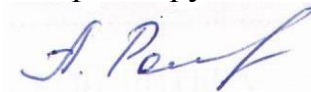


На правах рукописи



Романова Алиса Сергеевна

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА ГОДНОСТИ ОХЛАЖДЕННОЙ РЫБЫ**

Специальность 05.18.15 –
Технология и товароведение пищевых продуктов
и функционального и специализированного назначения
и общественного питания

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2018

Работа выполнена на кафедре пищевой инженерии
в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении
высшего образования «Уральский государственный экономический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Тихонова Наталья Валерьевна (Россия),
профессор кафедры пищевой инженерии
ФГБОУ ВО «Уральский государственный
экономический университет»

Официальные оппоненты: **Харенко Елена Николаевна** (Россия),
доктор технических наук, доцент,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт рыбного хозяйства и океанографии»,
заместитель директора по научной работе

Горбунова Наталия Анатольевна (Россия),
кандидат технических наук,
ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых
систем им. В. М. Горбатова» РАН, ученый секретарь

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Кемеровский государственный университет»

Защита диссертации состоится «18» мая 2018 г. в 16:00 на заседании диссертационного совета Д 212.287.02 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», зал диссертационных советов (ауд. 150).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». Автореферат размещен на официальном сайте ВАК Министерства образования и науки РФ: <http://vak.ed.gov.ru> и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»: <http://science.usue.ru>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук



О. В. Феофилактова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Одним из приоритетных направлений Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г., утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537, является обеспечение населения доступными и качественными пищевыми продуктами, в частности, рыбой и рыбной продукцией. Рыба охлажденная пользуется большим потребительским спросом и обладает преимуществом по содержанию незаменимых макро- и микронутриентов в сравнении с замороженным полуфабрикатом. Согласно ГОСТ 814-96 «Рыба охлажденная. Технические условия» срок хранения крупной рыбы охлажденной при температуре хранения 0...–2 °С в зависимости от квартала составляет от 10 до 12 сут, что не позволяет полностью обеспечить ею население всех регионов России – среднелюдское потребление рыбы ниже рекомендуемой нормы. В связи с этим совершенствование традиционных и разработка новых технологий хранения охлажденной рыбы является актуальным направлением научных исследований и приобретает особое значение после введения Россией продовольственного эмбарго на пищевые продукты.

Для увеличения срока годности охлажденной рыбы используют различные охлаждающие среды, постоянно их совершенствуя. Одним из перспективных физических методов обеспечения качества рыбы охлажденной в процессе хранения является ее обработка высоким давлением, при этом в нашей стране барообработка рыбы и рыбной продукции не проводится. К важным направлениям развития пищевой и перерабатывающей промышленности в области увеличения срока хранения пищевых продуктов, одобренным ФАО/ВОЗ, относится использование такого физического метода, как экспозиция ионизирующим излучением. В соответствии с решением президиума Совета при Президенте России по модернизации экономики и инновационному развитию от 11 декабря 2014 г. Россия с 2017 г. интегрируется в общемировую практику воздействия ионизирующего излучения на пищевые продукты и продовольственное сырье с целью prolongation срока хранения. Вместе с тем в этой области остается много нерешенных вопросов, в частности, не установлены рекомендуемые дозы облучения и способы контроля качества облученной пищевой продукции, в том числе охлажденной рыбы, хотя на отечественном потребительском рынке присутствуют пищевые продукты импортного происхождения, прошедшие обработку ионизирующим излучением.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в решение проблемы обеспечения качества охлажденной рыбы и совершенствования охлаждающих сред внесли отечественные и зарубежные ученые: М. П. Андреев, К. П. Вегнер, А. А. Гнедов, И. А. Громов, Н. А. Головкин, В. П. Зайцев, Г. В. Маслова, С. А. Мижуева, Т. Ф. Пименова, Е. М. Родин, Б. Н. Семенов, А. Д. Тезиков, Е. Н. Харенко, W. Dyer, S. Roach и др. Вопро-

сам обработки пищевых продуктов высоким давлением и ионизирующим излучением посвящены работы С. Н. Туменова, I. Arvanitoyannis, S. Chauhan, C. Ferstl, R. Kumar, K. Raghavarao, N. Rastogi и др.

Цель и задачи работы. Цель работы – исследовать влияние физических методов предварительной обработки охлажденной рыбы на примере чешуйчатого льда из электроактивированной воды, высокого давления, ионизирующего излучения на ее срок годности.

В соответствии с целью поставлены следующие задачи:

- исследовать влияние чешуйчатого льда из электроактивированной воды на срок годности охлажденной рыбы;
- дать оценку качества и безопасности охлажденной рыбы в процессе хранения после ее предварительной обработки высоким давлением;
- научно обосновать эффективность использования ионизирующего излучения для увеличения срока годности охлажденной рыбы и разработать методику количественного определения поглощенной дозы ионизирующего облучения;
- определить рациональную дозу ионизирующего облучения форели охлажденной в вакуум-упаковке для увеличения ее срока годности при сохранении показателей качества и безопасности;
- дать оценку эффективности использования чешуйчатого льда из электроактивированной воды, обработки высоким давлением, ионизирующим излучением и установить сроки годности и режимы хранения рыбы охлажденной при использовании разработанных методов.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит элементы научной новизны, соответствующие п. 4, 5 и 9 Паспорта специальности 05.18.15:

- получены новые данные о возможности использования чешуйчатого льда в качестве охлаждающей среды для хранения на примере карпа обыкновенного (после 20 дней хранения количество белка в мышечной ткани рыбы выше на 27,8 %, аминокислотного азота (ААА) ниже на 78,1 %, кислотное и перекисное числа жира ниже на 85,7 и 85,2 % в сравнении с контрольными образцами рыбы, микробиологические показатели соответствуют допустимому уровню), рыба по результатам органолептической оценки относится к свежей (п. 4 и 5 Паспорта специальности 05.18.15);
- впервые разработана технология предварительной обработки охлажденной рыбы в вакуум-упаковке высоким давлением путем всестороннего сжатия в гидростатической установке (при технологических параметрах 600 МПа в течение 300 с), позволяющая увеличить срок годности рыбы охлажденной с 20 до 30 сут (п. 4 и 5 Паспорта специальности 05.18.15);
- впервые разработана методика количественного определения дозы ионизирующего облучения для охлажденной рыбы, сущность которой заключается в определении зависимости параметров – амплитуда, ширина,

