

Обоснование увеличения срока годности продуктов, хранящихся в пищевой пленке на основе коллагенсодержащей ихтиосубстанции

¹ Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), г. Москва, Российская Федерация

² Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Российская Федерация

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Ольга Дмитриевна Сергазиева
E-mail: o.sergazieva@yandex.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Сергазиева, О.Д., Еремеева, С.В., & Олдырев, Д.В. (2025). Обоснование увеличения срока годности продуктов, хранящихся в пищевой пленке на основе коллагенсодержащей ихтиосубстанции. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 33(2), 185–204. <https://doi.org/10.36107/spfp.2025.2.651>

ПОСТУПИЛА: 07.10.2024

ПРИНЯТА: 15.06.2025

ОПУБЛИКОВАНА: 30.06.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.



АННОТАЦИЯ

Введение: В последние годы пищевая промышленность сталкивается с необходимостью продления сроков хранения мясных полуфабрикатов без ущерба для их органолептических и микробиологических характеристик. Одновременно усиливается интерес к биоразлагаемым упаковочным материалам, безопасным для потребителей и окружающей среды. Разработка пленок, сочетающих антимикробные свойства с способностью к биоразложению, соответствует приоритетам государственной стратегии по улучшению качества пищевой продукции.

Цель: Комплексная оценка качества и безопасности мясных полуфабрикатов, упакованных в биоразлагаемую пленку на основе коллагенсодержащей ихтиосубстанции и хитозана, а также изучение степени биоразложения пленки в почве.

Материалы и методы: Эксперимент включал органолептическую, микробиологическую и физико-химическую оценку качества мясных полуфабрикатов, хранившихся при $-10 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 60 суток. Образцы сравнивались с контрольной группой в стандартной упаковке. Оценивались КМАФАнМ, БГКП, дрожжи и плесени, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *S. aureus*. Биоразлагаемость пленки оценивалась визуально и микроскопически в соответствии с ГОСТ Р ИСО 11266-2016.

Результаты: Установлено, что органолептические показатели опытных образцов оставались на высоком уровне (≥ 4 баллов) в течение 60 суток. Концентрация КМАФАнМ превышала допустимые значения лишь к 72-м суткам. Пленка демонстрировала выраженные антиоксидантные свойства: перекисное и кислотное число в опытной группе были ниже, чем в контроле. В условиях модельного эксперимента пленка полностью разлагалась в течение восьми недель.

Выводы: Полученная биоразлагаемая пленка эффективно сохраняет качество и безопасность мясных полуфабрикатов при замороженном хранении, замедляет окисление жиров и разлагается в почве в экологически приемлемые сроки. Это подтверждает перспективность ее применения как устойчивого упаковочного решения с использованием вторичных ресурсов водного происхождения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

срок годности продуктов; санитарно-эпидемиологическая оценка пищевой продукции; замороженные наггетсы; пищевая пленка

Justification for the Extension of Shelf Life of Products Stored in a Collagen-Containing Ichthyosubstance-Based Food Film

¹ K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University), Moscow, Russian Federation

² Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation

Olga D. Sergazieva¹, Svetlana V. Ereemeeva², Danil V. Oldyrev²

CORRESPONDENCE:

Olga D. Sergazieva

E-mail: o.sergazieva@yandex.ru

FOR CITATIONS:

Sergazieva, O.D., Ereemeeva, S.V., & Oldyrev, D.V. (2025). Justification for the extension of shelf life of products stored in a collagen-containing ichthyosubstance-based edible film. *Storage and Processing of Farm Products*, 33(2), 185–204. <https://doi.org/10.36107/spfp.2025.2.651>

RECEIVED: 07.10.2024

ACCEPTED: 15.06.2025

PUBLISHED: 31.06.2025

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Introduction: In recent years, the food industry has faced the challenge of extending the shelf life of frozen meat products while preserving their sensory and microbiological quality. At the same time, there is growing interest in biodegradable packaging materials that ensure consumer safety and reduce environmental impact. The development of packaging films with both antimicrobial activity and biodegradability aligns with the goals of the Russian Strategy for Improving Food Quality until 2030.

Purpose: To evaluate the quality and safety of meat semi-finished products stored in biodegradable film based on collagen-containing ichthyosubstance and chitosan, and to assess the film's biodegradability in soil.

Materials and Methods: The experiment included organoleptic, microbiological, and physicochemical assessments of meat products stored at -10 ± 1 °C for 60 days. Experimental samples packed in the developed film were compared to control samples in standard industrial packaging. Microbiological indicators included total viable counts, coliforms, yeasts and molds, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, and *S. aureus*. Biodegradability was evaluated visually and microscopically in accordance with GOST R ISO 11266-2016.

Results: Sensory quality of the experimental samples remained high (≥ 4 out of 5) for 60 days. Microbial safety indicators remained within acceptable limits up to day 60 and exceeded thresholds only by day 72. The film demonstrated antioxidant properties, as evidenced by lower peroxide and acid values compared to the control. Under model soil conditions, the film fully decomposed within eight weeks.

Conclusion: The biodegradable film based on collagen-containing ichthyosubstance and chitosan effectively preserves the quality and safety of frozen meat products for up to 60 days, slows lipid oxidation, and biodegrades in soil within environmentally acceptable timeframes. These findings highlight the potential of utilizing secondary aquatic bioresources for the development of sustainable food packaging materials.

KEYWORDS

shelf life; sanitary-epidemiological assessment; frozen nuggets; edible film

ВВЕДЕНИЕ

Пищевая промышленность сталкивается с задачей продления сроков хранения полуфабрикатов при сохранении органолептических и микробиологических характеристик. Одновременно повышаются требования к экологической безопасности упаковки, включая ее биоразлагаемость и отсутствие негативного воздействия на здоровье человека. Эти направления поддерживаются нормативными документами, включая Стратегию повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, предусматривающую разработку инновационных упаковочных материалов для сохранения качества продукции.

Традиционный способ продления срока хранения заключается во введении консервантов и антимикробных веществ непосредственно в продукт (D'Almeida et al., 2024; Gulzar et al., 2023). Альтернативный подход предполагает включение функциональных компонентов в упаковку, регулирующую микробную нагрузку на поверхности продукта, где процессы порчи проявляются наиболее активно (Lipatova et al., 2022; Periyasamy et al., 2025). Функциональные биополимеры на основе белков и полисахаридов обладают потенциалом для создания защитных покрытий с антимикробной активностью. Научная литература рассматривает в этом контексте казеин, желатин, целлюлозу, крахмал и хитозан (Дышлюк, 2020; Moreira et al., 2011; Muñoz-Tebar et al., 2023). Отдельный интерес представляет ихтиоколлаген, получаемый из отходов рыбной промышленности. Он обладает пленкообразующими свойствами и высокой барьерной способностью при низкой и средней влажности (Lionetto et al., 2021; Zhan et al., 2024; Atiwesh et al., 2021), а также соответствует санитарным и религиозным ограничениям на применение коллагена животного происхождения (Soliman et al., 2022; Антипова и соавт., 2015, 2018; Hosseini et al., 2013; Coppola et al., 2021).

Недостаток собственной антимикробной активности рыбного желатина обуславливает необходимость его сочетания с природными антисептиками. Наиболее перспективным считается хитозан, катионный полисахарид, способный нарушать целостность клеточных мембран патогенных микроорганизмов и обеспечивать пролонгированное антимикробное действие в полимерной матрице

(Rathod et al., 2023; Глазачева и соавт., 2018; Соколова и соавт., 2022). Хитозан не токсичен и не обладает аллергенными свойствами, что делает его безопасным для человека и животных. Он активно используется в технологии пищевых изделий как структурообразователь и стабилизатор, а также как компонент пленкообразующих покрытий (Макхамова и соавт., 2024; Суворов и соавт., 2023; Chen et al., 2023). Согласно результатам ряда исследований, покрытия на основе хитозана снижают микробную обсемененность мясных продуктов в полтора раза по сравнению с контрольными образцами (Hosseini et al., 2013; Бараненко и соавт., 2011).

На кафедре технологии товаров и товароведения Астраханского государственного технического университета разработана биоразлагаемая пищевая плёнка на основе ихтиосубстанции и хитозана, запатентованная в 2021 году. В качестве сырья использовалась кожа и чешуя судака (*Sander lucioperca*) и щуки (*Esox lucius*), прошедшие оптимизированную переработку с соблюдением санитарно-технических требований (Олдырев и соавт., 2023; Покусоева и соавт., 2015; Сергазиева и соавт., 2018). Пленка демонстрирует способность сохранять структуру при термической обработке и может использоваться совместно с продуктом, как было подтверждено на примере полуфабрикатов из мяса (Еремеева и соавт., 2023).

