определение массовой доли воды в чешуе, рыбных отходах, кормах, готовой продукции определяли по ГОСТ 7636-85 (п.3.3.1), ГОСТ Р 54951-2012, в сухой спиртовой барде по ГОСТ Р 13496.3-92, в пшеничных отрубях – по ГОСТ 9404-88. Качество воды питьевой определяли по ГОСТ Р 51309-99. Содержание общего азота (белка) в рыбном и растительном сырье, а также в кормах и готовой продукции (после осаждения белков в трихлоруксусной кислоте) определяли по методу Кьельдаля (ГОСТ 7636-85, п.8.9.1.), ГОСТ 13496.4-93 на приборе «Kjeltec 2300» (Foss, Швеция, 2000). Определение общего азота (ОА), небелкового азота (НБА), формольно-титруемого азота (ФТА), водорастворимого азота (ВА) (после предварительного отделения взвешенных частиц методом фильтрования) в рыбном бульоне определяли по ГОСТ 7636-85. Массовую долю золы для рыбного и растительного сырья, а также кормов и готовой продукции определяли путём взвешивания после сжигания навески в муфельной печи по ГОСТ 7636-85

(п.11.6.1), ГОСТ 26226-95, ГОСТ 32933-2014. Массовую долю золы, не растворимой в соляной кислоте, определяли в чешуе и муке кормовой на её основе по ГОСТ 13496.14, ГОСТ 32045-2012. Наличие посторонних примесей по ГОСТ 7636-85, ГОСТ 31484-2012, металломагнитную примесь размером не более 2 мм – по ГОСТ 13496.9-96.

Общие липиды экстрагировались бинарным растворителем по модифицированному методу Блая и Дайера, а также по ГОСТ 13496.15-97, ГОСТ 7636-85. Качество жира контролировали по величине кислотного и перекисного чисел, определение которых проводилось стандартными методами по ГОСТ 7636-85 (п.7.9.1, п.7.12.1) и ГОСТ 13496.18.

Содержание углеводов в растительном сырье и кормах определяли по ГОСТ 26176-91 ортотолуидиновым методом. Массовую долю клетчатки – по ГОСТ 31675-2012. Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) оценивали в % по разности (100 %) и массовых долей в % влаги, протеина, золы, жира, клетчатки.

Массовую долю хлористого натрия в чешуе и муки кормовой на её основе – по ГОСТ 7636-85, фосфора – по ГОСТ 26657-97, кальция – по ГОСТ 26570-95, железа, калия, натрия, магния, марганца – по ГОСТ 32343-2013, свинца, кадмия – по ГОСТ 30178-96, ГОСТ Р 53100-2008, мышьяка – по ГОСТ Р 51766-2001, ГОСТ Р 53101-2008, ртути – по МУ 5178-90, МУК 4.1.1472-03, меди, цинка – по ГОСТ 30692-2000, МУ 01-19/47-11-92 ГКСЭН, кобальта – по ГОСТ 33445-2015. Макро- и микроэлементный состав определяли методом атомно-абсорбционного анализа AA240FS “Varian” (Varian Inc., США). Пестициды (гексахлорциклогексан (α , β , γ – изомеры), ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан) и его метаболиты, алдрин, гептахлор) – по ГОСТ Р 52698-2006, ГОСТ 31481-2012, МУ 2142-80. Аминокислотный состав чешуи и муки кормовой на её основе определялся по М-04-38-2009 методом капиллярного электрофореза на приборе Капель 105М («Люмэкс», Россия). Жирнокислотный состав чешуи и муки кормовой на её основе определялся по ГОСТ 31663-2012 на газовом хроматографе Agilent GC 7820A (Agilent Inc.) и на GC-9A фирмы “Shimadzu”.

Микробиологические испытания сырья и готовой продукции проводили по действующей документации. Определение в сырье и готовой продукции КМАФиМ, энтеропатогенных эшерихий коли, патогенных микроорганизмов, в т.ч. сальмонелл, протей, анаэробов проводили по ГОСТ 2531182. Токсичность оценивали по выживаемости инфузорий по ГОСТ 29136-91, ГОСТ 52337-05.

Оценку питательной ценности комбикормов для форели с включением рыбной чешуи проводили по методике М. А. Щербины (1983).

Количественное определение гематологических показателей крови, сухого вещества, сырого протеина, липидов, минеральных веществ проводили по общепринятым методикам. Динамику изменения температуры сушки смеси рыбного сырья, а также нагрев сырой смеси при чистке чешуи сухим способом осуществляли при помощи бесконтактного инфракрасного термометра Mastech MS6530B.

Статистическую обработку данных проводили стандартными методами с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Office (MS Excel) профес-

сиональный плюс 2010, надстроек “Анализ данных” и “Пакет анализа”, «Mathcad 2000 Professional» на 95%-ном доверительном уровне.

Схема основных этапов исследований представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Общая схема проведения основных этапов исследования

В разделе 3 «**Результаты исследований и их обсуждение**» обоснован выбор сырья для производства муки кормовой на основе рыбной чешуи (подраздел 3.1), показаны этапы разработки технологии (подраздел 3.2).

Проведённые исследования необработанной чешуи сардинеллы и сардины на содержание токсичных элементов, пестицидов, радионуклидов, а также микробиологических показателей выявили, что она соответствует показателям безопас-

ности сырья, предназначенного для производства кормовой рыбной муки согласно ГОСТ 2116-2000, за исключением содержания цинка, которое находилось на предельном уровне или превышало значения предельно допустимой концентрации (табл.1).

Химический состав чешуи сардины и сардинеллы представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели чешуи сардинеллы и сардины

Наименование показателей	Результаты определения		Величины допускаемого уровня
	сардинелла	сардина	
Массовая доля влаги, %	6,50±0,70	7,20±0,10	не более 12,00
Массовая доля жира, %	8,30±0,07	12,70±0,10	не более 18,00
Массовая доля сырого протеина, %	49,90±0,10	45,00±0,10	не менее 50,00
Массовая доля фосфора, %	5,62±0,01	6,20±0,70	не более 5,00
Массовая доля хлорида натрия, %	0,30±0,05	0,53±0,04	не более 5,00
Массовая доля кальция, %	14,10±0,10	15,80±0,15	не более 13,00
Массовая доля золы, % не растворимой в соляной кислоте	0,46±0,05	0,65±0,08	не более 1,00
Кислотное число жира, мг КОН/г	35,80±0,40	53,20±0,10	не более 55,00
Наличие посторонних примесей, мг	не обнаружено	не обнаружено	не допускаются
Массовая доля цинка, мг/кг	95,9±19,20	135,9±14,00	не более 100,00

Отмечено (табл.1), что чешуя сардины и сардинеллы содержит повышенное количество кальция и фосфора и пониженное – сырого протеина.