площадь ЭПР-спектра образцов костной ткани рыбы от дозы облучения (п. 9 Паспорта специальности 05.18.15);

– определена рациональная доза ионизирующего облучения форели охлажденной в вакуум-упаковке – 1 кГр, позволяющая увеличить ее срок годности на 50 % с 20 до 30 сут (п. 4 и 5 Паспорта специальности 05.18.15);

– впервые дана оценка эффективности использования чешуйчатого льда из электроактивированной воды, обработки высоким давлением, ионизирующим излучением рыбы охлажденной. Определено, что по совокупности показателей наиболее эффективным является метод обработки ионизирующим излучением (уровни качества при хранении рыбы в чешуйчатом льду из электроактивированной воды, обработки высоким давлением и ионизирующим излучением составляют 0,67; 0,69 и 0,7 соответственно) (п. 4 и 5 Паспорта специальности 05.18.15).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретически обосновано использование чешуйчатого льда из электроактивированной воды в качестве охлаждающей среды, высокого давления, ионизирующего излучения для увеличения срока годности охлажденной рыбной продукции.

Полученные теоретические результаты могут быть использованы специалистами рыбной отрасли и торговли для дальнейших исследований в области обеспечения стабильности качества охлажденной рыбы при хранении.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе на кафедре пищевой инженерии ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» для бакалавров по направлению подготовки «Товароведение».

Получен патент на изобретение «Способ хранения рыбы» (заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный экономический университет, заявка № 2014146345 от 18.11.2014; опубликовано 27.12.2015, Бюл. № 36).

Разработана нормативная и технологическая документация ТУ 03.22.20-003-02069214-2016 «Рыба охлажденная, обработанная высоким давлением», ТИ 03.22.20-003-02069214-2016 «Обработка охлажденной рыбы высоким давлением», ТУ 03.22.20-004-02069214-2016 «Рыба охлажденная, обработанная ионизирующим излучением», ТИ 03.22.20-004-02069214-2016 «Обработка охлажденной рыбы ионизирующим излучением», ТУ 28.93.17-005-02069214-2016 «Устройство для обработки пищевых продуктов высоким давлением в условиях всестороннего сжатия». Результаты исследований внедрены на предприятии И. П. Царьков А. Н. (Челябинск). Совместно с Межгосударственным техническим комитетом (МТК) 534 разработан проект ГОСТа «Рыба охлажденная. Определение дозы облучения методом электронного парамагнитного резонанса» (справка МТК 534).

Методология и методы исследования. Методологической основой диссертационной работы служили труды отечественных и зарубежных ученых в области совершенствования охлаждающих сред, обработки пищевых продуктов высоким давлением и ионизирующим излучением.

При проведении исследований использованы общепринятые и специальные методы, в том числе органолептические, физико-химические, инструментальные и статистические.

Положения, выносимые на защиту:

– теоретическое и практическое обоснование возможности использования физических методов для увеличения срока годности охлажденной рыбы;

– методика количественного определения поглощенной дозы ионизирующего излучения охлажденной рыбой;

– результаты оценки качества рыбы охлажденной при хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды, обработанной высоким давлением и ионизирующим излучением.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы обсуждены и одобрены на конференциях международного и всероссийского уровней: международная научно-практическая конференция «Инновационные подходы к решению современных проблем ветеринарной медицины (Екатеринбург, 2015 г.); XII Международная научно-практическая конференция «Пища, экология, качество» (Москва, 2015 г.); международная научно-практическая конференция «Продовольственный рынок: состояние, перспективы, угрозы» (Екатеринбург, 2015 г.); 19-я международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В. М. Горбатова «Практические и теоретические аспекты комплексной переработки продовольственного сырья и создания конкурентоспособных продуктов питания – основа обеспечения импортозамещения и продовольственной безопасности России (Москва, 2016 г.); II Международная научно-практическая конференция «Потребительский рынок XXI века: стратегии, технологии, инновации» (Хабаровск, 2016 г.); II Международная научно-практическая конференция, посвященная 75-летию со дня рождения профессора Г. М. Зайко: «Инновации в индустрии питания и сервисе» (Краснодар, 2016 г.) и др.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 18 научных работ, из них 7 в журналах, входящих в перечень Министерства образования и науки Российской Федерации, а также получен патент на изобретение.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, выводов, списка литературы и приложений. Основное содержание диссертационной работы изложено на 126 страницах машинописного текста, включает 25 рисунков и 18 таблиц, 226 источников литературы, из них 99 зарубежных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель и задачи.

В **первой главе** представлен обзор отечественной и зарубежной литературы, посвященной роли рыбы в питании человека, способам охлаждения и увеличения срока годности рыбы семейства карповых и лососевых, данные по обработке пищевых продуктов высоким давлением и ионизирующим излучением.

Во **второй главе** изложены организация работы, объекты и методы исследования.

Схема проведения исследований представлена на рисунке 1 и состоит из шести взаимосвязанных этапов.

