

УДК 639.614.31

## Мониторинг качества рыбы в обеспечении устойчивой безопасности продукции

И. Ю. Резниченко, Е. А. Егушова\*, Т. А. Донченко

\*Кубасская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кемерово, Россия;  
e-mail: Egushova@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2918-9858>

### Информация о статье Реферат

Поступила  
в редакцию  
11.05.2023;

получена  
после доработки  
20.07.2023;

принята к публикации  
25.07.2023

### Ключевые слова:

рыба мороженная,  
оценка качества,  
показатели  
безопасности,  
массовая доля глазури,  
массовая доля фосфатов,  
содержание гистамина,  
наличие тяжелых  
металлов

Для обеспечения потребителей качественной и безопасной продукцией, предотвращения поступления на потребительский рынок некачественных и опасных пищевых продуктов предусмотрены программы мониторинга. Приведены результаты мониторинга образцов рыбы мороженой различных семейств и видов за период 2020–2022 гг. Проанализированы на соответствие требованиям нормативных документов маркировка, органолептические показатели образцов рыбы. Определена массовая доля глазури, массовая доля фосфатов в пересчете на  $P_2O_5$ , содержание гистамина, токсичных элементов: свинца, кадмия, ртути, мышьяка. Выявлены недостатки маркировки у 1,3 % образцов. Мелкий, недоступный для прочтения шрифт (менее 9 кеглей) затрудняет потребителю возможность получения полной информации о товаре. Выявлено превышение массовой доли глазури в среднем 0,7–0,8 % в образцах судака. Фактические значения массовой доли фосфатов не превышали предельно допустимых норм. Самое низкое содержание фосфатов отмечено в образцах судака (2,3–2,0 г/кг), самое высокое в горбуше (5,0–4,1 г/кг) и лососе (5,2–4,8 г/кг). Содержание гистамина во всех образцах находилось в пределах нормы. Наименьшее количество гистамина обнаружено в образцах скумбрии (18,0–11,0 мг/кг) и минтая (17,0–11,0 мг/кг), наибольшее в горбуше (25,0–16,0 мг/кг) и сельди (22,0–19,0 мг/кг). Концентрация тяжелых металлов не превышала предельно допустимых значений. Полученные результаты имеют практическую значимость для производителей при разработке маркировки, удовлетворяющей потребительский спрос на информацию о товаре и для потребителей при формировании рациона.

### Для цитирования

Резниченко И. Ю. и др. Мониторинг качества рыбы в обеспечении устойчивой безопасности продукции. Вестник МГТУ. 2023. Т. 26, № 3. С. 272–280. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-3-272-280>.

## Fish quality monitoring for sustainable product safety

Irina Yu. Reznichenko, Elena A. Egushova\*, Tat'yana A. Donchenko

\*Kuzbass State Agricultural Academy, Kemerovo, Russia;  
e-mail: Egushova@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2918-9858>

### Article info

Received  
11.05.2023;

received  
in revised form  
20.07.2023;

accepted 25.07.2023

### Key words:

frozen fish,  
quality assessment,  
safety indicators,  
mass fraction of glaze,  
mass fraction  
of phosphates,  
histamine content,  
presence  
of heavy metals

### Abstract

To provide consumers with high-quality and safe products, to prevent the entry of low-quality and dangerous food products into the consumer market, monitoring programs are provided. The results of monitoring samples of frozen fish of various families and species for the period 2020–2022 have been given. Labeling, organoleptic indicators of fish samples have been analyzed for compliance with the requirements of regulatory documents. The mass fraction of glaze, the mass fraction of phosphates in terms of  $P_2O_5$ , the content of histamine, toxic elements: lead, cadmium, mercury, arsenic have been determined. Labeling deficiencies are revealed in 1.3 % of the samples. A small, inaccessible font (less than 9 points) makes it difficult for the consumer to obtain complete information about the product. An excess of the mass fraction of glaze on average 0.7–0.8 % in pike perch samples has been revealed. The actual values of the mass fraction of phosphates have not exceeded the maximum allowable limits. The lowest content of phosphates has been noted in samples of pike perch (from 2.3 to 2.0 g/kg), the highest in pink salmon (from 5.0 to 4.1 g/kg) and salmon (5.2–4.7 g/kg). The content of histamine in all samples has been within the normal range. The smallest amount of histamine has been found in samples of mackerel (from 18.0 to 11.0 mg/kg) and pollock (17.0–11.0 mg/kg), the largest in pink salmon (25.0–16.0 mg/kg) and herring (22.0–19.0 mg/kg). The concentration of heavy metals has not exceeded the maximum allowable values. The results obtained are of practical importance for manufacturers in the development of labeling that satisfies consumer demand for information about the product and for consumers in the formation of the diet.