Проведены исследования по предварительной обработке чешуи с целью удаления органических примесей различными способами (промывка водой с различной температурой, варка, хранение охлаждённой чешуи в воде и молочной сыворотке до обработки, сухая очистка). Выявлено, что наиболее эффективным способом предварительной обработки чешуи от органических примесей является сухая очистка, заключающаяся в кратковременном контакте чешуи рыб (в течение 10-25 с) с растительным сырьём. Процесс осуществлялся на промышленном оборудовании УПС-01 для получения сухих протеиновых смесей, где необработанная чешуя смешивается с сухим растительным сырьём в соотношении 1,0:(0,6-2,0) по массе при помощи ножей, вращающихся с окружной скоростью 40 м/с и создающих аэродинамический поток, в котором происходит скоростное соударение и трение компонентов смеси, при этом примеси, влага и частично поверхностный (гиалодентиновый) слой чешуи перераспределяются на растительное сырьё. В итоге образовавшаяся смесь фракционируется на очищенную чешую и обогащённое рыбными компонентами растительное сырьё.

В качестве сухого растительного сырья (технологическая добавка) применялись спиртовая барда, пшеничные отруби, или их смесь.

Химический состав муки из чешуи сардинеллы, очищенной пшеничными отрубями, представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Химический состав муки кормовой из чешуи сардинеллы

Наименование определяемого показателя	Результаты определения	Допустимые значения
Массовая доля влаги, %	13,00±0,10	не более 12,00
Массовая доля жира, %	1,29±0,43	не более 14,00
Кислотное число жира, мг КОН/г	15,90±0,40	не более 55,00
Массовая доля клетчатки, %	менее 2,00	-
Массовая доля золы, %	32,60±1,30	-
Массовая доля протеина, %	32,12±0,95	не менее 50,00
Массовая доля фосфора (P), %	4,54±0,75	не более 5,00
Массовая доля кальция (Ca), %	7,20±0,60	не более 13,00
Массовая доля цинка (Zn), мг/кг	8,26±1,73	не более 100,00
Массовая доля БЭВ (в т. ч. клетчатка), %	20,99±0,40	-

При сухой очистке чешуи сардинеллы пшеничными отрубями (табл. 2) в очищенной чешуе отмечено значительное снижение содержания цинка в 14,6-16,9 раза, кальция – в 4,2 раза, фосфора – в 1,6 раза, азота – в 1,36 раза, жира – в 3,2-4,1 раза.

Аминокислотный состав белков чешуи сардинеллы характеризовался значительным содержанием глицина (5,95 %), пролина (3,50 %), глутаминовой кислоты + глутамина (3,13 %), аланина (2,75 %) и аргинина (2,23 %) от общей массы чешуи и практически отсутствием цистина и триптофана, что характерно для коллагеновых белков (Воробьев, 2017).

Отмечено значительное содержание в липидах чешуи насыщенных (пальмитиновая 21,4 %, миристиновая 7,9 %) и ненасыщенных (эйкозопентаеновая 15,9 %, линолевая 8,7 %, пальмитолеиновая 8,3 %, докозогексаеновая 5,6 %) жирных кислот.

Общая бактериальная обсеменённость при очистке снижалась с $6,5 \times 10^5$ до $9,3 \times 10^3$ КОЕ/г, что объясняется снижением массовой доли влаги с 63,4 % до 30,1 % в очищенной чешуе (Воробьев, 2016). Это свидетельствует о том, что при сухой очистке необработанной чешуи происходит удаление слизи, органических примесей и частично гиалодентинового (поверхностного) слоя чешуи.

Визуально у очищенной чешуи отсутствует характерный поверхностный блеск (поверхность становится матовой, бархатистой), а также уменьшается степень прищипываемости её жесткости (при сжатии чешуйки пальцами). При очистке пшеничными отрубями, имеющими большую плотность и иной гранулометрический состав по сравнению с сухой спиртовой бардой, или смесью спиртовой барды и пшеничных отрубей

эффект очистки чешуи усиливается, но при этом происходит увеличение потерь массы чешуи за счёт перераспределения на растительное сырьё.

В подразделе 3.3 «Исследование процесса высушивания сырья» представлены результаты измерения температуры смеси рыбного сырья (очищенная чешуя/рыбные отходы) в процессе её высушивания на установке УПС-01 до влажности не более 12 % (рис. 2).

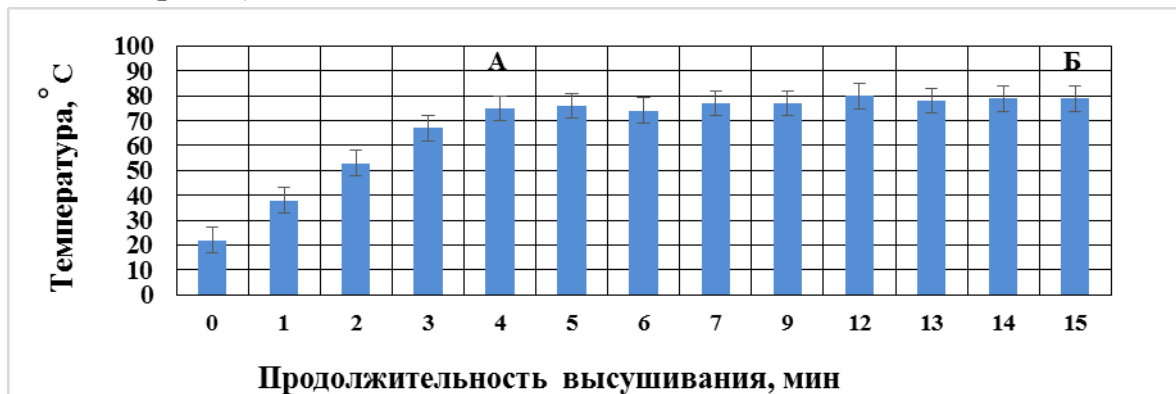


Рисунок 2 – Изменение температуры смеси рыбного сырья (чешуя сардинеллы (очищенная) – 9 кг + отходы трески – 12 кг) в процессе её высушивания на УПС-01. Точка А – температура мокрого термометра, точка Б – температура окончания сушки

На рис. 2 представлена типичная температурная кривая характерная для сушки «тонких» образцов продукта (чешуя). Из полученных данных видно, что в течение 4 мин наблюдается быстрое повышение температуры до температуры мокрого термометра (точка А) и на протяжении периода постоянной скорости обезвоживания она практически не меняется (Баранов, 2006). Следует отметить, что при постоянном равномерном добавлении рыбного сырья в процессе всего периода высушивания смеси температура и продолжительность высушивания изменялись в зависимости от массовой доли жира в ней.