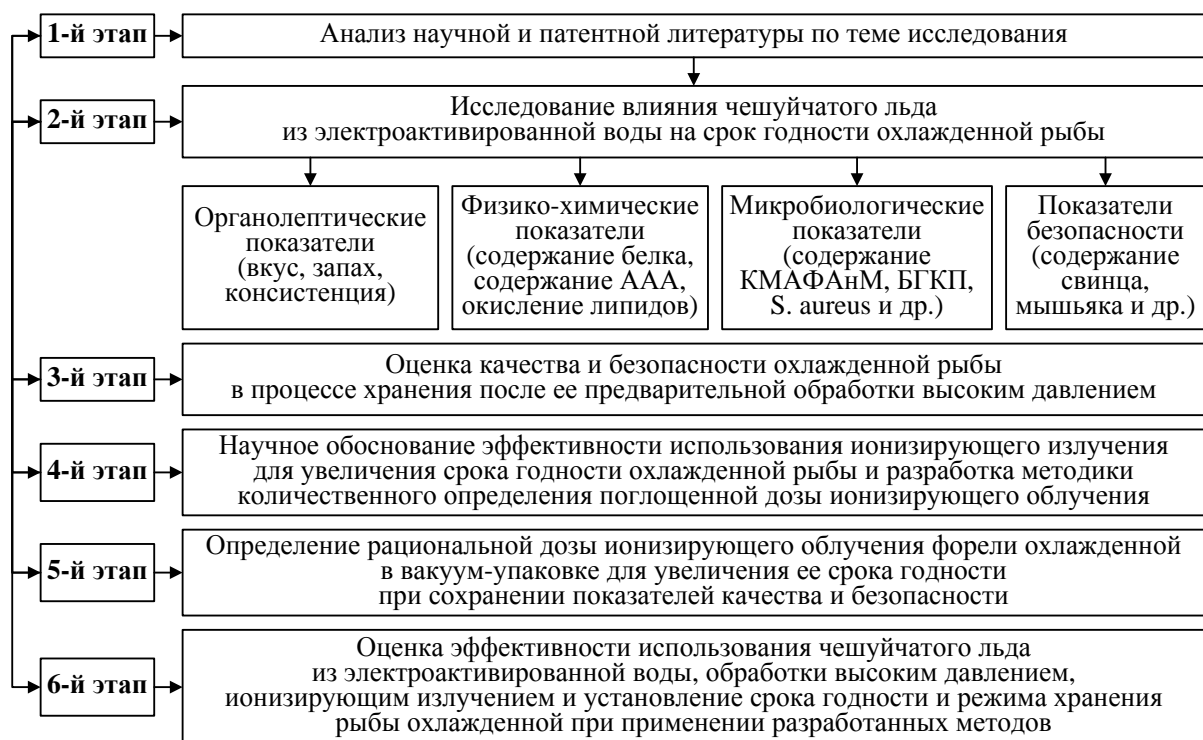


Рисунок 1 – Общая схема исследований

На *первом этапе* исследований проанализирована отечественная и зарубежная научно-техническая литература по тематике исследования.

На *втором этапе* исследовано влияние чешуйчатого льда из электроактивированной воды на срок годности карпа обыкновенного охлажденного. Проведены исследования органолептических, физико-химических, микробиологических показателей качества и безопасности охлажденной рыбы в процессе хранения.

Третий этап посвящен исследованию изменения качества и безопасности охлажденной рыбы в процессе хранения после ее предварительной обработки высоким давлением.

На *четвертом этапе* научно обоснована эффективность использования ионизирующего излучения для увеличения срока годности охлажденной рыбы и разработана методика количественного определения поглощенной дозы ионизирующего облучения.

Пятый этап посвящен определению рациональной дозы ионизирующего облучения форели охлажденной в вакуум-упаковке для увеличения срока ее годности.

На *шестом этапе* дана оценка уровня качества рыбы охлажденной при ее хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды, после предварительной обработки высоким давлением и ионизирующим излучением и установлены сроки годности, режимы хранения рыбы охлажденной при применении разработанных методов.

В **третьей главе** представлены результаты исследований и их обсуждение.

Исследование влияния чешуйчатого льда из электроактивированной воды на срок годности охлажденной рыбы

Проведены исследования по влиянию чешуйчатого льда из электроактивированной воды на срок годности охлажденной рыбы по органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям и безопасности через 0; 5; 10; 15 и 20 сут хранения согласно МУК 4.2.1847-04 «Методы контроля. Биологические микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания».

Через 15 сут хранения контрольные образцы рыбы имели тусклую поверхность, покрытую мутной слизью, что свидетельствует о порче. Органолептические показатели образцов охлажденной рыбы опытной группы через 20 сут хранения соответствовали требованиям ГОСТ 814-96. Рыба имела чистую поверхность, естественную окраску, плотную консистенцию и свойственный запах.

Наряду с показателями безопасности одним из показателей свежести охлажденной рыбы является сохранность белка. Проведено исследование динамики содержания белка в процессе хранения контрольных и опытных образцов карпа охлажденного.

Количество белка в мышечной ткани контрольных образцов охлажденного карпа достоверно снижается в процессе хранения, что свидетельствует о процессах распада белка и снижении сохраняемости. Количество белка в контрольных образцах карпа после 20 сут хранения составляет 13,3 %, что ниже на 22,6 % ($p \leq 0,01$) в сравнении с содержанием белка после 10 сут хранения. В опытных образцах мышечной ткани карпа количество белка после 20 сут хранения на уровне 17,0 %, достоверного его снижения в процессе хранения не отмечено.

Одним из продуктов распада белка является аминокислотный азот (ААА). Количество ААА после 10; 15 и 20 сут хранения в контрольной группе составляет 28; 65 и 82 мг/100 г при норме для свежей рыбы не более 40 мг/100 г, в опытной – 0,8; 14 и 18 мг/100 г соответственно.

Проведены исследования содержания продуктов перекисного окисления жира контрольных и опытных образцов карпа охлажденного в процессе хранения.

Установлено, что кислотное число жира повышается в процессе хранения как в контрольных, так и в опытных образцах карпа, что свидетельствует об увеличении содержания свободных жирных кислот, распаде белково-липидных комплексов и усилении окислительных процессов. Разрушение липидов происходит более интенсивно в контрольных образцах охлажденного карпа. Кислотное число жира в рыбе, хранившейся в чешуйчатом льду из питьевой воды, через 10; 15 и 20 сут хранения составляет 2,1; 2,5 и 2,8 мг КОН/г, что выше кислотного числа жира опытных образцов карпа в 21; 12,5 и 7 раз соответственно. Аналогичные изменения перекисного числа липидов происходят в процессе хранения всех исследуемых образцов рыбы. Перекисное число липидов контрольных образцов карпа через 10; 15 и 20 сут хранения на уровне 2,4; 3,2 и 5,4 ммоль активного кислорода/кг, что выше перекисного числа опытных образцов в 8; 6,4 и 6,8 раза (разница между группами достоверна ($p < 0,05$)).