Несмотря на накопленные данные о пленках на основе ихтиоколлагена и хитозана, остаётся открытым вопрос об их эффективности в условиях хранения при температуре минус 10 градусов Цельсия. Недостаточно изучены микробиологические, органолептические и физико-химические характеристики продуктов, упакованных в плёнки из вторичного рыбного сырья. Ранее проводились отдельные исследования влияния упаковки на мясные полуфабрикаты (Антипова и соавт., 2015; Зинина и соавт., 2024), однако они не охватывают аспект биоразлагаемости упаковки и не учитывают воздействие низкотемпературного хранения.

Цель настоящего исследования — оценить изменения качества мясных полуфабрикатов, упакованных в пищевую биоразлагаемую пленку на основе ихтиосубстанции и хитозана, с учетом органолептических, физико-химических и ми-

кробиологических показателей, а также определить степень биоразлагаемости упаковки. Работа направлена на выявление потенциала удлинения срока хранения продуктов без ущерба для безопасности и качества.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования проводили в учебно-исследовательских лабораториях кафедры «Технология товаров и товароведение», а также «Прикладная биология и микробиология» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» (г. Астрахань).

В отношении полученной пленки, проводилось органолептические (внешний вид, запах, цвет), микроскопические исследования, определялась ее стабильность в процессе хранения и способность к биоразложению.

В ходе испытаний были сформированы две группы полуфабрикатов массой 200 г контрольные образцы (в заводской упаковке) и опытные образцы; обе группы хранились в соответствии с требованиями ГОСТа и техническими условиями.

Материалы

Объектами исследования являются:

- (1) пищевая биоразлагаемая пленка на основе коллагенсодержащей ихтиосубстанции и хитозана;
- (2) для получения коллагенсодержащей ихтиосубстанции использовались отходы от разделки частиковых видов рыб — кожа с чешуей, полученные от ручной разделки щуки (*Esox lucius*), судака (*Lucioperca lucioperca*). Рыбная кожа с чешуей приобреталась в ООО ТД «Михайловский» города Астрахань, в количестве 15 кг. Ручная разделка осуществлялась

в соответствии с рекомендациями Сборника технологических инструкций по обработке рыбы¹. Вторичные рыбные ресурсы принимали в соответствии с ГОСТ 31339–2006². Отходы консервировали методом высушивания в течение 1,5 часов при температуре 100 °С в сушильном шкафу «ЭКРОС ПЭ-4610» (ГК «ЭКРОС», Россия), с принудительной конвекцией. Кожу с чешуей измельчали на мельнице (ЛМТ-1, Плаун, Россия) с диаметром ячейки 3 мм;

- (3) в качестве реактива для приготовления коллагенсодержащей ихтиосубстанции и раствора хитозана использовалась уксусная кислота по ГОСТ 18270–72³ (АО «ВЕКТОН»);
- (4) в качестве пластификатора для приготовления пищевой биоразлагаемой пленки использовался глицерин по ГОСТ 6259–75 (АО «ЭКОС-1», Россия);
- (5) в качестве одного из основных компонентов пищевой биоразлагаемой пленки использовался хитозан фирмы ООО «Бадразвес». Представляет собой структурный полисахарид животного происхождения, получаемые из панциря ракообразных (степень деацетилирования — 86 %, влажность — 9,1 %, зольность — 0,84 %, вязкость — 181 cps);
- (6) нагетсы куриные «Мираторг Детские из мяса птицы» АХ «Мираторг» замороженные по ГОСТ 32737–2014⁴.

Приготовление пленки

Пищевая биоразлагаемая пленка была получена исходя из рецептуры указанной в Таблице 1 следующим образом: сначала в глицерин добавляли рассчитанное количество коллагенсодержащей ихтиосубстанции, а также рассчитанное количество 4 %-ного раствора хитозана. Затем эти вещества перемешивались, и смесь помещалась в водяную баню, нагретую до 45–50 °С. Приготовленный пленкообразующий раствор использовали для форми-

¹ Сборник технологических инструкций по обработке рыбы. Том 1, 2 (утв. Минрыбхозом СССР). URL: <https://clck.ru/344pYD> (дата обращения 13.01.2025 г.)

² ГОСТ 31339–2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб». Введ. 01.07.2008. М.: Стандартинформ, 2010.

³ ГОСТ 18270–72 «Кислота уксусная особой чистоты. Технические условия». Введ. 01.01.1974 г. М.: Издательство стандартов, 1988.

⁴ ГОСТ 32737–2014 «Полуфабрикаты натуральные из мяса птицы для детского питания. Технические условия». Введ. 2016–01–01. М.: Стандартинформ, 2019.

рования пленок на силиконовых подложках. Пленкообразующий раствор наносился путем орошения с последующим равномерным распределением раствора по площади подложки. Сушка пленок перед отверждением осуществлялась конвекционным методом в сушильном шкафу «ЭКРОС ПЭ-4610» (ГК «ЭКРОС», Россия) при температуре 45–50 °С в течение 2–2,5 часов при конечной влажности 8–9%. Выбор температуры высушивания пленкообразующего раствора был определен на основании проведенного литературно-патентного поиска в области изготовления биоразлагаемых пленок на основании белково-полисахаридных комплексов, а также экспериментальным путем, в ходе которого на основе сенсорного анализа были получены гладкие, стабильные, плотные пленки, без следа растрескивания⁵.

Для проведения исследований было изготовлено 20 образцов пищевой биоразлагаемой пленки размером 30*30 см (0,09 м²), толщиной $0,050 \pm 0,00056$ мм, массой $3,25 \pm 0,04$ г.

Таблица 1

Рецептура пленкообразующего состава

Table 1

Composition of the Film-Forming Solution

Наименование компонента	Содержание, масс %
Коллагенсодержащая ихтиосубстанция	$68,57 \pm 0,77$
Раствор хитозана (4 %)	$28,57 \pm 0,32$
Глицерин	$3,00 \pm 0,03$

Полученная пленка (Рисунок 1) использовалась в качестве упаковки для замороженных мясных полуфабрикатов (наггетсов) по ГОСТ 32737–2014.

Рисунок 1

Наггетсы, упакованные в пищевую пленку

Figure 1

Nuggets Packaged in Food Film



Постановка эксперимента

В качестве контрольной группы для проведения экспериментальных исследований использовалась упаковка производителя (цифровой код и буквенное обозначение — 07 «О», согласно приложению № 3 Технического регламента Таможенного союза «О безопасности упаковки»⁶ к данному виду материала относятся «другие виды пластмассы»).

В качестве экспериментальной группы для проведения исследований использовалась пищевая биоразлагаемая пленка на основе коллагенсодержащей ихтиосубстанции и хитозана.

Масса упаковочного продукта (масса выборки) составляет 200 г., число повторностей равно 3, так как согласно МУК 4.2.1847–04⁷ исследования проводятся по следующей схеме — одной партии продукции не менее 3 раз в течение установленного срока годности — в начале хранения, на момент окончания срока годности и через промежуток времени, определенный соответствующим коэффициентом резерва.

Условия хранения составляют -10 ± 1 °С (имитируют магазинные условия хранения замороженных полуфабрикатов). Продолжительность — до 72 суток.

⁵ Сергазиева О. Д., Долганова Н. В., Золотокопова С. В., & Ольдырев Д. В. (2021). Съедобная пищевая пленка (Патент Российской Федерации № RU 2757625 С1). Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет». Заявка подана 11 марта 2021 г.; опубликовано 19 октября 2021 г. Бюллетень № 9.

⁶ Технический регламент Таможенного союза. (2011). ТР ТС 005/2011. О безопасности упаковки (35 с.). Москва: Комиссия Таможенного союза. Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 16.08.2011 г. № 769.

⁷ Федеральный центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава России. (2004). МУК 4.2.1847–04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов (31 с.). Москва: Федеральный центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора. Вступил в силу с 20.06.2004 г.

Микробиологический тест

Испытания пригодности к хранению проводили при трех контрольных температурных точках (24, 37 и 42 °C). Пленку нарезали на фрагменты размером 3×3 см, укладывали в стерильные чашки Петри и выдерживали при указанных выше условиях. В течение восьми недель регулярно контролировали микробиологические показатели безопасности (КМАФАнМ (ГОСТ 10444.15–94)⁸, БГКП (ГОСТ 31747–2012)⁹, дрожжи и плесневые грибы (ГОСТ 10444.12–2013)¹⁰, *Listeria monocytogenes* (ГОСТ 32031–2012)¹¹, *Salmonella* (ГОСТ 31659–2012)¹², *S.aureus* (ГОСТ 31746–2012)¹³.