Данные по влиянию содержания жира в смеси рыбного сырья на продолжительность процесса её высушивания представлены в табл. 3. Видно, что с уменьшением жира в смеси рыбного сырья сокращается продолжительность высушивания.

Таблица 3 – Результаты физико-химического анализа высушивания смеси рыбного сырья (сухая чешуя сардины + охлаждённая килька) в различных соотношениях

Чешуя сардины, %	Килька балтийская, %	Общая масса смеси, кг/%	Содержание протеина в сырой смеси, %	Содержание жира в сырой смеси, %	Содержание жира в продукте, % АСВ	Продолжительность сушки, мин	Выход готовой продукции, кг/%	Масса выпаренной жидкости, кг	Продолжительность выпаривания 1кг жидкости, мин
40	60	25/100	25,30±0,34	6,64±0,14	29,70±0,43	38,5	13,3/53,2	11,7	3,29±0,10
50	50	25/100	28,10±0,29	6,05±0,17	19,75±0,10	29,5	15,2/60,8	9,8	3,01±0,10
64	36	25/100	32,02±0,20	5,22±0,11	15,20±0,17	14,5	18,0/72,0	7,0	2,07±0,05
80	20	25/100	36,50±0,16	4,28±0,04	9,88±0,18	8,5	21,0/84,0	4,0	1,70±0,05

В подразделе **3.4 «Определение рациональных условий высушивания смеси рыбного сырья»** представлены результаты продолжительности высушивания смеси рыбного сырья (табл. 3) от содержания в ней жира (рис. 3).

Имеется полиномиальная зависимость между продолжительностью выпаривания 1 кг жидкости и содержанием жира в смеси рыбного сырья, которая выражается уравнением регрессии, представленным на рис. 3.

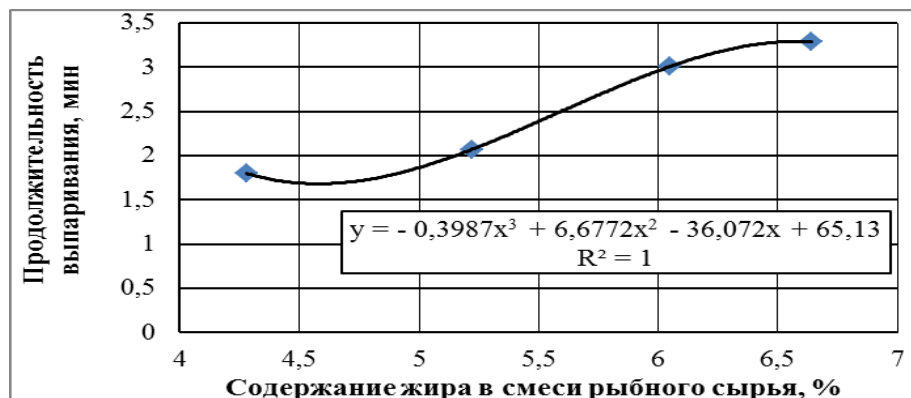


Рисунок 3 – Продолжительность выпаривания 1 кг жидкости из смеси рыбного сырья с различным содержанием жира

В подразделе **3.5 «Исследование химического состава жидких рыбных отходов»** представлен химический состав рыбных жидкостей (обезжиренный рыбный бульон и рыбная тканевая жидкость), используемых для получения муки кормовой на основе рыбной чешуи.

В подразделе **3.6 «Получение муки кормовой на основе рыбной чешуи с использованием обезжиренного рыбного бульона и продуктов его переработки»** представлен химический состав муки кормовой полученной из смеси высушенной чешуи сардинеллы и продуктов переработки рыбного бульона (табл. 4). Видно, что добавление данных продуктов способствует увеличению содержания сырого протеина и уменьшению содержания жира и золы в готовом продукте.

Таблица 4 – Химический состав муки кормовой, полученной из смеси чешуи сардинеллы и продуктов переработки рыбного бульона (РБК, КНМАС, КРБ)

Рыбное сырьё	Влага, %	Сырой протеин, %	Жир, %	Зола, %	Соотношение сырья в смеси, кг	Выход муки кормовой, %
Чешуя сардинеллы	7,3±0,74	51,8±0,27	4,6±0,31	36,3±0,74	-	-
Чешуя + РБК	10,7±0,35	57,1±1,25	4,4±0,17	27,8±1,30	16:6	77,7±0,20
Чешуя + КНМАС	10,9±0,11	53,1±0,25	3,8±0,18	32,2±1,10	16:6	85,0±0,10
Чешуя + КРБ	9,5±0,63	53,5±0,96	4,2±0,09	32,8±0,65	16:6	81,4±0,10

В подразделе **3.7 «Технология муки кормовой на основе рыбной чешуи»** представлены схемы получения муки кормовой на основе рыбной чешуи без использования и с использованием обезжиренного рыбного бульона и продуктов его переработки (рис. 4 и 5).



Рисунок 4 – Схема технологического процесса получения муки кормовой на основе рыбной чешуи



Рисунок 5 – Схема технологического процесса получения муки кормовой на основе рыбной чешуи с использованием обезжиренного рыбного бульона и продуктов его переработки

В подразделе 3.8 «Исследование изменений качества муки кормовой на основе рыбной чешуи в процессе хранения» установлено, что срок хранения муки кормовой на основе рыбной чешуи при комнатной температуре без использования антиокислителя не должен превышать 6 месяцев.

Результаты определения кислотного числа жира образцов муки кормовой на основе рыбной чешуи при хранении представлены на рис. 6.

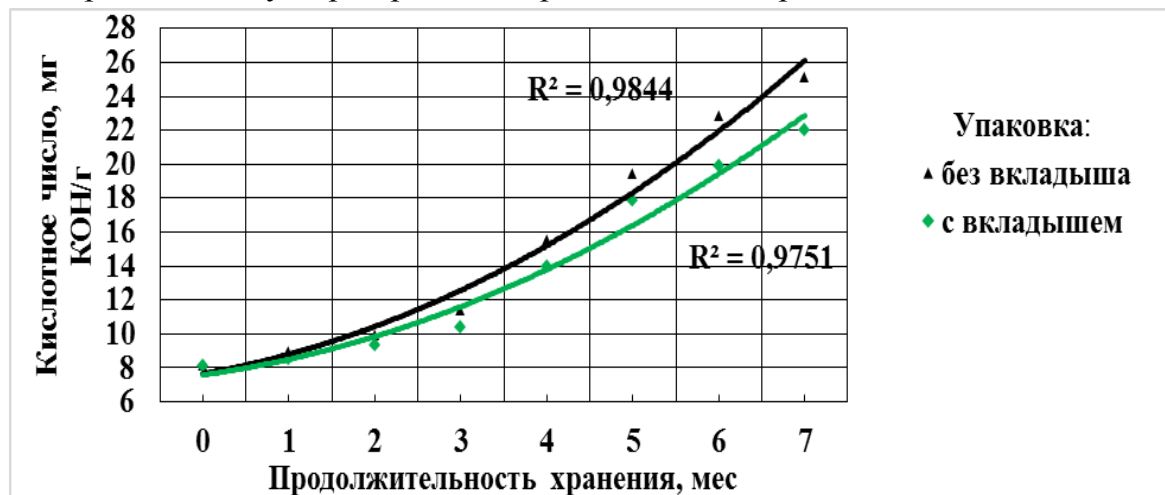


Рисунок 6 – Изменение кислотного числа жира образцов муки кормовой на основе рыбной чешуи при хранении

Из рис. 6 видно, что при хранении образцов муки кормовой на основе рыбной чешуи в течение 7 месяцев кислотное число жира не превышает нормативных показателей для кормовой рыбной муки (не более 55 мг КОН/г).