В процессе хранения контрольных и опытных образцов охлажденного карпа патогенные микроорганизмы, бактерии группы кишечной палочки и стафилококки не выделены. Через 15 сут хранения контрольных образцов охлажденного карпа общая обсемененность микроорганизмами составила $1,7 \cdot 10^5$ КОЕ/г, что превышает требования ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции». После 20 сут хранения опытные образцы охлажденного карпа по микробиологическим показателям соответствовали требованиям ТР ЕАЭС 040/2016. Все исследуемые образцы рыбы по содержанию токсичных элементов после 20 сут хранения соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Таким образом, использование электроактивированной воды с рН 3,2 для производства чешуйчатого льда и его дальнейшее применение в качестве охлаждающей среды при хранении охлажденного карпа позволяет увеличить его срок годности на 25 % с 12 до 15 сут.

Исследование изменения качества и безопасности охлажденной рыбы в процессе хранения после ее предварительной обработки высоким давлением

Технология обработки охлажденной рыбы высоким давлением следующая: в камеру высокого давления помещают экспериментальные образцы охлажденного карпа в герметичной вакуумно-пленочной упаковке,

затем камеру заполняют рабочей жидкостью до отказа и герметично закрывают, задают необходимое давление и обрабатывают в течение 300 с, затем рыбу охлажденную хранят при температуре 0...–2 °С.

Оценку показателей свежести охлажденной рыбы проводили с учетом требований ГОСТ 814-96, согласно которому срок годности рыбы неразделанной при температуре хранения 0...–2 °С IV квартала составляет не более 12 сут. Поскольку вакуумная упаковка увеличивает срок годности продукта до 18–20 сут, оценку качества охлажденной рыбы в этом эксперименте проводили через 0; 10; 20; 30; и 39 сут хранения согласно МУК 4.2.1847-04.

В результате проведенных исследований установлено, что обработка охлажденного карпа давлением 600 и 800 МПа в течение 300 с обеспечивает сохранение свежести рыбы. Через 39 сут хранения опытные образцы карпа имели чистую естественной окраски поверхность, плотную консистенцию мышечной ткани и запах свежей рыбы. Увеличение давления с 600 до 800 МПа не оказало влияния на органолептические показатели охлажденной рыбы. Контрольные образцы охлажденного карпа через 30 сут хранения по органолептическим показателям не соответствовали требованиям ГОСТ 814-96. Через 30 сут хранения контрольные образцы рыбы имели неприятный запах, тусклую поверхность, покрытую мутной слизью, жабры отличались темным цветом.

В процессе хранения контрольных образцов карпа отмечается достоверное снижение содержания белка в мышечной ткани после 39 сут холодильного хранения на 15,4 %, что свидетельствует о процессах распада белка и ухудшении качества пищевого продукта. Количество белка в контрольной группе охлажденного карпа через 10; 30 и 39 сут хранения составляет 16,8; 15,1 и 14,2 % соответственно, в то время как во второй опытной группе (обработка давлением 600 МПа) – 16,5; 16,4 и 16,4 %, в третьей группе (обработка давлением 800 МПа) – 16,7; 16,7 и 16,5 %.

Количество ААА после 39 сут хранения образцов охлажденного карпа контрольной группы составляет 85 мг/100 г, в образцах карпа второй и третьей опытной группы – 24 и 26 мг/100 г, что ниже показателей контрольной группы на 71,8 и 69,4 % соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в процессе хранения опытных образцов карпа разложение белка не происходит, следовательно, обработка охлажденной рыбы высоким давлением обеспечивает сохранность продукта, что согласуется с оценкой органолептических показателей.

Кислотное и перекисное числа липидов образцов охлажденного карпа контрольной группы значительно выше, чем в опытных группах, и составили после 20; 30 и 39 сут хранения 2,4; 4,1 и 8,9 мг КОН/г и 4,5; 6,8 и 9,5 ммоль активного кислорода/кг соответственно. В то время как в образцах карпа второй группы кислотное число через 20; 30 и 39 сут хранения на уровне 1,5; 2,8 и 3,6 мг КОН/г соответственно, что ниже контроля

на 37,5; 31,7 и 59,5 %. Аналогичные результаты получены в образцах карпа третьей опытной группы. Кислотное число липидов после 20; 30 и 39 сут хранения на уровне 1,9; 3,2 и 4,1 мг КОН/г, что ниже контроля на 20,8; 22,0 и 53,9 %. Перекисное число липидов образцов карпа второй и третьей опытных групп ниже контроля на 49,5 и 40,0 %. Полученные данные свидетельствуют, что обработка высоким давлением охлажденной рыбы ослабляет процессы перекисного окисления липидов и, соответственно, позволяет увеличить ее срок годности. Вместе с тем увеличение давления при обработке охлажденной рыбы с 600 до 800 МПа достоверно увеличивает кислотное и перекисное числа. Так, в третьей группе после 39 сут хранения рыбы кислотное и перекисное числа липидов выше на 13,8 и 18,6 % ($p \leq 0,05$), что позволяет считать рациональным для обработки рыбы давление в 600 МПа.

Обработка охлажденной рыбы высоким давлением обеспечивает гибель микроорганизмов. Так, мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы в образцах карпа, обработанных высоким давлением, не выделены, в то же время контрольные образцы карпа после 30 сут хранения по микробиологическим показателям не соответствовали требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 и ТР ТС 021/2011. Содержание токсичных элементов в образцах карпа первой и второй групп через 39 сут хранения не превышало требований ТР ТС 021/2011.

Таким образом, по результатам исследований органолептических показателей, содержания белка в мышечной ткани, процессов окисления липидов и микробиологических показателей охлажденного карпа в вакуумной упаковке установлено, что его обработка высоким давлением 600 и 800 МПа в течение 300 с увеличивает срок годности продукта в 1,5 раза с 20 до 30 сут. Наиболее рациональна обработка давлением в 600 МПа.

В результате проведенных расчетов спроектировано устройство для обработки пищевых продуктов высоким давлением в условиях всестороннего сжатия со следующими техническими характеристиками: толщина стенки гидроцилиндра 40 мм, диаметр камеры гидроцилиндра 100 мм, максимальное давление 1 440 МПа, позволяющее увеличить однократный объем обрабатываемой пищевой продукции в два раза.