Определение КМАФАнМ (бактерий, дрожжей и плесневых грибов) проводили посевом в агаризованную питательную среду — питательный агар, предназначенный для пищевых продуктов, содержащих в 1 г твердого продукта более 150 колониеобразующих единиц (КОЕ) мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Инкубировали при 30 ± 1 °C в течение 72 ± 3 ч, далее подсчитывали все выросшие колонии.

Колиформные бактерии (БГКП) определяли методом НВЧ, предназначенным для пищевых продуктов, содержащих в 1 г твердого продукта менее 150 клеток колиформных бактерий. Высевали определенный объем продукта и (или) разведений навески продукта в жидкую селективную среду с лактозой (среда Кесслера), инкубировали посеvy при 37 °C 24–48 ч, НВЧ колиформных бактерий считывали, исходя из числа пробирок, показавших образование газа.

Listeria monocytogenes, определяли по методу выявления бактерий *L. monocytogenes* в определенной массе продукта, основанный на двух этапах обогащения, посева и подтверждении посе-

ва. Первый этап инкубируют при 30 °C 24–26 ч, второй — при 37 ± 1 °C 24 ± 2 ч. Посев инкубируют при 37 ± 1 °C 24 ± 3 ч, подтверждение посева при 37 ± 1 °C 24 ± 3. Среда приведены в ГОСТе.

Выявление в определенной массе продукта бактерий рода *Salmonella* проводили в несколько этапов (обогащение в забуференной пептонной среде при 37 ± 1 °C 18 + 2 ч, обогащение в RVS-при 41,5 ± 1,0 °C и Мюллер-Кауфман тетраэтилатном при 37 ± 1 °C бульонах в течение 24 ± 3 ч, пересев на дифференциально-диагностические среды по ГОСТу)

S. aureus определяли посевом в жидкую селективную среду (с предварительным обогащением) — солевой бульон, инкубировали при 37 °C 24–48 ч, при помутнении среды пересевали на агаризованную селективно-диагностическую среду — молочно-солевой агар. Данный метод определения наиболее вероятного числа (НВЧ) *S. aureus* посевом в жидкую селективную среду предназначен для пищевых продуктов, содержащих в 1 г твердого продукта менее 150 или в 1 см³ жидкого продукта менее 15 колониеобразующих единиц (КОЕ) *S. aureus*.

Плесени и дрожжи определяли по методу, который распространяется на пищевые продукты и корма для животных независимо от содержания активной воды, в т.ч. с низким содержанием активной воды — менее 0,6. Проводили глубинный посев в среду Сабуро, термостатировали при 25 ± 1 °C 5 сут, подсчитывали отдельно колонии дрожжей и плесневых грибов.

Санитарно-гигиеническую оценку сроков годности и условий хранения пищевой продукции, завернутой в ихтиожелатиновую пленку, проводили в соответствии с Методическими указаниями МУК 4.2.1847–04 «Санитарно-эпидемиологическая

⁸ ГОСТ 10444.15–94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Введ. 1996–01-01. М.: Стандартинформ, 2010.

⁹ ГОСТ 31747–2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). Введ. 2023–05-24. М.: Стандартинформ, 2013.

¹⁰ ГОСТ 10444.12–2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. Введ. 2015–07-01. М.: Стандартинформ, 2014.

¹¹ ГОСТ 32031–2022 Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes* и других видов *Listeria* (*Listeria* pp.). Введ. 2023–01-01. М.: Стандартинформ, 2022.

¹² ГОСТ 31659–2012 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. Введ. 2013–07-01. М.: Стандартинформ, 2014.

¹³ ГОСТ 31746–2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*. Введ. 01.07.2013г. М.: Стандартинформ, 2013.

Таблица 2

Частота проведения мониторинга при определении срока годности

Table 2

Frequency of Shelf-Life Monitoring

Предполагаемый срок годности, дней	Частота контроля — контрольные точки исследования*						
	Дневное хранение						
1–2	После проработки (фон)	2	3				
3	фон	3	5				
5–7	фон		5	7	10		
10	фон		6–7		10	13	
15	фон			7	15	20	
30	фон		10	20	30	39	
45	фон	10	20	30	40		54
60	фон	15	30	45	60		72
90	фон	18	36	54	72	90	108

Примечание. * Частота исследований замороженных полуфабрикатов продукты — в 2 раза меньше, чем охлажденные, но не менее чем в 3 раза при хранении.

Note. * The frequency of investigation of frozen semi-finished products is 2 times less than refrigerated products, but not less than 3 times during storage.

оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» применительно к правилам периодического контроля (Таблица 2)¹⁴.

Микробиологические показатели контролировали в соответствии с ТР ТС 021/2011¹⁵.

По ТР ТС 021/2011 пленка на основе коллагенсодержащей ихтиосубстанции не найдена ни в одной группе товаров, поэтому ориентировались на группы «Рыба вяленая, провесная, сушеная» и «Сушеные и белковые нерыбные объекты морского промысла: сухой мидийный бульон, бульонные кубики и пасты, белок изолированный».

Таблица 3

Нормативные показатели исследуемой пищевой биоразлагаемой пленки и исследуемого мясного полуфабриката

Table 3

Regulatory Indicators for the Studied Biodegradable Food Film and the Studied Semi-Finished Meat Product

Наименование показателя	Нормируемые показатели в ихтиожелатиновой пленке	Нормируемые показатели в замороженных наггетсах
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	5×10^4	1×10^6
Бактерии группы кишечной палочки (БГКП), не допускается в массе продукта (г)	1,0	0,0001
Бактерии рода <i>Salmonella</i> , не допускается в массе продукта (г)	25	25
Бактерии <i>Listeria monocytogenes</i> , не допускается в массе продукта (г)	25	25
<i>S. aureus</i> , не допускаются в массе продукта (г)	1,0	—
Плесени, КОЕ/г, не более	—	500
Плесени и дрожжи, КОЕ/г (см ³), не более	100	—

¹⁴ МУК 4.2.1847–04 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Введ. 2004–03–06. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. <http://docs.cntd.ru/document/1200035982>

¹⁵ Технический регламент Таможенного союза. (2011). ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции (242 с.). Москва: Комиссия Таможенного союза. Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 г. № 880.

По ТР ТС 021/2011 нагетсы замороженные относятся к группе товаров «Полуфабрикаты мясные, мясо-содержащие и из мяса птицы мясокостные, рубленые, формованные в т.ч. панированные, в тестовой оболочке, фаршированные», которая должна соответствовать показателям указанным в Таблице 3.

Согласно ГОСТ 32737–2014, нагетсы температурный режим хранения нагетсов составляет до -12°C . Рекомендуемый срок хранения нагетсов при температуре выше -10°C составляет около одного месяца, тогда как при -18°C допустимый срок хранения увеличивается до трёх месяцев. При определении санитарно-микробиологических показателей безопасного хранения было отмечено, что температура внутри витрин супермаркетов составляет около $-10\pm 1^{\circ}\text{C}$, то есть срок годности данной группы продуктов составляет до одного месяца.

Тест биодegradации

Оценка степени биоразлагаемости полученной пищевой биоразлагаемой пленки проводилась визуально, а также микроскопически.

Для испытаний на биоразлагаемость полученные образцы пленки разрезали на равные полоски размером 5×2 см, помещали в контейнеры с садовой почвой влажностью 60% в пределах $\pm 5\%$ (в соответствии с требованием п. 7.2.2.3 ГОСТ Р ИСО 11266–2016), предварительно закрепив на стерильном предметном стекле.

Испытание проводили в соответствии с ГОСТ Р ИСО 11266–2016¹⁶ «Качество почвы. Оценка аэробной биоразлагаемости органических химических веществ в почве» в части пунктов 7.2.2–7.2.4. Так на основе требований стандарта была выбрана следующая частота отбора проб, с последующей модификацией (замена контрольной точки в 16 дней на 14 дней, добавление контрольной точки 20 дней, замена контрольной точки 64 дня

на 56 дней): 0 дней, 2 дня, 4 дня, 8 дней, 14 дней, 20 дней, 32 дня, 56 дней.

Температура инкубации составляла $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$ так как в соответствии с п. 7.2.2.2 ГОСТ Р ИСО 11266–2016 данная температура соответствует температуре почв умеренного климата (от 10 до 25°C) и является представительной в естественных условиях.

Влажность почвы составляла 60% в пределах $\pm 5\%$. Данная влажность является естественной и была зафиксирована в момент отбора и поддерживалась на протяжении всего срока испытания. Определение влажности почвы проводилось в соответствии с ГОСТ 28268–89¹⁷ «Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений».

В течение восьми недель фиксировали визуальные изменения, а структурные различия определяли сравнением микроскопии контрольных и опытных образцов.

В статье (Ревуцкая Н.М. и соавт., 2020) указано, что на основании положений стандарта ГОСТ Р 54530–2011¹⁸ срок разложения упаковочного материала должен составлять 6 месяцев.