Результаты микробиологических показателей образцов при хранении представлены на рис. 7.

Видно, что в течение всего периода хранения показатели общей бактериальной обсемененности экспериментальных образцов муки кормовой не превышали нормативного значения (не более 5×10^5 КОЕ/г). К концу установленного срока хранения в испытуемых образцах отмечали повышение количества сапрофитных микроорганизмов, но в пределах нормативного значения анализируемого показателя

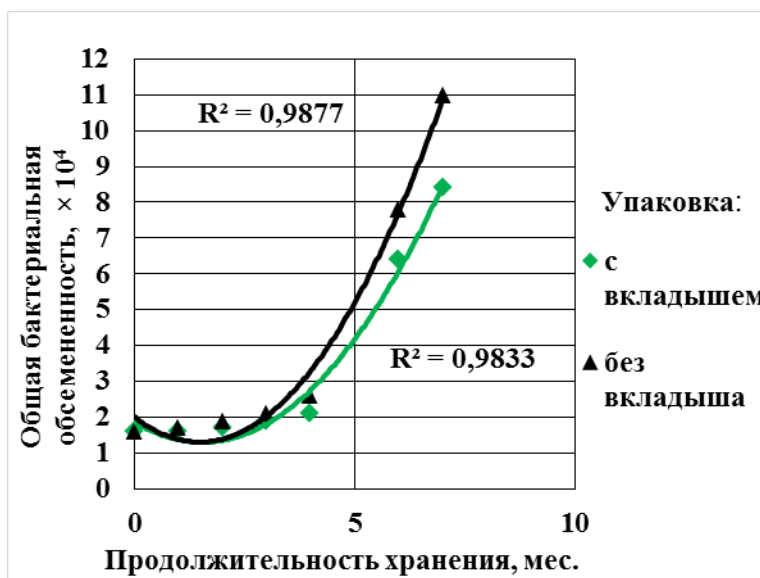


Рисунок 7 – Изменение показателей общей бактериальной обсемененности образцов муки кормовой на основе рыбной чешуи при хранении

В подразделе 3.9 «Оценка эффективности использования муки из рыбной чешуи в комбикормах для молоди форели» исследована эффективность частичной замены муки рыбной кормовой в составе рецептур кормов для молоди форели на муку кормовую на основе рыбной чешуи. Эксперименты проводили при кормлении форели с начальной массой 4,8 - 5,5 г в течение 70 дней с 27 мая по 4 августа в нерестово-выростном хозяйстве «Прибрежное» (Калининградская область).

Рецептуры опытных кормов с различным содержанием муки кормовой на основе рыбной чешуи (15, 20, 25, 35 %) представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Рецептуры опытных кормов

Ингредиенты	Опытные корма				АК-1ФП – производственный корм для форели (контроль)
	1	2	3	4	
Мука рыбная, %	30	25	20	10	40
Мука на основе чешуи рыб, %	15	20	25	35	-
Витазар, %	15	-	34	14	52
Кукурузный глютен, %	15	30	10	30	-
Пшеница, %	14	14	-	-	-
Жир рыбный, %	10	10	10	10	7
Премикс ПФ – 3В, %	1	1	1	1	1
Лизин, %	-	-	0,2	0,5	-

Химический состав комбикормов, содержащих муку кормовую на основе чешуи для молоди форели, представлен в табл. 6.

Таблица 6 – Химический состав комбикорма с различным содержанием муки кормовой на основе чешуи для молоди форели

Показатель	Содержание муки кормовой на основе рыбной чешуи в комбикорме, %.				
	15 опыт 1	20 опыт 2	25 опыт 3	35 опыт 4	кон- троль
Сырой протеин, % АСВ	48,4	48,9	47,1	45,3	46,8
Липиды, % АСВ	14,7	14,9	13,1	15,5	11,6
Углеводы (гидролизуемые), % АСВ	16,8	13,2	15,2	15,6	12,8
Минеральные вещества, % АСВ	11,5	12,0	13,2	13,6	11,0
Энерго-протеиновое отношение, кДж/г	42,1:1	42,1:1	40,0:1	43,6:1	41,5:1
БЭВ, % АСВ	8,6	11,0	11,4	10,0	17,8
Сумма ω_6 жирных кислот, %	0,29	0,30	0,27	0,31	0,24
Сумма ω_3 жирных кислот, %	2,8	2,8	2,5	2,9	2,2
ω_3/ω_6	9,66	9,33	9,26	9,35	9,17
Обеспеченность протеина ω_3 жирными кислотами, %	5,79	5,73	5,31	6,41	4,70

Из табл. 6 видно, что содержание сырого протеина в кормах (45,3 – 48,9 %) и его обеспеченность энергией (40,0 - 43,6/1 кДж/г) соответствует потребностям молоди форели (Сергеева, 2003).

Физиолого-биохимические показатели крови молоди форели, выращенной на кормах с добавлением муки кормовой на основе рыбной чешуи, показаны в табл. 7.