Разработка методики количественного определения поглощенной дозы ионизирующего облучения

Одним из перспективных методов сохранения качества и увеличения срока годности пищевой продукции является ее обработка ионизирующим излучением. Комиссия ООН по разработке продовольственных стандартов особо подчеркивает роль и значение дозиметрии с точки зрения правильного (разумного) применения радиационной обработки.

В связи с этим представляется целесообразным проведение научных исследований по выявлению факта облучения, а также разработка методики

для определения поглощенной дозы и экспериментальному обоснованию рациональной дозы облучения охлажденной рыбы с целью увеличения ее срока годности. Одним из перспективных методов определения факта облучения является метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), позволяющий выявить факт облучения пищевой продукции в течение двух лет после обработки ионизирующими лучами. Проведены исследования (совместно кандидатом сельскохозяйственных наук Р. Т. Тимаковой) по разработке методики количественного определения поглощенных доз ионизирующего излучения методом ЭПР форели радужной охлажденной потрошенной с головой. С этой целью образцы костной ткани (ОКТ) форели охлажденной подвергали радиационной обработке дозами 3; 9; 10; 12 кГр. За основу разработки методики взяты основные положения ГОСТ Р 52529-2006 «Мясо и мясные продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мяса и мясопродуктов, содержащих костную ткань». Разработанная методика подготовки ОКТ включает следующие этапы: очистка позвоночника рыбы от мышечной ткани, сушка в сушильном шкафу при температуре 39–40 °С в течение 24–30 ч до содержания остаточной влаги 3–4 %, охлаждение до комнатной температуры, измельчение до размера частиц на 0,5×0,5×0,5 мм общей массой не менее 0,05 г. На рисунке 2 представлены ЭПР-спектры ОКТ форели радужной охлажденной, облученной дозой 3; 9; 10; 12 кГр.

После облучения рыбы дозой 3 кГр ЭПР-спектр ОКТ в диапазоне поля 3 260–3 290 Гс имел амплитуду пика $(3,28 \pm 0,01) \cdot 10^{-5}$, ширину сигнала $(10,81 \pm 0,02) \text{ Гс}$ и площадь пика $(1,367 \pm 0,004) \cdot 10^{-4}$ ($p \leq 0,05$).

Облучение форели дозой 9 кГр приводит к изменению параметров ЭПР-спектра ОКТ: отмечено повышение амплитуды пика на 30 % до $(4,29 \pm 0,01) \cdot 10^{-5}$, уменьшение ширины на 20 % до $(8,65 \pm 0,01) \text{ Гс}$ и увеличение площади пика на 2,3 % до $(1,380 \pm 0,00083) \cdot 10^{-4}$ ($p \leq 0,05$) по сравнению со спектром ОКТ рыбы, облученных дозой 3 кГр.

После облучения форели дозой 10 кГр отмечается снижение амплитуды пика ЭПР-спектра ОКТ на 9,6 % до $(3,88 \pm 0,01) \cdot 10^{-5}$, увеличение ширины сигнала на 36,2 % до $(11,78 \pm 0,01) \text{ Гс}$ и площади пика на 12,9 % до $(1,558 \pm 0,00844) \cdot 10^{-4}$ ($p \leq 0,05$) в сравнении с ЭПР-спектром ОКТ форели, облученной дозой 9 кГр.

Установлено уменьшение амплитуды пика ЭПР-спектра ОКТ форели, облученной дозой 12 кГр, на 11,3 % до $(3,44 \pm 0,07) \cdot 10^{-5}$, увеличение ширины сигнала на 8,1 % до $(12,74 \pm 0,05) \text{ Гс}$, площади пика ЭПР сигнала на 10,5 % до $(1,722 \pm 0,00025) \cdot 10^{-4}$ ($p \leq 0,05$) в сравнении с ЭПР-спектром ОКТ форели, облученной дозой 10 кГр.

Полученные результаты исследований имеют большое значение для формирования нормативной базы Российской Федерации в рамках актуализации требований европейских и международных стандартов по безопасности и обеспечению качества рыбы.