Для анализа микроструктуры коллагенсодержащей пленки сразу после ее получения применялась оптическая микроскопия. Для этого из полученного материала вырезали фрагменты размером 1×1 см, фиксировали их на предметном стекле и исследовали под микроскопом «Микромед 3–20М» при 400-кратном увеличении. Определяли внешний вид поверхности пленки, однородность, наличие посторонних включений и дефектов.

Органолептический и сенсорный тест

Органолептические исследования включали в себя оценку: внешнего вида, запаха, вкуса в соответ-

¹⁶ ГОСТ Р ИСО 11266–2016. «Качество почвы. Оценка аэробной биоразлагаемости органических химических веществ в почве». Введ. 01.02.2017 г. М.: Стандартинформ, 2017.

¹⁷ ГОСТ 28268–89. «Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений». Введ. 01.06.1990 г. М.: Стандартинформ, 2006.

¹⁸ ГОСТ Р 54530–2011. «Ресурсосбережение. Упаковка. Требования, критерии и схема утилизации упаковки посредством компостирования и биологического разложения». Введ. 01.01.2013 г. М.: Стандартинформ, 2019.

ствии с ГОСТ 9959–2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия органолептической оценки»¹⁹ по пятибалльной шкале (1 — «неудовлетворительно», 2 — «слабый», 3 — «удовлетворительно», 4 — «хорошо», 5 — «отлично»). Внешний вид определялся у замороженного продукта, вкус, запах и вид поперечного среза — в готовых наггетсах. Для определения запаха и вкуса наггетсы готовили в соответствии с инструкцией производителя на упаковке в одном режиме, чтобы исключить вариативность термообработки.

Для определения органолептических показателей была сформирована тестовая комиссия в составе 10 человек. В нее вошли разработчики пищевой биоразлагаемой пленки на основе коллагенсодержащей ихтиосубстанции и хитозана, работники астраханских предприятий общественного питания, сотрудники кафедры «Технология товаров и товароведение» АГТУ. Каждому участнику были розданы памятки с критериями для каждой градации (описание допустимых и недопустимых признаков по цвету, аромату, вкусу, консистенции) в соответствии со стандартом на мясной полуфабрикат — наггетсы, а также в соответствии с ГОСТ 9959–2015. Проводилось «слепое исследование»: образцы маркировались случайными трехзначными кодами, не раскрывающими тип упаковки. Каждая сессия дегустации была проведена двукратно с двухдневным интервалом (итого две независимые сессии).

Физико-химический тест

Важнейшими параметрами, характеризующими сохранность жирового компонента в процессе хранения, являются перекисное и кислотное числа. Исследования этих показателей проводятся не менее трёх раз: вначале хранения, по окончании заявленного производителем срока годности (30 суток) и в конце резервного срока (совпадающего с окончанием испытаний) (72 суток). Поскольку в рецептуре наггетсов использованы животные или

смешанные масла, анализ выполняли после 30 суток хранения и далее^{20,21}, в соответствии с ГОСТ 34118–2017 и ГОСТ Р 55480–2013. Пробы отбирали в соответствии с ГОСТ 4288–76 «Изделия кулинарные и полуфабрикаты из рубленного мяса. Правила приемки и методы испытаний»²².

Статистический анализ

Метрологические характеристики методов при доверительной вероятности $P=0,95$; Предел повторяемости $r=0,5\%$; предел воспроизводимости $R=1\%$; границы абсолютной погрешности $\Delta \pm 10\%$. Для статистической обработки данных использовалось программное обеспечение Statistical Analyzer и STATISTICA. Математическую обработку проводили с помощью программы MatLab и компьютерных программ Office Pro (Excel), Micro Call ORIGIN 5,0. Результаты представлены в виде средних значений пятикратных повторов с расчетом стандартного отклонения. Статистическую обработку результатов осуществляли на основе подсчета средних значений величин и стандартной средней ошибки. Достоверность данных достигалась планированием количества экспериментов, необходимых и достаточных для достижения надежности $P=0,85-0,95$, при доверительном интервале $\Delta \pm 10\%$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Микробиологические показатели пленки и продукта

В ходе восьминедельного хранения образцов пленок при трех контрольных температурных точек (24, 37 и 42 °C) ни в одном из контрольных образцов не выявили условно-патогенных микроорганизмов/возбудителей порчи. За указанный период число КМАФАнМ увеличилось в пределах 1,3–1,4-кратного роста, однако оставалось ниже предельного значения, установленного ТР ТС 021/2011 (Таблица 4).

¹⁹ ГОСТ 9959–2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки». Введ. 2017–01–01. М.: Стандартинформ, 2016.

²⁰ ГОСТ 34118–2017 «Мясо и мясные продукты. Метод определения перекисного числа». Введ. 2018–07–01. М.: Стандартинформ, 2018.

²¹ ГОСТ Р 55480–2013 «Мясо и мясные продукты. Метод определения кислотного числа». Введ. 2014–07–01. М.: Стандартинформ, 2019.

²² ГОСТ 4288–76 «Изделия кулинарные и полуфабрикаты из рубленного мяса. Правила приемки и методы испытаний». Введ. 01.01.1977. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.

Таблица 4

Динамика изменения КМАФАнМ пленки, хранившейся при различных температурах, КОЕ/г

Table 4

Dynamics of TVC Changes in the Film Stored at Various Temperatures, CFU/g

Температура хранения	Срок годности пленки, недель				
	0	1	3	5	8
Стандарт	5×10^4				
24 °C		4.1×10^4	4.4×10^4	4.7×10^4	4.9×10^4
37 °C	3.9×10^4	4.4×10^4	4.7×10^4	4.9×10^4	5.2×10^4
42 °C		4.2×10^4	4.5×10^4	4.8×10^4	5.3×10^4

Проведенная санитарно-эпидемиологическая оценка сроков годности и условий хранения пищевой продукции продемонстрировала соответствие микробиологических параметров исследуемых пленок нормативным требованиям в течение всего периода наблюдения. Сводные данные по количеству мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) представлены в Таблице 5.

Таблица 5

Динамика содержания КМАФАнМ в продуктах, КОЕ/г

Table 5

Dynamics of TVC Content in the Products, CFU/g

Контрольные точки, дни хранения	Замороженные наггетсы, в упаковке производителя	Замороженные наггетсы, в пищевой пленке
Стандарт	1.0×10^6	
0	1.7×10^4	1.75×10^4
10	8.5×10^4	2.1×10^4
20	2.5×10^5	2.75×10^4
30	5.5×10^5	3.8×10^4
39	1.2×10^6	1.7×10^5
45	2.8×10^6	2.3×10^5
54	2.5×10^7	3.8×10^5
60	3.0×10^7	5.2×10^5
72	3.6×10^7	1.6×10^6

В замороженных наггетсах в течение нормативного срока хранения (30 суток), так и при дальнейшем хранении сроком до 72 суток, не было обнаружено признаков условно-патогенных, патогенных микроорганизмов (БГКП, *Listeria monocytogenes*,

Salmonella, *S. aureus*), а также микроорганизмов порчи (плесневые грибы), что соответствует требованиям установленным ТР ТС 021/2011.

В упаковке производителя концентрация КМАФАнМ за первый месяц колебалась в диапазоне $1,7 \times 10^4$ – $5,5 \times 10^5$ КОЕ/г. После окончания нормативного срока численность мезофильных аэробов постепенно росла: на 45-й день она превышала норму в 2,8 раза, к 60-му — в 30 раз, а к 72-м суткам (контрольный срок — 60 суток) достигала 36-кратного повышения.

При использовании коллагенсодержащей плёнки концентрация КМАФАнМ оставалась в пределах допустимых значений ($1,75 \times 10^4$ – $3,8 \times 10^4$ КОЕ/г) в течение первых 30 суток и превышала норму лишь к 72-м суткам (расчётный срок — 60 суток), демонстрируя таким образом стабильность на всём этапе хранения. Оборачивание наггетсов в плёнку и хранение при температуре -10 ± 1 °C обеспечивало качественную сохранность продукции и препятствовало росту микрофлоры до 60 суток, что удваивает рекомендуемый срок годности.