Таблица 7 – Физиолого-биохимические показатели крови молоди форели, выращенной на кормах с добавлением муки кормовой на основе рыбной чешуи

Показатель	Начало эксперимента	Окончание эксперимента (70 дней)				Контроль
		Опыт				
		1	3	4		
Гемоглобин, г/л	90,0 ± 4,5	102,0 ± 5,1	83,28 ± 3,32	90,08 ± 4,50	67,4 ± 3,23	
Эритроциты, млн/мкл	1,16 ± 0,07	1,20 ± 0,03	1,21 ± 0,03	1,23 ± 0,06	1,21 ± 0,06	
Лейкоциты, млн/мкл	18,6 ± 1,3	17,72 ± 0,53	25,36 ± 1,01	22,28 ± 1,12	18,36 ± 0,91	
В том числе, %:						
нейтрофилы	14,8 ± 0,88	10,8 ± 0,64	7,20 ± 0,43	16,8 ± 0,50	12,0 ± 0,72	
моноциты	1,00 ± 0,04	1,00 ± 0,03	1,40 ± 0,04	3,0 ± 0,15	0,33 ± 0,01	
лимфоциты	79,8 ± 4,78	86,4 ± 4,32	89,6 ± 4,48	75,8 ± 3,79	86,3 ± 4,31	
Щелочная фосфотаза, ед/л	3208,66 ± 96,25	988,74 ± 49,43	2096,62 ± 62,89	2162,07 ± 43,24	914,2 ± 36,56	
Глюкоза, мл/л	9,44 ± 0,37	10,42 ± 0,52	9,68 ± 0,29	12,12 ± 0,48	5,1 ± 0,15	
Белок, г/л	91,98 ± 6,43	119,88 ± 3,59	99,8 ± 4,99	112,0 ± 3,36	65,93 ± 2,63	

Из табл. 7 видно, что на всём протяжении эксперимента в крови форели сохранялся низкий уровень фагоцитарных клеток (моноцитов и нейтрофилов), что свидетельствует об отсутствии воспалительных процессов, нормальном функционировании иммунной системы и здоровье рыбы в целом.

Рыбоводные результаты определения эффективности введения в комбикорма муки на основе чешуи при выращивании молоди форели, представлены в табл. 8.

Таблица 8 – Рыбоводные результаты определения эффективности введения муки на основе чешуи в комбикорма при выращивании молоди форели в течение 70 дней

Показатель	Опыт				Контроль
	1	2	3	4	
Средняя масса рыб, г					
начальная	5,3	5,5	4,8	4,9	4,9
конечная	23,0	24,5	17,5	16,9	19,6
Прирост массы рыб, г			-		
абсолютный	17,7	19,0	12,7	12,0	14,7
% к контролю	120,4	129,2	86,4	82,8	100
относительный	334	345,4	264,6	244,9	300
% к контролю	111,3	115,3	88,2	81,6	100
среднесуточный	2,08	2,11	1,90	1,83	2,00
% к контролю	104	105,5	95	91,5	100
ихтиомасса, кг			-		
начальная	6,9	7,1	6,2	6,4	6,4
конечная	29,3	31,4	22,2	21,1	24,8
Прирост ихтиомассы, кг			-		
абсолютный	22,4	24,3	16,0	14,7	18,4
% к контролю	121,7	132,0	86,9	79,9	100

Показатель	Опыт				Контроль
	1	2	3	4	
Количество, шт.	-	-	-	-	-
начальное	1300	1300	1300	1300	1300
конечное	1276	1284	1270	1248	1268
Отход рыб, %	0,02	0,01	0,02	0,04	0,02
Кормовой коэффициент	1,03	1,02	1,07	1,30	1,10

Анализ данных (табл. 8) показал, что в опытах 1 и 2 за весь период выращивания молоди форели абсолютный, относительный и среднесуточный приросты массы рыб, а также абсолютный прирост ихтиомассы был соответственно выше, чем в контроле. При этом затраты корма в опытах 1, 2, 3 были ниже на 6,4; 7,3; 2,7 % соответственно, а в опыте 4 – на 18,2 % выше по сравнению с контролем.

Показатели накопления питательных веществ на 1 кг первоначальной массы, рассчитанные на основе данных об изменении массы и химического состава тела рыб в начале и в конце эксперимента, представлены на рис. 8.



Рисунок 8 – Влияние введения различных доз муки на основе чешуи в комбикорм на накопление сырого протеина, общих липидов и минеральных веществ у форели на 1 кг первоначальной массы

Полученные данные (рис. 8) свидетельствуют о том, что введение 15 и 20 % муки на основе чешуи вместо рыбной муки в комбикорме активировало синтез белков и липидов в организме молоди форели, а введение 25 и 35 % – его ингибировало.

Рыбоводные результаты определения эффективности введения в комбикорма различных доз муки кормовой на основе рыбной чешуи на абсолютный прирост молоди форели в динамике эксперимента, проведенного в период с 27 мая по 4 августа, представлены на рис. 9.

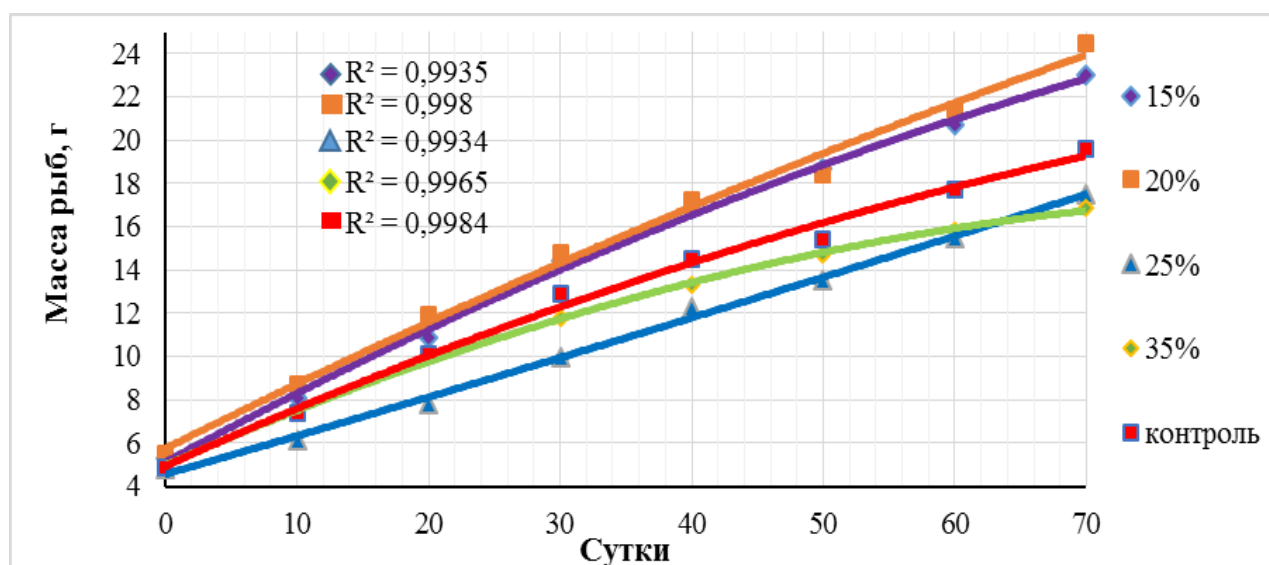


Рисунок 9 – Абсолютный прирост молоди форели, выращиваемой с 27 мая по 4 августа на кормах с добавлением муки кормовой на основе рыбной чешуи

Анализ полученных рыбоводных и физиолого-биохимических данных свидетельствует о том, что введение в комбикорм 15 % муки кормовой на основе рыбной чешуи оказало положительное влияние на гематологические показатели крови, обмен белков и липидов в организме форели, что обусловило более высокий темп роста рыб при более низких затратах корма по сравнению с контролем.