### For citation

Reznichenko, I. Yu. et al. 2023. Fish quality monitoring for sustainable product safety. *Vestnik of MSTU*, 26(3), pp. 272–280. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-3-272-280>.

## Введение

В целях определения приоритетных направлений государственной политики в области обеспечения устойчивого качества и безопасности пищевых продуктов, охраны здоровья населения, разработки мер по предотвращению поступления на потребительский рынок некачественных и опасных пищевых продуктов органами государственного надзора проводится мониторинг качества и безопасности пищевых продуктов (Федеральный закон от 02.01.2000 № 29-ФЗ (ред. от 13.07.2020) "О качестве и безопасности пищевых продуктов")<sup>1</sup>.

Рыба занимает важное место в потребительской корзине благодаря высокой доли белка, жирных кислот, таких микроэлементов, как железо, селен, йод, фосфор, а также благодаря хорошей усвояемости. Рыба относится к скоропортящимся продуктам, в связи с чем применяют различные стратегии сохранения ее безопасности и качества от вылова до потребления и для увеличения срока хранения, гарантирующего высокие потребительские свойства (*Duarte et al., 2020*).

С ростом интереса потребителей к натуральным пищевым продуктам и полезному для здоровья рациону увеличивается спрос на охлажденную и замороженную рыбу, представленную ритейлом в разнообразном ассортименте<sup>2</sup>. Замороженные рыбопродукты относятся к продуктам здорового питания и рекомендуются для употребления всеми категориями потребителей. Нормы потребления рыбы составляют около 20–22 кг в год (Новые рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов).

Потребительский рынок охлажденной и мороженой рыбы достаточно стабилен. Рыба и рыбная продукция входят в тройку экспортных товаров АПК России. Дальний Восток является основным регионом по добыче рыбы, к 2024 г. намечено увеличение доли экспорта водных биологических ресурсов, включая рыбу (*Шеламова, 2020*). Однако отмечено, что снижение импорта рыбы, особенно лососевых, по итогам 2022 г. на 2–2,5 %, повлияло на рост цен и потребители стали более тщательно относиться к выбору рыбопродуктов. Замещение импортной красной рыбы возможно за счет развития отечественной аквакультуры и внедрения инновационных технологий продления сроков хранения при поддержании стабильных качественных характеристик продукта (*Гусева и др., 2023; Wu et al., 2019*).

Особой популярностью в регионах, далеких от рыбохозяйственных комплексов России, пользуется рыба мороженая.

Охлаждение и заморозка являются наиболее распространенными и эффективными методами консервирования, применяемыми на борту судна, однако замораживание предотвращает не только микробную и ферментативную порчу продукта, но и косвенно запускает физические и биохимические изменения, вызывающие структурные нарушения замороженных морепродуктов, такие как окисление и агрегация белков, окисление липидов, что приводит к изменению текстуры и потере питательных веществ (*Zhu et al., 2021*). Отмечено, что надлежащие условия замораживания и хранения необходимы для поддержания устойчивого качества и должны основываться на видовых характеристиках рыбы и условий ее обработки (*Nakazawa et al., 2020*). Новые технологии предлагают криоконсервацию за счет сочетания связывающих лед и стабилизирующих функций криопротекторов на основе полисахаридов и наноматериалов. В качестве нового метода предложен метод замораживания с радиочастотными волнами. Определено влияние радиоволн на процесс замораживания и качественные характеристики рыбы после размораживания по сравнению с традиционным способом заморозки воздушным потоком (*Hafezparast-Moadab et al., 2018*). Показано, что размеры кристаллов льда оказывают определенное влияние на качество размороженной рыбы. Гистологические тесты, проведенные для исследования микроструктуры замороженной с помощью радиочастотных импульсов рыбы, показали, что размер образовавшихся кристаллов льда значительно уменьшился, что отразилось на снижении потери влаги при размораживании и улучшению текстурных характеристик рыбы. Установлено снижение потерь при размораживании и приготовлении замороженной рыбы при использовании ультразвуковой иммерсионной заморозки (УИФ). Замораживание под действием УИФ снижало подвижность иммобилизованной и свободной воды, так как рыба, обработанная УИФ, имела более мелкие кристаллы льда (*Sun et al., 2019*).