Биодеградация

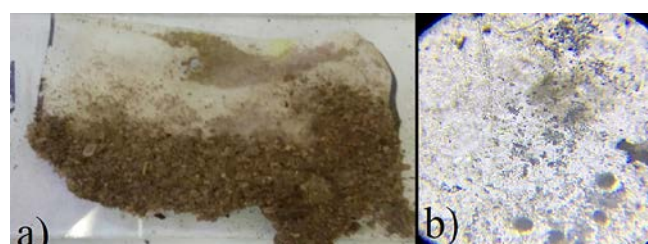
При изучении биодеградации полученной коллагенсодержащей пленки, путем экспонирования в почве, уже через две недели отмечались явные визуальные изменения: нарушалась целостность образцов, снижались прозрачность и эластичность, при этом материал становился всё более

Рисунок 2

Образец пленки после двухнедельной выдержки в почве

Figure 2

Film Sample after Two Weeks of Exposure in Soil



Примечание. (а) Пленка, извлеченная из земли; (б) Микроскопия пленки (x400)

Note. (a) Film extracted from the soil; (b) Microscopy of the film (x400 magnification)

Рисунок 3

Экстрагированный образец пленки после пяти недель воздействия почвы

Figure 3

Extracted Film Sample after Five Weeks of Soil Exposure



Примечание. (a) Пленка, извлеченная из земли; (b) Микроскопия пленки (x400)

Note. (a) Film extracted from soil; (b) Microscopy of the film (x400)

хрупким (Рисунок 2). Микроскопический анализ показал внедрение частиц почвы в поверхностный слой пленки, а также частичное разрушение ее структуры под воздействием мицелиальных волокон и бактериальных клеток. По завершении пятинедельного экспонирования 90 % извлеченных образцов пленок разрушилась в почве, она стала очень хрупкой и неотделимой от почвенных частиц (Рисунок 3).

По истечении восьми недель экспонирования в почве образцы пленки не поддавались извлечению — материал полностью разрушился. Полимер признается биоразлагаемым, если его масса исче-

зает в почвенной / водной среде в течение шести месяцев. Наблюдения за пленкой на основе коллагенсодержащей ихтиосубстанции подтверждают ее низкую устойчивость к действию почвенной микробиоты и демонстрируют высокую степень биоразложения в природных условиях уже через две недели экспонирования.

После 8 недель экспозиции при попытке извлечь пленку из земли было обнаружено, что она полностью разложилась.

Органолептика

Для проведения органолептического исследования были отобраны образцы пищевой биоразлагаемой пленки с гладкой поверхностью без трещин. Внешний вид однородный, без трещин, провисаний, пузырей или посторонних включений. Полученные пленки прозрачные, безвкусные, бесцветные, допускается желтоватый оттенок, без порочащих признаков.

Результаты оценки органолептических свойств наггетсов, хранившихся в упаковке производителя и в пищевой пленке, приведены в Таблицах 6 и 7. Внешний вид определялся у замороженного продукта, вкус, запах и вид поперечного среза — в готовых наггетсах.

Таблица 6

Сводная дегустационная карта «Замороженные наггетсы, хранящиеся в упаковке производителя»

Table 6

Summary Tasting List «Frozen Nuggets Stored in Manufacturer's Packing»

Срок годности, дней	Органолептические показатели				Всего
	Внешний вид	вкус	запах	Вид на поперечный срез	
30	5	5	5	5	5
39	5	4 Слабый вкус (допустимо) слабо выраженный привкус специй	4 Не выражен (допустимо) Не выраженный аромат специй	5	4.5
45	4.5 содержит наггетсы со сломанной оболочкой	Чрезмерная концентрация КМАФАнМ	Чрезмерная концентрация КМАФАнМ	4 Бледный цвет покрытия и начинки	—

Таблица 7

Краткий дегустационный лист «Замороженные наггетсы, хранящиеся в пищевой пленке»

Table 7

Summary Tasting List «Frozen Nuggets Stored in Edible Film»

Срок годности, дней	Органолептические характеристики				Всего
	Внешний вид	вкус	запах	Поперечный срез посмотреть	
30	5	5	5	5	5
39	5	5	5	5	5
45	5	5	5	5	5
54	5	5	5	5	5
60	5	4 Слабый вкус (допустимо) слабо выраженный привкус специй	4 Не выражен (допустимо) Не выраженный аромат специй	5	4.5
72	4 содержит наггетсы со сломанной оболочкой	Чрезмерная концентрация КМАФАнМ	Чрезмерная концентрация КМАФАнМ	4 Бледный цвет покрытия и начинки	—

По заключению тестовой комиссии, спустя 39 суток после истечения установленного срока годности вкус наггетсов в фабричной упаковке становился менее выраженным как и пряный аромат, но форма и внешний вид в поперечном сечении остаются неизменными, как и внешний вид в поперечном сечении готовых наггетсов.

На следующем этапе через 45 дней органолептические характеристики определялись только визуально, поскольку вкус и запах не могли быть определены из-за чрезмерной концентрации КМАФАнМ ($2,8 \times 10^6$ КОЕ/г).

Наггетсы, упакованные в пищевую коллагенсодержащую пленку, показали хорошие результаты после 3 контрольных точек хранения (39, 45, 54 дня), превышающие стандартный срок (30 дней).

Только на 60-й день члены комиссии отметили слабый пряный запах и невыраженный, но съедобный вкус. К 72-му дню, когда в образцах было зафиксировано превышение порогового уровня КМАФАнМ ($1,6 \times 10^6$ КОЕ/г) члены комиссия визуально отметили поперечных срезов, обнаружив фрагменты наггетсов с повреждённой оболочкой, побледневшим покрытием и нарушенной структурой начинки.

Показатели окисления

Динамика изменения перекисного и кислотного числа в замороженных наггетсах, хранившихся в пищевом покрытии, представлена в Таблице 8. На момент изготовления перекисное число во всех образцах составляло 4,8–5,1 ммоль ($1/2 O_2$) / кг и не превышало допустимого значения. норма — 10 ммоль ($1/2 O_2$) / кг. В ходе длительного хранения перекисные показатели быстро нарастали во всех образцах; в контрольной группе предел нормы был превышен уже к концу первого месяца, тогда как в образцах в пищевой плёнке перекисное число сохранялось в пределах допустимого диапазона на всём протяжении испытаний, достигая лишь максимально допустимой отметки к концу срока хранения.

В ходе хранения кислотное число в контрольных и экспериментальных образцах оставалось близким по величине и не выходило за пределы 4,0 мг КОН на 1 кг. В контрольном образце значения варьировали в диапазоне 0,6–0,7 мг КОН на 1 кг. В образцах, упакованных в пищевую пленку, нарастание кислотного числа происходило существенно медленнее, тогда как в контрольных пробах к концу периода (72-е сутки) этот показатель достиг максимума — 3,7 мг КОН на 1 кг.

Таблица 8
Динамика перекисного и кислотного числа в замороженных наггетсах
Table 8
The Dynamics of Peroxide and Acid Values in Frozen Nuggets

Срок годности, дней	Перекисное число, ммоль активного кислорода / кг		Кислотное число, мг КОН на 1 кг жира	
	Коллагенсодержащая пленка	Упаковка производителя	Коллагенсодержащая пленка	Упаковка производителя
0	4,8	5,1	0,6	0,5
30	6,4	11,7	0,7	1,3
60	8,7	11,7	1,6	2,6
72	10,0	15,9	2,6	3,7

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты настоящего исследования убедительно демонстрируют, что пищевая биоразлагаемая пленка на основе коллагенсодержащей ихтиосубстанции и хитозана может быть эффективно использована для увеличения срока хранения мясных полуфабрикатов при температуре $-10 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Продукты, упакованные в экспериментальную пленку, сохраняли микробиологическую и органолептическую стабильность до 60 суток, что в два раза превышает нормативный срок годности при указанных условиях хранения (ГОСТ 32737–2014).

Микробиологические характеристики

Наблюдаемое замедление микробиологического роста в образцах с пленкой согласуется с ранее опубликованными данными о антимикробной активности хитозановых покрытий (Hosseini et al., 2013; Ruiz-Cruz et al., 2019). Полученные значения КМАФАнМ оставались в пределах нормативов в течение всего контролируемого периода хранения и превышали предельное значение лишь к 72-м суткам, что свидетельствует о выраженном барьерном эффекте пленки. Противомикробное действие реализуется за счет катионной природы хитозана, нарушающего целостность клеточных мембран (Rathod et al., 2023; Muñoz-Tebar et al., 2023). Дополнительное подтверждение устойчивости микробиологических показателей дают температурные испытания (24, 37 и 42 °C), продемон-

стрировавшие стабильность значений КМАФАнМ (Таблица 4), что расширяет возможные условия применения материала в системах логистики.

Сравнительный анализ показывает, что упаковка из биоразлагаемой пленки обеспечивает более устойчивое микробиологическое состояние, чем традиционная промышленная упаковка, в которой к 60 суткам наблюдалось 30-кратное превышение норматива. Данные сопоставимы с результатами Moreira et al. (2011), а также Mujtaba et al. (2019), указывающими на возможность пролонгирования свежести при использовании хитозановых компонентов.