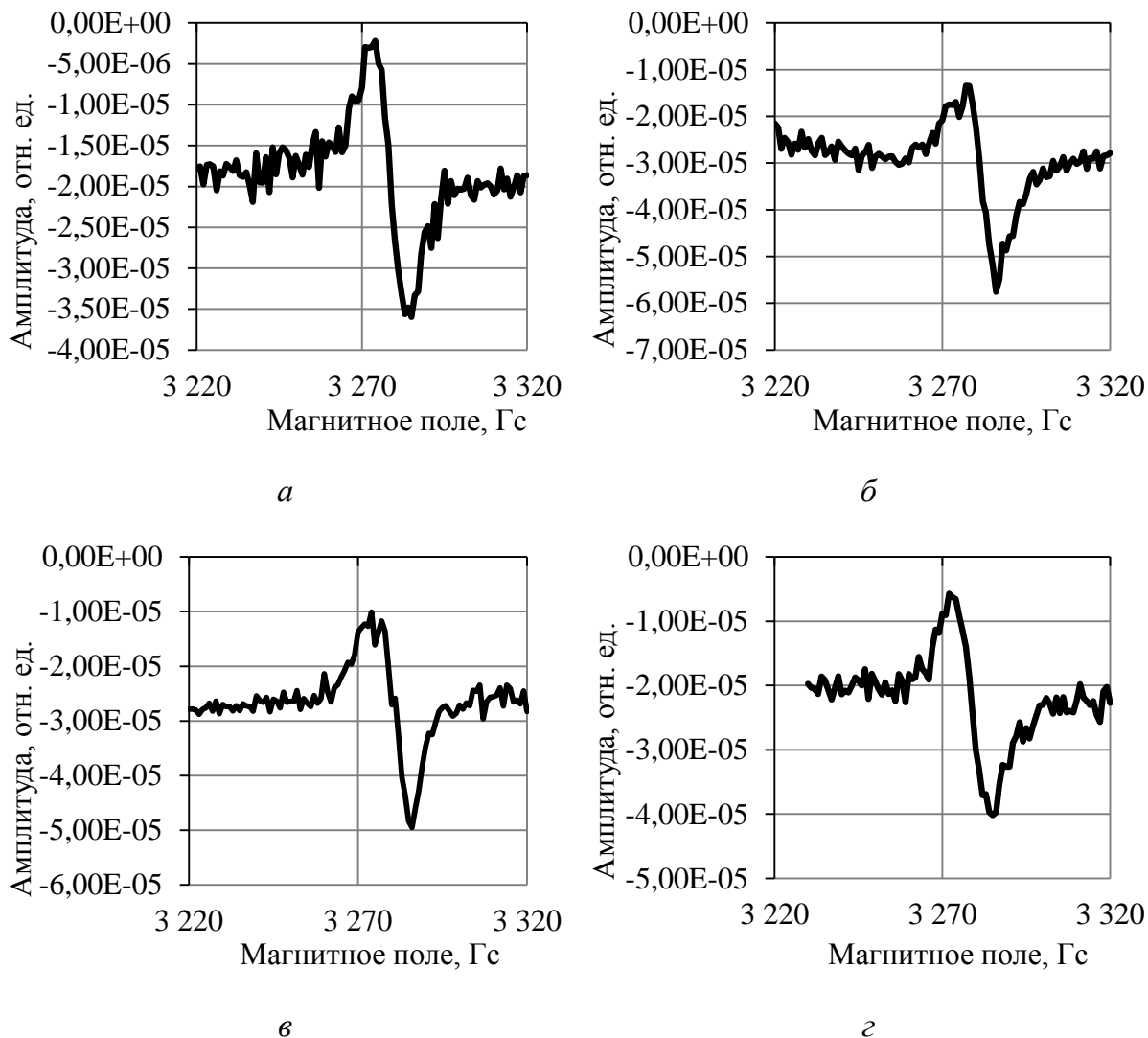


Рисунок 2 – ЭПР-спектр ОКТ форели радужной охлажденной, облученной дозой:
а – 3 кГр (g -фактор $2,0047 \pm 0,0001$); *б* – 9 кГр (g -фактор $2,0032 \pm 0,0001$);
в – 10 кГр (g -фактор $2,0047 \pm 0,0001$); *г* – 12 кГр (g -фактор $2,0047 \pm 0,0001$)

Определение рациональной дозы ионизирующего облучения форели охлажденной в вакуум-упаковке для увеличения ее срока годности

Проведены исследования совместно с кандидатом сельскохозяйственных наук Р. Т. Тимаковой по влиянию обработки ионизирующим излучением форели охлажденной на ее срок годности.

Для эксперимента сформировали четыре группы форели охлажденной в вакуумной упаковке. Образцы охлажденной форели первой группы (контрольной) ионизирующим излучением не обрабатывали, опытные образцы второй группы обрабатывали ионизирующим излучением в дозе 1 кГр, образцы третьей группы – дозой 2 кГр, образцы четвертой группы –

дозой 3 кГр. Выбор доз облучения обусловлен анализом научно-технической информации, в которой рекомендуется облучать рыбу дозами от 1 до 2,5 кГр. Облучение проводили в Центре радиационной стерилизации (ЦРС) Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина.

Оценку показателей свежести охлажденной форели через 0; 10; 20; 30 и 39 сут хранения проводили согласно МУК 4.2.1847-04.

Охлажденная рыба, обработанная ионизирующим излучением в дозе 1 кГр, после 39 сут хранения при температуре 0...–2 °С имела чистую, естественной окраски поверхность, плотную консистенцию и свойственный свежей рыбе запах. Аналогичные результаты получены при обработке рыбы ионизирующим излучением дозами 2 и 3 кГр.

Таким образом, облучение рыбы в дозе 1–3 кГр способствует обеспечению высоких органолептических показателей на всем периоде хранения и увеличивает ее срок годности, в то же время по органолептической оценке не удалось определить рациональную дозу облучения.

Обработка охлажденной рыбы положительно влияет на сохранность белка и, соответственно, пищевого продукта. Так, количество белка в процессе хранения в образцах мышечной ткани опытных групп достоверно не изменилось, в то время как в контрольных образцах рыбы количество белка через 39 сут хранения стало на 10,9 % ниже, чем через 30 сут хранения, и составило 17,2 %.

Количество ААА в опытных образцах мышечной ткани форели второй, третьей и четвертой групп через 39 сут хранения составило 14; 16 и 15 мг/100 г, что ниже контроля на 81,4; 83,7 и 82,5 % соответственно. В контрольных образцах рыбы содержание ААА через 30 и 39 сут хранения находилось на уровне 43 и 86 мг/100 г соответственно. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии продуктов распада белка и сохранении белковых комплексов в мясе облученной форели.

Кислотное число липидов в опытных образцах второй, третьей и четвертой групп охлажденной форели через 39 сут холодильного хранения составляет 3,0; 3,2 и 3,4 мг КОН/г при норме для свежей рыбы не более 4,0 мг КОН/г, что ниже значений показателей контрольной группы (7,4 мг КОН) на 59,5; 56,7 и 54,1 % соответственно.

Перекисное число через 39 сут хранения в образцах форели второй, третьей и четвертой групп на уровне 4,2; 4,9 и 5,3 ммоль активного кислорода/кг, что ниже значений контрольной группы (9,1 мг КОН) на 53,8; 46,2 и 41,8 % соответственно. Следует отметить, с увеличением дозы облучения охлажденной рыбы увеличиваются кислотное и перекисное числа липидов. Перекисное число липидов охлажденной форели, облученной дозой 3 кГр, через 20; 30 и 39 сут хранения выше, чем у рыбы, облученной дозой 1 кГр, на 33,3; 22,7 и 13,3 соответственно; перекисное число выше на 26,6; 22,8 и 16,7 % соответственно. На основании проведенных исследований уста-

новлено, что рациональной дозой облучения охлажденной форели является 1 кГр.

Проведены исследования микробиологических показателей контрольных и опытных образцов охлажденной форели в процессе хранения, облученной дозой 1–3 кГр, на соответствие требованиям ТР ЕАЭС 040/2016.

В результате проведенных исследований установлено, что ионизирующее излучение действует бактерицидно начиная с дозы 1 кГр. Так, после 39 сут хранения все опытные образцы охлажденной форели соответствовали требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», в то время как в контрольных образцах охлажденной форели через 39 сут КМАФАНМ составляет $7 \cdot 10^5$ КОЕ/г, что превышает требования ТР ЕАЭС 040/2016 и ТР ТС 021/2011.