В подразделе **3.10 «Расчет экономической эффективности»** установлено, что технология муки кормовой на основе рыбной чешуи, внедрённая в промышленное производство на ООО НПП «Прок-М» при годовом выпуске муки кормовой 125,2 т и кормовой белковой добавки 512,7 т, позволяет получить 6,53 млн руб. чистой прибыли, при этом рентабельность производства составляет 50 %, а срок окупаемости – 0,84 года.

В подразделе **3.11 «Производственные испытания и внедрение технологии»** представлены данные по изготовлению опытных партий муки кормовой на основе рыбной чешуи сардины и сардинеллы в условиях ООО НПП «Прок-М».

На новую технологию разработана техническая документация ТУ 102041-001-00471544 - 2017 «Мука кормовая на основе рыбной чешуи» и соответствующая ТИ 010-2017, а также ТУ 928314-001-00471544-2017 «Отходы рыбные».

Технология муки кормовой на основе рыбной чешуи была внедрена на предприятии ООО НПП «Прок-М».

Представлены положительные отзывы специалистов предприятий по применению новой кормовой продукции. Это – Знаменский комбикормовый завод; АО «Береговой» (разведение норки); ИП ГКФК Короткова Е.Ф. (перепелиная ферма – 60 тыс. голов); учебно-опытное хозяйство ФГБОУ ВО «КГТУ» (разведение карпа).

При кормлении сельскохозяйственных животных комбикормами, содержащими муку кормовую на основе рыбной чешуи, отмечено улучшение качества шерсти у овец и кроликов, а также сокращение сроков линьки у птиц за счёт более быстрой оперяемости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно обоснованы и экспериментально подтверждены технологические решения, направленные на использование рыбной чешуи как сырьевой основы для приготовления муки кормовой с высокой биологической ценностью.

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Определён комплекс показателей качества и безопасности коллагенсодержащих отходов от разделки рыбы. Показано, что необработанная чешуя сардины (*Sardina pilchardus*) и сардинеллы (*Sardinella aurita*), используемая в качестве сырья для производства муки кормовой, по содержанию тяжёлых металлов, пестицидов не превышает нормативных показателей на данный вид продукции, кроме цинка, содержание которого находится на уровне предельных или несколько превышающих значений предельно допустимых концентраций.

2. Установлено, что чешуя, полученная в процессе разделки рыбного сырья в промышленных условиях, имеет значительное количество органических примесей (кусочки кожи, мяса, кости, плавники, жаберные крышки, внутренности, рыбная слизь, жир, кровь и др.), которые приводят к слипанию чешуи и образованию комков, затрудняющих процесс её последующего высушивания. Показано, что по микробиологическим показателям срок хранения необработанной чешуи рыб в производственных условиях – менее суток, в то время как хранение её в молочной сыворотке увеличивает срок хранения до двух суток. При хранении и предварительной обработке чешуи мойкой в воде с различной температурой, а также при варке происходят потери массы сырья, достигающие до 23,5 % от общей массы, однако эффективность её очистки такими способами недостаточна.

3. Выявлено, что наиболее эффективным способом очистки чешуи от органических примесей является сухая очистка, осуществляемая кратковременным (10-25 с) интенсивным смешиванием необработанной чешуи с сухой спиртовой бардой или пшеничными отрубями, или их смесью (75:25 %) в соотношении 1:(0,6-1), 1:2, 1:1 соответственно по массе, в установке с окружной скоростью вращающихся ножей 40 м/с и фракционированием образовавшейся смеси.

Способ сухой очистки чешуи позволяет снизить в ней содержание жира в 3,2 - 4,1 раза, кальция – в 4,2 раза, фосфора – в 1,6 раза, азота – в 1,36 раза, цинка – в 14,6 - 16,9 раза (до его массовой доли менее 100 мг/кг в очищенной чешуе). Общая бактериальная обсеменённость снижается с $6,5 \times 10^5$, до $9,3 \times 10^3$ КОЕ/г, что обусловлено снижением массовой доли влаги с 63,4 % до 30,1 % в очищенной чешуе.

4. Впервые разработана новая технология муки кормовой на основе рыбной чешуи с использованием промышленного технологического оборудования, включающего такие операции, как одновременное перемешивание, измельчение и высушивание смеси рыбного сырья за счёт тепла, выделяемого при трении компонентов сырья и образующегося аэродинамического потока, возникающего при вращении ножей с окружной скоростью (40 м/с).

5. Установлена зависимость биологической ценности муки кормовой на основе рыбной чешуи от соотношения в ней количества чешуи и рыбных отходов (включая

обезжиренный рыбный бульон и продукты его переработки). Количество сырого протеина в муке кормовой при её производстве на установке УПС - 01 может быть повышено на 14 % по сравнению с количеством протеина в высушенной рыбной чешуе за счёт добавления рыбных отходов.

6. Анализ рыбоводных и физиолого-биохимических данных, полученных при кормлении молоди форели кормами с коллагенсодержащим компонентом (мука кормовая на основе рыбной чешуи) в количестве 15 %, показал их положительное влияние на гематологические показатели крови рыб, синтез белков и липидов, что обусловило более высокий темп роста молоди при более низких затратах корма по сравнению с контролем.

7. Разработана и утверждена техническая документация на производство муки кормовой на основе рыбной чешуи (Технические условия ТУ 10.20.41-01000471544-2017 и Технологическая инструкция ТИ 010-2017), а также ТУ928314-001-00471544-2017 «Отходы рыбные». Проведены производственные испытания технологических решений по производству муки кормовой на основе рыбной чешуи в условиях ООО НПП «Прок-М». Ресурсосберегающая технология муки кормовой на основе рыбной чешуи внедрена на данном предприятии. Количество перерабатываемой сырой чешуи предприятием составило 400 т/год. Объём производства муки кормовой на основе рыбной чешуи составил 125-145 т/год; кормовой белковой добавки с использованием рыбной чешуи – до 360 т/год.