Органолептические свойства

Сохранение высоких сенсорных характеристик продукта в течение 60 суток подтверждает отсутствие неблагоприятного воздействия упаковочного материала на вкус, запах, внешний вид и консистенцию наггетсов. Дегустационные данные, полученные методом слепого двойного тестирования в соответствии с ГОСТ 9959-2015, подтверждают стабильные значения на уровне 4–5 баллов по пятибалльной шкале, в то время как в контрольной группе деградация органолептических свойств была зафиксирована уже к 39-м суткам. Полученные результаты указывает на то, что пленка не только предотвращает рост микрофлоры, но и замедляет процессы сенсорной порчи, что ранее отмечалось в работах Eranda et al. (2024) и Lou & Chen (2023).

Физико-химические показатели

Снижение интенсивности окислительных процессов в экспериментальной группе подтверждается данными о более медленном росте перекисного и кислотного числа в течение 72 суток хранения. Перекисное число в образцах, упакованных в ихтиопленку, не превышало 10 ммоль O_2 /кг, оставаясь в пределах допустимого значения согласно Махачева и соавт. (2013), тогда как в контрольной группе показатель достигал 15,9 ммоль O_2 /кг. Подобная динамика может быть объяснена антиоксидантной активностью аминокислот рыбного происхождения, сохранившихся в пленке (Roy et al., 2023; Corrola et al., 2021). Этот эффект требует дальнейшего изучения, включая идентификацию биологически активных фракций и их взаимодействие с жирными кислотами продукта.

Биодеградация

Исследование структуры и поведения пленки в почвенной среде продемонстрировало её высокую биоразлагаемость: уже через 2 недели экспонирования наблюдалась значительная утрата целостности, а к 8-й неделе образцы не поддавались извлечению, что соответствует экологическим критериям биоразлагаемости (Poddenezhny et al., 2015; ГОСТ Р ИСО 11266–2016). Указанный результат подтверждает возможность полной интеграции материала в естественные циклы разложения и его соответствие принципам устойчивого развития (Atiwesh et al., 2021; Zhan et al., 2024). Структурные включения, зафиксированные микроскопически (Рисунок 4), аналогичны ранее описанным гетеро-

Рисунок 4

Ихтиожелатиновая пленка под микроскопом (увеличение $\times 400$)

Figure 4

Ichthyogelatin Film under a Microscope (Magnification $\times 400$)



генным компонентам в растительных пленках (Макарова и соавт., 2018), что свидетельствует о схожих механизмах деструкции.

Экологическая и прикладная значимость

Использование пленки на основе вторичных рыбных ресурсов отвечает задачам биоэкономики и снижает экологический след упаковки. В отличие от аналогичных покрытий, применявшихся в исследованиях Hosseini et al. (2013) и Eranda et al. (2024), разработанная пленка не требует дорогостоящих биополимеров или стабилизаторов, так как синтезирована из локально доступных отходов рыбной промышленности, что существенно снижает стоимость и расширяет масштабы применения в малом и среднем пищевом бизнесе.

Ограничения исследования

Все испытания проводились при фиксированной температуре хранения $-10 \pm 1^\circ C$, без учета возможных температурных флуктуаций в логистических цепях. Кроме того, эксперимент охватывал лишь один вид полуфабрикатов — куриные наггетсы. Для подтверждения универсальности выводов требуется расширение исследования на другие категории продуктов и изучение миграции компонентов пленки в продуктовую матрицу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования была подтверждена возможность увеличения срока годности мясных полуфабрикатов при использовании полученной пищевой пленки на основе коллагенсодержащей ихтиосубстанции и хитозана с сохранением потребительских свойств продукта. Экспериментально доказано, что полученная пленка обеспечивает стабильность микробиологических и органолептических показателей упакованных в нее полуфабрикатов — наггетсов, позволяя удвоить срок годности продукта до 60 дней при температуре $-10 \pm 1^\circ C$, замедляет окисление жировых компонентов. Исследованная биоразлагаемая пленка подвергается биоразложению в почве в течении восьми недель, что подтверждает высокий уровень биоразлагаемости в естественных условиях.

Полученные результаты подтверждают возможность использования вторичных водных биоресурсов для получения биоразлагаемой пленки, способной пролонгировать срок годности пищевых мясных полуфабрикатов. В дальнейшем целесообразно расширить область исследования за счет изучения сохранности других групп пищевых продуктов, изучения способности к биоразложению полученной пленки в различных типах почв и климатических условиях, а также изучение миграции компонентов пленки в пищевые продукты, с последующей оценкой влияния компонентов на потребительские свойства.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Ольга Дмитриевна Сергазиева: руководство исследованием; формулирование исследовательских целей и задач; концептуализация; контроль; планирование и проведение исследования; создание черновика рукописи; редактирование рукописи.

Светлана Владимировна Еремеева: отбор проб; пробоподготовка; проведение исследований; при-

менение статистических методов для анализа данных; редактирование рукописи.

Данил Вячеславович Олдырев: проведение исследований; проверка воспроизводимости результатов исследования; обработка данных; создание черновика рукописи; редактирование рукописи.

AUTHORS CONTRIBUTION

Olga D. Sergazieva: supervision; formulation of research goals and objectives; conceptualization; monitoring; planning and conducting the investigation; writing – original draft; writing – review & editing.

Svetlana V. Eremeeva: sample collection; sample preparation; investigation; application of statistical methods for data analysis; writing – review & editing.

Danil V. Oldyrev: investigation; validation of reproducibility of research results; data processing; writing – original draft; writing – review & editing.

ЛИТЕРАТУРА

- Антипова, Л. В., & Пискова, М. А. (2018). Перспектива применения рыбного коллагена в производстве пищевых продуктов. *Актуальная биотехнология*, 3(26), 535.
- Антипова, Л. В., Сторублевцев, С. А., Болгова, С. Б., & Сухов, И. В. (2015). Получение, идентификация и сравнительный анализ рыбных коллагенов с аналогами животного происхождения. *Фундаментальные исследования*, (8–1), 9–13.
- Антипова, Л. В., Сторублевцев, С. А., Пискова, М. А., & Химишев, Ю. З. (2018). Белковые ресурсы рыбного происхождения — источник здоровья и красоты. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 80(4), 138–144. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-138-144>
- Белоглазова, К.Е. (2020). *Разработка пленочных покрытий на основе полисахаридов и перспективы их использования* [Дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова]. Саратов.
- Глазачева, Е. Н., Воронова, А. А., & Успенская, М. В. (2018). Исследование биополимерной плёночной композиции на основе смеси хитозана и желатина. *Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)*, 45(71), 64–68.
- Дышлюк, Л.С., Просеков, А.Ю., & Асякина, Л.К. (2019). Изучение свойств биоразлагаемых пленок из природных полисахаридов. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 9(4), 703–711. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-4-703-711>
- Еремеева С.В., Сергазиева О.Д., Сопрунова О.Б., Жукова О.И., & Олдырев Д.В. (2023). Влияние биоразлагаемой ихтиожелатиновой пленки на качество мясных полуфабрикатов при хранении. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*, 11(3), 64–74. <https://doi.org/10.14529/food230308>