Все исследуемые образцы охлажденной форели по содержанию токсических элементов соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011.

Таким образом, облучение охлажденной форели в дозах 1–3 кГр увеличивает срок хранения охлажденной форели на 50 % с 20 до 30 сут с учетом коэффициента запаса. На основании проведенных исследований рациональной дозой облучения следует считать дозу 1 кГр.

Оценка эффективности использования чешуйчатого льда из электроактивированной воды, обработки высоким давлением, ионизирующим излучением и установление срока годности и режима хранения рыбы охлажденной при применении разработанных методов

Проведены исследования по оценке уровня качества рыбы при использовании технологий хранения: охлаждающей среды – чешуйчатого льда из электроактивированной воды, обработки высоким давлением и ионизирующим излучением для увеличения ее сроков годности.

В качестве базовых показателей выбраны стандартные (цвет, консистенция и др.) и дополнительные, используемые при оценке свежести (содержание белка, амино-аммиачного азота и др.).

Сравнительная оценка уровня качества рыбы охлажденной при использовании различных технологий ее хранения представлена на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что фактический уровень качества охлажденной рыбы, хранившейся в чешуйчатом льду из электроактивированной воды, обработанной давлением и ионизирующим излучением, составляет 0,67; 0,69 и 0,7.

Уровень качества охлажденной рыбы, обработанной ионизирующим излучением, выше в сравнении с уровнем качества рыбы, хранившейся в чешуйчатом льду и обработанной высоким давлением, на 4,4 и 3 % соответственно.

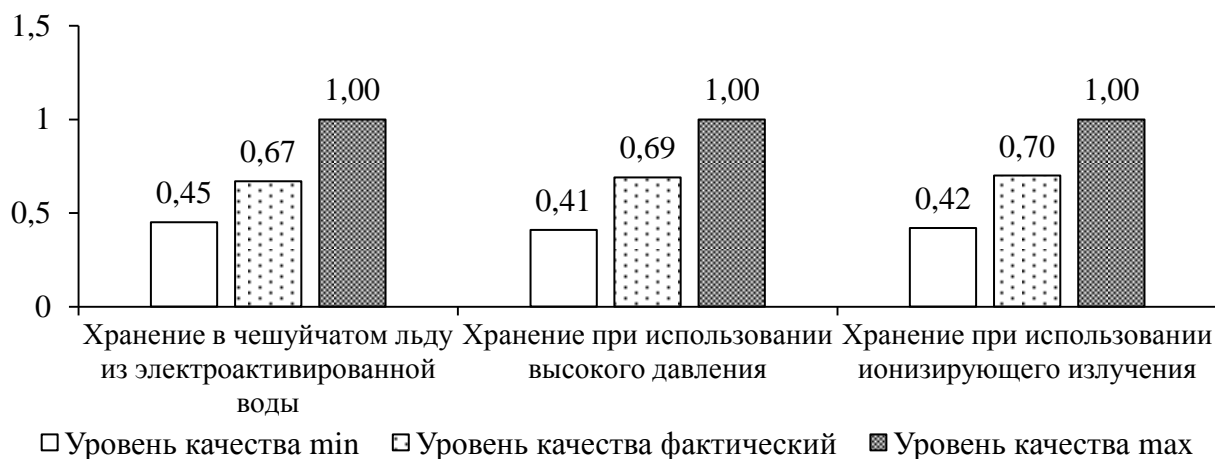


Рисунок 3 – Сравнительная оценка уровня качества рыбы охлажденной при использовании предлагаемых технологий

Таким образом, из анализа полученных результатов следует, что технология обработки охлажденной рыбы ионизирующим излучением в дозе 1 кГр является перспективной и имеет преимущества в сравнении с другими предложенными технологиями хранения (хранение в чешуйчатом льду и обработка высоким давлением).

На основании проведенных исследований установлены регламентируемые показатели качества, срок годности и режим хранения охлажденной рыбы, обработанной высоким давлением, ионизирующим излучением и хранившейся в чешуйчатом льду из электроактивированной воды (таблица 1).

Таблица 1 – Регламентируемые показатели качества рыбы охлажденной при использовании предлагаемых технологий

Показатель	Охлажденный карп при хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды и обработанный высоким давлением	Охлажденная форель, обработанная ионизирующим излучением
Внешний вид	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски
Разделка	Рыба неразделанная	Потрошенная, без головы
Консистенция	Плотная	Плотная
Запах	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Кислотное число, не более, мг КОН	4,0	4,0
ААА, не более, мг/100 г	40	40
КМАФАнМ, не более, КОЕ/г	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$

Продолжение таблицы 1

Показатель	Охлажденный карп при хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды и обработанный высоким давлением	Охлажденная форель, обработанная ионизирующим излучением
БГКП (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	0,001	0,001
<i>S. aureus</i> , не допускается в массе продукта, г	0,01	0,01
<i>V. parahaemoliticus</i> , не более, КОЕ/ г	100	100

Установлен срок годности и режим хранения охлажденной рыбы: обработанной высоким давлением и ионизирующим излучением – не более 30 сут при температуре хранения 0...–2 °С; хранившейся в чешуйчатом льду из электроактивированной воды – не более 15 сут при температуре хранения 0...–2 °С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований доказана целесообразность использования физических факторов предварительной обработки – чешуйчатого льда из электроактивированной воды как охлаждающей среды, высокого давления и ионизирующего излучения – для увеличения срока хранения рыбы охлажденной. Полученные результаты способствуют решению важной народнохозяйственной задачи – увеличению срока годности пищевых продуктов на примере карпа обыкновенного и форели радужной.

По результатам исследований сделаны следующие выводы.

1. Доказано положительное влияние охлаждающей среды – чешуйчатого льда из электроактивированной воды с рН 3,2–3,5 на показатели качества охлажденной рыбы на примере карпа обыкновенного при его хранении в соотношении массы рыбы и льда 2:1. Срок годности карпа обыкновенного охлажденного при хранении в чешуйчатом льду из питьевой электроактивированной воды увеличивается на 25 % с 12 до 15 сут.