8. Произведён расчёт экономической эффективности производства при внедрении технологии, показавший в условиях ООО НПП «Прок-М» рентабельность 50 %, срок окупаемости 0,84 года при высокой прибыльности производства.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих печатных работах:

В изданиях из перечня ВАК Минобрнауки РФ и рецензируемых научных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных AGRIS

1. Содержание токсичных элементов и способ их частичного удаления в покровных тканях рыб, с целью использования данного сырья для производства кормовой продукции / **В. И. Воробьев**, М. П. Андреев, Е. В. Нижникова [и др.] // Известия КГТУ. – 2017. – № 47. – С. 116-122.
2. **Воробьев, В. И.** Исследования и применение рыбной чешуи в различных отраслях промышленности (обзор) / В. И. Воробьев, Е. В. Нижникова // Известия КГТУ. – 2017. – № 45. – С. 147-159.
3. **Воробьев, В. И.** Влияние способа переработки рыбной чешуи на содержание тяжёлых металлов в кормовых добавках / В. И. Воробьев // Известия КГТУ. – 2017. – № 44. – С. 99-109.
4. Предварительная обработка рыбной чешуи / **В. И. Воробьев**, Е. В. Нижникова, А. Г. Булычёв [и др.] // Известия КГТУ. – 2017. – № 44. – С. 111-122.
5. **Воробьев, В. И.** Химическая и микробиологическая оценки коллагенсодержащего сырья (рыбной чешуи), подвергнутого предварительной обработке / В. И. Воробьев, О. В. Казимирченко // Известия КГТУ. – 2016. – № 43. – С. 109-121.
6. Альтернативные источники получения аналогов рыбной муки / **В. И. Воробьев**, Е. В. Нижникова, О. Т. Лемперт [и др.] // Известия КГТУ. – 2015. – № 38. – С. 74-82.

7. Использование рыбной чешуи в технологии пищевых и кормовых продуктов / О. Я. Мезенова, Л. С. Байдалинова, **В. И. Воробьев** [и др.] // Известия КГТУ. – 2015. – № 37. – С. 92-101.
8. **Воробьев, В. И.** Переработка коллагенсодержащего рыбного сырья / В. И. Воробьев // Рыбное хозяйство. – 2015. – №. 1. – С. 122-125.

Патенты Российской Федерации:

9. А. с. (Россия) № 1768120 А1 А23 К 1/10. Способ переработки рыбного подпрессового бульона на корм / ВНИРО; **Воробьев В. И.**, Исаев В. А., Бикбов Т. М.; опубл. 15.10.1992, Бюл. № 38.
10. Пат. (Россия) № 2116731 С1 6А 23К 1/10, А 23 L 1/326. Способ переработки подпрессового бульона в процессе производства рыбной кормовой муки / **Воробьев В. И.**, Терещенко В. П., Ковалева И. П. – КГТУ; опубл. 10.08.1998, Бюл. № 22.
11. Пат. (RU) № 2262861 С2 МПК7 А23К1/10. Способ получения кормовой белково-минеральной муки (варианты) / **Воробьев В. И.**, Сергеева Н. Т.; заяв. 2001.03.29; опубл. 2005.10.27, Бюл. № 30.
12. Пат. № 2528458 РФ, Способ получения кормовой добавки или удобрения из гидробионтов / **Воробьев В. И.**, Бушуев А. А.; заяв. 07.05.2013, опубл. 23.07.2014, Бюл. № 26.
13. Пат. № 2621028 РФ, А23К 10/38. Способ получения кормовой добавки или удобрения / **Воробьев В. И.**; опубл. 30.05.2017, Бюл. № 16.
14. Пат. № 2241347 РФ, Способ получения пищевой добавки / Степанцова Г. Е., **Воробьев В. И.**; - № 2002102173/13; заяв. 25.01.2002, опубл. 10.04.2004. Бюл. № 34.
15. Пат. № 2335951 РФ, МПК А23L 1/325. Способ получения пищевого белкового продукта воздушно-пористой структуры / **Воробьев В. И.**; опубл. 20.10.2008, Бюл. № 29.

Публикации в других изданиях и материалах конференций:

16. Ковалева, И. П. Разработка технологии кормового продукта из подпрессового бульона / И. П. Ковалева, **В. И. Воробьев**, В. В. Хлопкова // XXII межвузовская НТК Калининградских вузов Минрыбхоза СССР: сб. тез. докл. – Калининград, 1989. – С. 79.
17. **Воробьев, В. И.** Влияние ферментативной обработки на структуру продукта распылительной сушки из рыбного подпрессового бульона / В. И. Воробьев, И. П. Ковалева, В. В. Хлопкова // Деп. Рукоп. № 1062 рх – 89; Библиогр. указатель ВИНТИ (Естественные и точные науки, техника). – Москва: ВНИЭРХ, 1990. – № 1(219). – С. 90.
18. **Воробьев, В. И.** Исследование вязкости рыбных бульонов при концентрировании / В. И. Воробьев, И. П. Ковалева // Совершенствование технологии и контроля производства продукции из рыбного сырья: сб. науч. тр. – Кал-д: КТИРПХ, 1990. – С. 68-73.
19. **Воробьев, В. И.** Обезвоживание ферментированных рыбных бульонов / В. И. Воробьев, И. П. Ковалева // Комбикорма и обмен веществ у рыб: сб. науч. тр. – Калининград, 1991. – С. 102-108.
20. **Воробьев, В. И.** Комплексная безотходная технология переработки подпрессовых бульонов с разделением белковых фракций / В. И. Воробьев, В. И. Терещенко, И. П. Ковалева // Прогрессивные технологии продуктов питания: сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во «КГТУ», 1997. – С. 13-16.
21. **Воробьев, В. И.** Применение коагулянтов для выделения высокомолекулярных фракций из подпрессового бульона / В. И. Воробьев, И. П. Ковалева // Прогрессивные технологии продуктов питания: сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во «КГТУ», 1997. – С. 106-110.
22. **Воробьев, В. И.** Результаты рыбоводных испытаний кормовых продуктов из подпрессового бульона в составе стартовых кормов для рыб / В. И. Воробьев, И. П. Ковалева,