- Зинина, О. В., Меренкова, С. П., Вишнякова, Е. А., & Галимов, Д. М. (2024). Исследование структуры и свойств пищевых биоактивных пленок на основе пектина. *Вестник КрасГАУ*, 1(202), 201–207.
- Макарова Н.В., Еремеева Н.Б., Быков Д.Е., & Давыдова Я.В. (2018). Исследование органолептических, прочностных, физико-химических свойств многослойной съедобной пленки на основе яблочного сырья. *Вестник Камчатского государственного технического университета*, (46), 35–46. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2018-46-35-46>
- Махкамова, Н. О., & Хаитбаев, А. Х. (2024). Физико-химические свойства различных плёнок на основе хитозана. *Universum: химия и биология*, 2(116). <https://doi.org/10.32743/UniChem.2024.116.2.16751>
- Махачева, Е. В., & Влощинский, П. Е. (2013). Физико-химические изменения в многокомпонентных мясных рубленых изделиях. *Вестник КрасГАУ*, (7), 259–264.
- Олдырев, Д. В., Сергазиева, О. Д., Ярцева, Н. В. & Бахарева, А. А. (2023). Получение коллагенсодержащей ихтиосубстанции из вторичных рыбных ресурсов. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (3), 181–197. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.451>
- Ревуцкая, Н. М., & Насонова, В. В. (2020). Что относится к биоразлагаемой упаковке в России? *Все о мясе*, (5), 33–35. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-5-33-35>
- Покусаева, О. А., Долганова, Н. В., & Якубова, О. С. (2015). Ихтиожелатин как основа съедобных пленочных покрытий для пищевых продуктов. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*, (2), 123–128.
- Сергазиева, О. Д., & Долганова, Н. В. (2018). Применение пленок на основе желатина для сохранения качества пищевых продуктов. *Техника и технология пищевых производств*, 48(1), 156–163. <http://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-156-163>
- Соколова, Е. С., & Успенская, М. В. (2022). Биоразлагаемые пищевые пленки на основе хитозана. *X Международная научно-практическая конференция «Культура, наука, образование: проблемы и перспективы»*, 443–450. <https://doi.org/10.36906/KSP-2022/60>
- Суворов, О. А., Ипатов, Л. Г., Погорелова, М. А., Песочная, Д. А., Сафонов, М. С., & Погорелов, А. Г. (2023). Пленки из хитозана: модификация, применение и функционализация электрохимически активированным водным раствором. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (3), 13–27. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.448>
- Atiweh, G., Mikhael, A., Parrish, C. C., Banoub, J., & Le, T. T. (2021). Environmental impact of bioplastic use: A review. *Heliyon*, 7(9), e07918. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07918>
- Chen, Y., Liu, Y., Dong, Q., Xu, C., Deng, S., Kang, Y., Fan, M., & Li, L. (2023). Application of functionalized chitosan in food: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 235, 123716. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123716>
- Coppola, D., Lauritano, C., Palma Esposito, F., Riccio, G., Rizzo, C., & de Pascale, D. (2021). Fish waste: From problem to valuable resource. *Marine Drugs*, 19(2), 116. <https://doi.org/10.3390/md19020116>
- D’Almeida, A. P., & de Albuquerque, T. L. (2024). Innovations in food packaging: From bio-based materials to smart packaging systems. *Processes*, 12(10), 2085. <https://doi.org/10.3390/pr12102085>
- Eranda, D. H. U., Chaijan, M., Panpipat, W., Karnjanapratum, S., Cerqueira, M. A., & Castro-Muñoz, R. (2024). Gelatin-chitosan interactions in edible films and coatings doped with plant extracts for biopreservation of fresh tuna fish products: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 280(Pt 2), 135661. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135661>
- Fakhreddin Hosseini, S., Rezaei, M., Zandi, M., & Ghavi, F. F. (2013). Preparation and functional properties of fish gelatin-chitosan blend edible films. *Food Chemistry*, 136(3–4), 1490–1495. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.081>
- Gulzar, S., Tagrida, M., Prodpran, T., Li, L., & Benjakul, S. (2023). Packaging films based on biopolymers from seafood processing wastes: Preparation, properties, and their applications for shelf-life extension of seafoods — A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(6), 4451–4483. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13230>

- Jridi, M., Abdelhedi, O., Salem, A., Zouari, N., & Nasri, M. (2024). Food applications of bioactive biomaterials based on gelatin and chitosan. *Advances in Food and Nutrition Research*, 110, 399–438. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2024.03.002>
- Lionetto, F., & Esposito Corcione, C. (2021). Recent applications of biopolymers derived from fish industry waste in food packaging. *Polymers*, 13(14), 2337. <https://doi.org/10.3390/polym13142337>
- Lipatova I.M., Yusova A.A. & Makarova L.I. (2022). Functional films based on mechanoactivated starch with prolonged release of preservative. *Food Bioscience*, 47(3), 810–818, 100254. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101694>
- Lou, L., & Chen, H. (2023). Functional modification of gelatin-based biodegradable composite films: a review. *Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*, 40(7), 928–949. <https://doi.org/10.1080/19440049.2023.2222844>
- Moreira, M.delR., Ponce, A., Ansorena, R., & Roura, S. I. (2011). Effectiveness of edible coatings combined with mild heat shocks on microbial spoilage and sensory quality of fresh cut broccoli (*Brassica oleracea* L.). *Journal of Food Science*, 76(6), M367–M374. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02210.x>
- Mujtaba, M., Morsi, R. E., Kerch, G., Elsabee, M. Z., Kaya, M., Labidi, J., & Khawar, K. M. (2019). Current advancements in chitosan-based film production for food technology; A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 121, 889–904. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.109>
- Muñoz-Tebar N, Pérez-Álvarez JA, Fernández-López J, Viuda-Martos M. (2023). Chitosan edible films and coatings with added bioactive compounds: Antibacterial and antioxidant properties and their application to food products: A review. *Polymers*, 15(2), 396. <https://doi.org/10.3390/polym15020396>
- Periyasamy, T., Asrafali, S. P., & Lee, J. (2025). Recent advances in functional biopolymer films with antimicrobial and antioxidant properties for enhanced food packaging. *Polymers*, 17(9), 1257. <https://doi.org/10.3390/polym17091257>
- Rathod, N.B., Bangar, S.P., Šimat, V. & Ozogul, F. (2023), Chitosan and gelatine biopolymer-based active/biodegradable packaging for the preservation of fish and fishery products. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(2), 854–861. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16038>
- Roy, V. C., Islam, M. R., Sadia, S., Yeasmin, M., Park, J.-S., Lee, H.-J., & Chun, B.-S. (2023). Trash to treasure: An up-to-date understanding of the valorization of seafood by-products, targeting the major bioactive compounds. *Marine Drugs*, 21(9), 485. <https://doi.org/10.3390/md21090485>
- Ruiz-Cruz, S., Valenzuela-López, C. C., Chaparro-Hernández, S., Ornelas-Paz, J. de J., Del Toro-Sánchez, C. L., Márquez-Ríos, E., López-Mata, M. A., Ocaño-Higuera, V. M., & Valdez-Hurtado, S. (2019). Effects of chitosan-tomato plant extract edible coatings on the quality and shelf life of chicken fillets during refrigerated storage. *Food Science and Technology International*, 39(1), 103–111. <https://doi.org/10.1590/FST.23117>
- Soliman, A. M., Teoh, S. L., & Das, S. (2022). Fish gelatin: Current nutritional, medicinal, tissue repair applications, and as a carrier of drug delivery. *Current Pharmaceutical Design*, 28(12), 1019–1030. <https://doi.org/10.2174/1381612828666220128103725>
- Zhan, Z., Feng, Y., Zhao, J., Qiao, M., & Jin, Q. (2024). Valorization of seafood waste for food packaging development. *Foods*, 13(13), 2122. <https://doi.org/10.3390/foods13132122>

REFERENCES

- Antipova, L. V., & Piskova, M. A. (2018). Prospects for the use of fish collagen in food production. *Topical Biotechnology*, 3(26), 535. (In Russ.)
- Antipova, L. V., Storublevecv, S. A., Bolgova, S. B., & Suhov, I. V. (2015). Receipt, identification and comparative analysis of fish collagen with the analogy animal origin. *Fundamental Research*, (8–1), 9–13. (In Russ.)