2. Установлено положительное влияние обработки карпа обыкновенного охлажденного в вакуум-упаковке высоким давлением 600–800 МПа в течение 300 с на качество и безопасность в процессе хранения. Органолептические показатели рыбы охлажденной в сравнении с контролем соответствовали норме, содержание белка в мышечной ткани рыбы выше на 15,5 и 16,2 %, ААА ниже на 71,8 и 69,4 %, кислотное число жира ниже на 59,5 и 53,9 %, перекисное число жира ниже на 49,5 и 40,0 % при предварительной обработке ее давлением в 600 и 800 МПа соответственно.

3. Определена зависимость параметров амплитуды, ширины и площади пика ЭПР-спектра от дозы облучения рыбы: при облучении дозой

3–9 кГр амплитуда составляет 3,28–4,29 е-5, ширина – 10,81–8,61 Гс, площадь пика – 1,367–1,380 е-4, что позволяет количественно определить дозу облучения рыбы с точностью 95 %.

4. Обработка форели охлажденной в вакуум-упаковке дозами 1–3 кГр увеличивает ее срок хранения на 50 % с 20 до 30 сут. Установлено, что органолептические показатели форели охлажденной, обработанной дозой 1 кГр, через 39 сут хранения при температуре 0...–2 °С соответствуют норме, количество белка в мышечной ткани рыбы выше на 10,9 %, ААА ниже на 81,4 %, кислотное число жира ниже на 54,1 %, перекисное число жира ниже на 41,8 % в сравнении с контролем, микробиологические показатели соответствуют норме. Повышение дозы облучения охлажденной рыбы с 1 до 3 кГр увеличивает кислотное и перекисное числа липидов на 13,3 и 16,7 % соответственно, что позволяет считать рациональной дозой обработки охлажденной форели 1 кГр.

5. Дана оценка качества рыбы охлажденной при использовании предложенных физических методов предварительной обработки. Установлено, что качество рыбы охлажденной, обработанной ионизирующим излучением, выше по сравнению с хранением ее в чешуйчатом льду из электроактивированной воды и после обработки высоким давлением.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов ВАК РФ

1. **Романова, А. С.** Анализ рынка рыбы и рыбной продукции / А. С. Романова, С. Л. Тихонов // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 1(131) – С. 80–85.

2. **Романова, А. С.** Проблемы рыбоводства на основе анализа отраслевого рынка / А. С. Романова, С. Л. Тихонов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 2. – С. 338–341.

3. Тихонова, Н.В. Обеспечение качества охлажденной рыбы в процессе хранения / Н. В. Тихонова, С. Л. Тихонов, **А. С. Романова** // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. – № 5(34). – С. 87–91.

4. Тимакова, Р. Т. Оценка радиационной безопасности пищевых продуктов методом парамагнитного резонанса / Р. Т. Тимакова, **А. С. Романова**, А. В. Курдюмов, А. Н. Тарарков // Агропродовольственная политика России. – 2016. – № 9(60). – С. 83–88.

5. **Романова, А. С.** Использование высокого давления при хранении охлажденной рыбы / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2016. – Т. 4, № 3. – С. 22–27.

6. Кудряшов, Л. С. Применение метода электронного парамагнитного резонанса для исследования рыбы / Л. С. Кудряшов, Р. Т. Тимакова, С. Л. Тихонов, **А. С. Романова** // Хранение и переработка сельхоз сырья. – 2017. – № 1. – С. 9–12.

7. Тимакова, Р. Т. Исследование охлажденной рыбы, обработанной ионизирующим излучением / Р. Т. Тимакова, **А. С. Романова**, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // АПК России. – 2017. – Т. 24, № 2. – С. 456–460.

Патент

8. Способ хранения рыбы : патент 2571920 РФ / **Романова А. С.**, Ваганов Е. Г., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Чугунова О. В., Позняковский В. М. : заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный экономический университет. – № 2014146345 ; заявл. 18.11.2014 ; опубл. 27.12.2015, Бюл. № 36.

Статьи в других журналах, сборниках материалов конференций

9. **Романова, А. С.** Количественное определение дозы ионизирующего излучения при обработке охлажденной рыбы / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Индустрия питания. – 2017. – № 4(5). – С. 6.

10. **Романова, А. С.** Анализ и перспективы рынка рыбы и рыбной продукции / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Пища. Экология. Качество : сб. XII Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 20–21 марта 2015 г.). – М., 2015. – С 135–139.

11. **Романова, А. С.** Потребительский рынок рыбы: состояние и перспективы / А. С. Романова // Продовольственный рынок: состояние, перспективы, угрозы : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 18–19 ноября 2015 г.). – Екатеринбург, 2015. – С. 73–79.

12. **Романова, А. С.** Барообработка охлажденной рыбы как способ увеличения ее срока годности / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 14. – С. 217–225.

13. **Романова, А. С.** Перспективы использования ионизирующего излучения для увеличения сроков годности охлажденной рыбы / А. С. Романова, Л. С. Кудряшов, С. Л. Тихонов // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова, 2016. – № 1. – С. 263.

14. **Романова, А. С.** Анализ потребительского рынка рыбы на примере Свердловской области / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Л. С. Кудряшов // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова, 2016. – № 1. С. 261–262.

15. **Романова, А. С.** Использование метода парамагнитного резонанса для оценки безопасности пищевой продукции / А. С. Романова, Л. С. Кудряшов, С. Л. Тихонов, А. Н. Тарарков // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова, 2016. – № 1. – С. 260.

16. **Романова, А. С.** Увеличение продолжительности хранения охлажденной рыбы / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Потребительский рынок XXI века: стратегии, технологии, инновации : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Хабаровск : Хабаровский государственный университет экономики и права, 2016. – С. 202–206.

17. **Романова, А. С.** Стабильность охлажденной рыбы при хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – Орел, 2017. – С. 88–91.

18. **Романова, А. С.** Обеспечения качества охлажденной рыбы в процессе хранения / А. С. Романова, Н. В. Тихонова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к юбилею заслуженного деятеля науки РФ В. М. Позняковского. – Екатеринбург, 2017. – С. 226–229.

Подписано в печать 00.03.2018.
Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Гарнитура Таймс. Бумага офсетная. Печать плоская.
Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета в подразделении оперативной полиграфии
Уральского государственного экономического университета
620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45