- О. Т. Лемперт // Прогрессивные технологии продуктов питания: сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во «КГТУ», 1997. – С. 103-105.
23. **Воробьев, В. И.** Использование стоков рыбообработывающих предприятий для получения комбикормов / В. И. Воробьев, И. П. Ковалева // Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре: II Междунар. симпозиум: материалы докл. – Краснодар: Изд-во «КрасНИРХ», 1999. – С. 188-189
24. Сергеева, Н. Т. Использование добавок КНмАС в комбикормах для молоди сига (*Coregonus lavaretus* L.) / Н. Т. Сергеева, **В. И. Воробьев**, О. Ю. Маташенко // Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России (24-27 сент. 2001, Адлер): междунар. науч.-практ. конф.: материалы (КрасНИРХ) – Краснодар, 2001. – С. 248-249.
25. Сергеева, Н. Т. Рост молоди морского сига (*Coregonus lavaretus*) в зависимости от питательности корма и температуры воды / Н. Т. Сергеева, О. Ю. Маташенко, **В. И. Воробьев** // VIII съезд гидробиологического общества РАН: тез. докл. – Калининград: АтлантНИРО, 2001. – Т. 2. – С. 59-60.
26. Сергеева, Н. Т. Физиолого-биохимический статус молоди форели, выращиваемой на кормах с введением коллагенсодержащего компонента / Н. Т. Сергеева, **В. И. Воробьев**, И. В. Перловская // Теоретические и прикладные аспекты биоэкологии: юбилейный сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во КГУ, 2003. – С. 128-133.
27. **Воробьев, В. И.** Изменение содержания ЭПК и ДГК в жире кильки при хранении в зависимости от технологии получения / В. И. Воробьев, Н. Т. Сергеева, Н. В. Ломако // Инновации в науке и образовании 2004: междунар. науч. конф., посвящ. 10-летию КГТУ (20-22 окт.): материалы / КГТУ. – Калининград, 2004. – С. 232-233
28. **Воробьев, В. И.** Изменение качества и биологической ценности рыбных жиров при хранении в зависимости от технологии их получения / В. И. Воробьев, Н. Т. Сергеева, Н. В. Ломако // Известия КГТУ. – 2005. – № 7. – С.168-173.
29. **Воробьев, В. И.** Исследование аминокислотного состава рыбного сырья на различных технологических операциях получения рыбного белкового концентрата (РБК) и концентрата низкомолекулярных азотистых соединений (КНмАС) / В. И. Воробьев, Н. П. Нефедова // Инновации в науке и образовании – 2005: междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию основания КГТУ и 750-летию Кёнигсберга-Калининграда: труды. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2005. – Ч. 2. – С. 174-176
30. Сергеева, Н. Т. Эколого-биохимические аспекты использования отходов переработки рыбного сырья (РБК) в кормах для молоди форели / Н. Т. Сергеева, **В. И. Воробьев**, О. Т. Лемперт // Инновации в науке и образовании – 2005: Междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию основания КГТУ и 750-летию Кёнигсберга-Калининграда. – Калининград, 2005. – Ч. 2. – С. 169-172.
31. Сергеева, Н. Т. Применение КНмАС из рыбного сырья при выращивании молоди сига // Н. Т. Сергеева, **В. И. Воробьев**, О. Ю. Маташенко // Пищевая и морская биотехнология: проблемы и перспективы (4-5 июня): науч.-практ. конф.: материалы. – Калининград, 2006. – С. 103-104
32. Сергеева, Н. Т. Эколого-биохимические аспекты использования отходов переработки рыбного сырья в кормах для молодого сига / Н. Т. Сергеева, **В. И. Воробьев** // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – Сер. Естественные и медицинские науки. – 2006. – № 7. – С. 81-84.

33. Степанцова, Г. Е. Использование коллагенсодержащего сырья гидробионтов для пищевых и кормовых целей / Г. Е. Степанцова, Н. Т. Сергеева, **В. И. Воробьев** // Инновации в науке и образовании – 2006: IV Междунар. науч. конф.: труды. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2006. – Ч. 1. – С. 294-296.
34. Степанцова, Г. Е. Пищевая добавка из коллагенсодержащего сырья гидробионтов / Г. Е. Степанцова, Н. Т. Сергеева, **В. И. Воробьев** // Пищевая и морская биотехнология: проблемы и перспективы (Калининград, 4-5 июля 2006): науч.-практ. конф.: материалы. – Москва, 2006. – С. 112-113.
35. Степанцова, Г. Е. Биологическая ценность коллагенсодержащего сырья гидробионтов / Г. Е. Степанцова, **В. И. Воробьев** // Инновации в науке и образовании – 2007: V Междунар. науч. конф.: труды. – Калининград, 2007. – Ч. 1. – С. 310-312.
36. Сергеева, Н. Т. Коллагенсодержащее сырьё в комбикормах для форели / Н. Т. Сергеева, Г. Е. Степанцова, **В. И. Воробьев** // Пищевая и морская биотехнология: проблемы и перспективы» (Светлогорск, 2-3 июля 2008): науч.-практ. конф.: тез. – Москва: МАКС Пресс. – С. 128-129.
37. **Воробьев, В. И.** Использование рыбного коллагена и продуктов его гидролиза / В. И. Воробьев // Известия КГТУ. – 2008. – № 13. – С. 55-58.
38. Сергеева, Н. Т. Биологически активные вещества коллагенсодержащего сырья и их физиологическая ценность / Н. Т. Сергеева, **В. И. Воробьев**, Г. Е. Степанцова // Известия КГТУ. – 2010. – № 18. – С. 118-124.
39. Сергеева, Н. Т. Коллагенсодержащее рыбное сырьё, как компонент комбикорма / Н. Т. Сергеева, **В. И. Воробьев**, Е. В. Нижникова // Инновации в науке, образовании и бизнесе – 2013: XI Междунар. науч. конф.: труды. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – Ч.1. – С. 133-136.
40. **Воробьев, В. И.** Переработка коллагенсодержащих рыбных отходов / В. И. Воробьев, Д. В. Мищенко // Инновации в науке, образовании и бизнесе-2014 (15-17 окт.): XII Междунар. науч. конф.: труды. – Кал-д: Изд-во КГТУ, 2014.– Ч.2. – С. 319-320.
41. Мезенова, О. Я. Биопотенциал рыбной чешуи и её использование в технологии биологически активных продуктов / О. Я. Мезенова, Л. С. Байдалинова, **В. И. Воробьев** // Форум науки и инноваций (25-27 июня): Всерос. науч.- практ. конф. с междунар. участием ИРНИТУ85: материалы. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2015. – С. 123-130.
42. Отчёт НИОКР № 115052010033 по теме: Использование жидких отходов рыбопереработки в качестве удобрения сельскохозяйственных культур Калининградской области. Шифр 30.31.06.2, **Воробьев В.И.**, Григорович Л.М. (ФГБОУ ВПО «КГТУ»), 2015. – С. 37.
43. **Воробьев, В. И.** Содержание токсичных элементов в покровных тканях рыб / В. И. Воробьев, Е. В. Нижникова, Н. П. Нефёдова // Инновации в науке, образовании и предпринимательстве – 2017: V Междунар. Балтийский форум: XV Междунар. науч. конф.: тез. докл. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2017. – Ч. 2. – С. 31-33.

Список использованных сокращений

АСВ – абсолютно сухое вещество; БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества; КНМАС – концентрат низкомолекулярных азотистых соединений; КРБ – концентрат рыбного бульона; РБК – рыбный белковый концентрат; УПС – установка для производства протеиновой смеси.

Подписано в печать _____ 2018 г. Заказ № __, объем 1 п.л., Бумага 60×84(1/16). Тираж 100 экз.
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ» 236022, Калининград, Советский пр-т, 1