- Antipova, L. V., Storublevtsev, S. A., Piskova, M. A., & Himishev, Yu. Z. (2018). Protein of fish origin — A source of health and beauty. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 80(4), 138–144. (In Russ.) <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-138-144>
- Beloglazova, K. E. (2020). *Development of film coatings based on polysaccharides and prospects for their application* [Cand. of Biological Sciences, N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University]. Saratov. (In Russ.)
- Glazacheva, E. N., Voronova, A. A., & Uspenskaya, M. V. (2018). Investigation of a biopolymeric film composition based on a chitosan and gelatin blend. *Izvestiâ Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tehnologičeskogo instituta (tehničeskogo universiteta)*, 45(71), 64–68. (In Russ.)
- Dyshlyuk, L.S., Rezaei, M., & Prosekov, A.Yu., & Asyakina, L.K. (2019). Property study of natural polysaccharide biodegradable films. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 9(4), 703–711. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-4-703-711>
- Eremeeva, S. V., Sergazieva, O. D., Soprunova, O. B., Zhukova, O. I., & Oldyrev, D. V. (2023). The effect of biodegradable ichthyogelatin film on the quality of meat semi-finished products during storage. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 11(3), 64–74. (In Russ.) <https://doi.org/10.14529/food230308>.
- Zinina, O. V., Merenkova, S. P., Vishnyakova, E. A., & Galimov, D. M. (2024). Studying the food bioactive pectin-based films structure and properties. *Bulletin of KSAU*, 1(202), 201–207. (In Russ.)
- Makarova, N. V., Eremeeva, N. B., Bykov, D. E., & Davydova, Y. A. (2018). Study of organoleptic, strength, physico-chemical properties of multilayered edible film on the basis of apple raw material. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*, (46), 35–46. (In Russ.) <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2018-46-35-46>
- Mahkamova, N. O., & Khaitbaev, A. Kh. (2024). Physicochemical characteristics of diverse membranes derived from chitosan. *Universum: Chemistry and Biology: Electronic Scientific Journal*, 2(116). (In Russ.) <https://doi.org/10.32743/UniChem.2024.116.2.16751>
- Mahacheva, E. V., & Vloshchinsky, P. E. (2013). Physical and chemical changes in multicomponent chopped meat products. *Bulletin of KSAU*, (7), 259–264. (In Russ.)
- Oldyrev, D.V., Sergazieva, O.D., Yartseva, N.V. & Bakhareva, A.A. Producing collagen-containing ichthyosubstance from secondary fishery resources. *Storage and Processing of Farm Products*, (3). (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.451>
- Revutskaya, N. M., & Nasonova, V. V. (2020). What is biodegradable packaging in Russia? *Vsyo o Myase (All about Meat)*, (5), 33–35. (In Russ.) <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-5-33-35>
- Pokusaeva, O. A., Dolganova, N. V., & Yakubova, O. S. (2015). Fish gelatin as a base of edible film coatings for food products. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry*, (2), 123–128. (In Russ.)
- Sergazieva, O.D. & Dolganova, N.V. Using food wraps based on gelatin to preserve food quality. *Food Processing: Techniques and Technology*, 48(1), 156–163 (In Russ.). <http://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-156-163>
- Sokolova, E. S., & Uspenskaya, M. V. (2022). Biodegradable food films based on chitosan. *10th International Scientific & Practical Conference "Culture, Science, Education: Problems And Perspectives"* (pp. 443–450). Atlantiss Press. (In Russ.) <https://doi.org/10.36906/KSP-2022/60>
- Suvorov, O. A., Ipatova, L. G., Pogorelova, M. A., Pesotskaya, D. A., Safonov, M. S., & Pogorelov, A. G. (2023). Chitosan films: Modification, application, and functionalization using electrochemically activated aqueous solutions. *Storage and Processing of Farm Products*, (3), 13–27. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.448>
- Atiweh, G., Mikhael, A., Parrish, C. C., Banoub, J., & Le, T. T. (2021). Environmental impact of bioplastic use: A review. *Heliyon*, 7(9), e07918. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07918>
- Chen, Y., Liu, Y., Dong, Q., Xu, C., Deng, S., Kang, Y., Fan, M., & Li, L. (2023). Application of functionalized chitosan in food: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 235, 123716. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123716>

- Coppola, D., Lauritano, C., Palma Esposito, F., Riccio, G., Rizzo, C., & de Pascale, D. (2021). Fish waste: From problem to valuable resource. *Marine Drugs*, 19(2), 116. <https://doi.org/10.3390/md19020116>
- D'Almeida, A. P., & de Albuquerque, T. L. (2024). Innovations in food packaging: From bio-based materials to smart packaging systems. *Processes*, 12(10), 2085. <https://doi.org/10.3390/pr12102085>
- Eranda, D. H. U., Chaijan, M., Panpipat, W., Karnjanapratum, S., Cerqueira, M. A., & Castro-Muñoz, R. (2024). Gelatin-chitosan interactions in edible films and coatings doped with plant extracts for biopreservation of fresh tuna fish products: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 280(Pt 2), 135661. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135661>
- Fakhreddin Hosseini, S., Rezaei, M., Zandi, M., & Ghavi, F. F. (2013). Preparation and functional properties of fish gelatin-chitosan blend edible films. *Food Chemistry*, 136(3–4), 1490–1495. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.081>
- Gulzar, S., Tagrida, M., Prodpran, T., Li, L., & Benjakul, S. (2023). Packaging films based on biopolymers from seafood processing wastes: Preparation, properties, and their applications for shelf-life extension of seafoods — A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(6), 4451–4483. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13230>
- Jridi, M., Abdelhedi, O., Salem, A., Zouari, N., & Nasri, M. (2024). Food applications of bioactive biomaterials based on gelatin and chitosan. *Advances in Food and Nutrition Research*, 110, 399–438. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2024.03.002>
- Lionetto, F., & Esposito Corcione, C. (2021). Recent applications of biopolymers derived from fish industry waste in food packaging. *Polymers*, 13(14), 2337. <https://doi.org/10.3390/polym13142337>
- Lipatova I.M., Yusova A.A. & Makarova L.I. (2022). Functional films based on mechanoactivated starch with prolonged release of preservative. *Food Bioscience*, 47(3), 810–818, 100254. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101694>
- Lou, L., & Chen, H. (2023). Functional modification of gelatin-based biodegradable composite films: a review. *Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*, 40(7), 928–949. <https://doi.org/10.1080/19440049.2023.2222844>
- Moreira, M.delR., Ponce, A., Ansorena, R., & Roura, S. I. (2011). Effectiveness of edible coatings combined with mild heat shocks on microbial spoilage and sensory quality of fresh cut broccoli (*Brassica oleracea* L.). *Journal of Food Science*, 76(6), M367–M374. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02210.x>
- Mujtaba, M., Morsi, R. E., Kerch, G., Elsabee, M. Z., Kaya, M., Labidi, J., & Khawar, K. M. (2019). Current advancements in chitosan-based film production for food technology; A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 121, 889–904. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.109>
- Muñoz-Tebar N, Pérez-Álvarez JA, Fernández-López J, Viuda-Martos M. (2023). Chitosan edible films and coatings with added bioactive compounds: Antibacterial and antioxidant properties and their application to food products: A review. *Polymers*, 15(2), 396. <https://doi.org/10.3390/polym15020396>
- Periyasamy, T., Asrafali, S. P., & Lee, J. (2025). Recent advances in functional biopolymer films with antimicrobial and antioxidant properties for enhanced food packaging. *Polymers*, 17(9), 1257. <https://doi.org/10.3390/polym17091257>
- Rathod, N.B., Bangar, S.P., Šimat, V. & Ozogul, F. (2023), Chitosan and gelatine biopolymer-based active/biodegradable packaging for the preservation of fish and fishery products. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(2), 854–861. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16038>
- Roy, V. C., Islam, M. R., Sadia, S., Yeasmin, M., Park, J.-S., Lee, H.-J., & Chun, B.-S. (2023). Trash to treasure: An up-to-date understanding of the valorization of seafood by-products, targeting the major bioactive compounds. *Marine Drugs*, 21(9), 485. <https://doi.org/10.3390/md21090485>

- Ruiz-Cruz, S., Valenzuela-López, C. C., Chaparro-Hernández, S., Ornelas-Paz, J. de J., Del Toro-Sánchez, C. L., Márquez-Ríos, E., López-Mata, M. A., Ocaño-Higuera, V. M., & Valdez-Hurtado, S. (2019). Effects of chitosan-tomato plant extract edible coatings on the quality and shelf life of chicken fillets during refrigerated storage. *Food Science and Technology International*, 39(1), 103–111. <https://doi.org/10.1590/FST.23117>
- Soliman, A. M., Teoh, S. L., & Das, S. (2022). Fish gelatin: Current nutritional, medicinal, tissue repair applications, and as a carrier of drug delivery. *Current Pharmaceutical Design*, 28(12), 1019–1030. <https://doi.org/10.2174/138161282866220128103725>
- Zhan, Z., Feng, Y., Zhao, J., Qiao, M., & Jin, Q. (2024). Valorization of seafood waste for food packaging development. *Foods*, 13(13), 2122. <https://doi.org/10.3390/foods13132122>

ОБ АВТОРАХ

- Сергазиева Ольга Дмитриевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ихтиологии и рыбоводства Московского государственного университета технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет) (109004, Москва, ул. Земляной Вал, д. 73), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2122-1318>, SPIN-код: 4643-9953, o.sergazieva@yandex.ru.
- Еремеева Светлана Владимировна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Прикладная биология и микробиология» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» (414056, город Астрахань, ул. Татищева, дом 16), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5112-9101>, SPIN-код: 9704-8470, eremeevasv71@mail.ru
- Олдырев Данил Вячеславович**, аспирант кафедры «Технология товаров и товароведение». ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» (414056, г. Астрахань, ул. Татищева, дом 16), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2431-611X>, SPIN-код: 8007-0337, daniloldyrev@gmail.com

ABOUT THE AUTHORS

- Sergazieva Olga Dmitrievna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Ichthyology and Fish Farming, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University) (109004, Moscow, Zemlyanoy Val St., 73), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2122-1318>, SPIN code: 4643-9953, o.sergazieva@yandex.ru.
- Svetlana Vladimirovna Eremeeva**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Applied Biology and Microbiology, Astrakhan State Technical University (414056, Astrakhan, Tatishcheva Street, 16), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5112-9101>, SPIN code: 9704-8470, eremeevasv71@mail.ru
- Oldyrev Danil Vyacheslavovich**, Postgraduate Student at the Department of Technology of the Goods and Commodity Research, Astrakhan State Technical University (414056, Astrakhan, Tatishcheva Street, 16), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2431-611X>, SPIN code: 8007-0337, daniloldyrev@gmail.com