Возрастающий интерес к качеству и подлинности рыбопродуктов, растущий спрос на рыбу длительного хранения, сохранение определенной доли фальсифицированной продукции на потребительском рынке привел к внедрению новых методов, позволяющих легко отслеживать и сохранять свежесть и безопасность на протяжении всего срока годности продукта (производство, хранение, отгрузка и потребление) (*Hassoun et al., 2019*). Развитие технологических инноваций в области создания более надежных методов расчета и анализа свежести отразилось на разработке сенсорных, физических, химических и микробиологических методов, включая последние тенденции, такие как SDS-PAGE (электрофорез в полиакриламидном геле), быстрая белковая жидкостная хроматография, метод гиперспектральной визуализации и т. д., направленные на сокращение времени и трудозатрат (*Radinger et al., 2019; Prabhakar et al., 2020; Ezati et al., 2021*).

<sup>1</sup> Информация о нормативных актах и ГОСТах представлена в Приложении.

<sup>2</sup> Объем рыбного рынка в России в 2022 году. URL: <https://tass.ru/ekonomika/14851545> (дата обращения 30.03.2023).

В связи с отсутствием доступных и простых методов контроля, позволяющих определить повторное замораживание, проведены исследования по изучению изменений, происходящих в мясе рыбы при однократном и двукратном замораживании. Анализ таких показателей, как массовая доля влаги, влагоудерживающая способность, активная кислотность, кислотное число, перекисное число, массовая доля белка, а также реологические свойства (упругость, деформация) и гистологические характеристики мышечной ткани рыбы выявили, что неоднократное замораживание рыбы сопровождается увеличением биохимических показателей, характеризующих сохранность липидной и белковой фракций. Установлены деструктивные процессы в рыбном сырье – снижение упругости мяса и изменение микроструктуры ткани рыб при повторном замораживании (*Гусева и др., 2023*).

Также отмечена важность разработки новых технологических приемов оценки рыбной продукции на основе методов бионики и повышения селективности и чувствительности биосенсорных методов анализа рыбы (*Wu et al., 2019*).

Поиск способов контроля качества в цепочке поставок стал первостепенной задачей, поскольку рынок продолжает увеличивать объем упакованных свежих продуктов, особенно морепродуктов. За последние несколько лет проведено множество исследований по разработке индикаторов pH для контроля свежести продуктов (*Aghaei et al., 2020; Zhang et al., 2021*), так как изменения pH пищи являются первым признаком ее порчи.

Апробированы интеллектуальные pH-чувствительные цветные индикаторные пленки на основе карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и целлюлозных нановолокон (ЦНВ), приготовленные с использованием шиконина, экстрагированного из корней *Lithospermum erythrorhizon*. Пленки демонстрировали заметную функцию цветового отклика для различных значений pH, становились красновато-розовыми при pH ниже 7 и красновато-фиолетовыми, пурпурными и светло-голубыми при повышении pH от 7 до 12. При использовании индикаторной пленки для контроля свежести рыбы она имела красновато-розовый цвет для свежей рыбы (pH = 5,7) и становилась сине-фиолетовой через 36 ч, что указывало на то, что рыба испорчена (pH = 6,9) (*Ezati et al., 2021*).

Исследована возможность применения арабиногалактана для пролонгации сроков хранения охлажденной рыбы до 31 суток. Показано, что обработка поверхности рыбы порошком арабиногалактана в один слой усиливает действие охлаждающего агента (воздушной среды) и обеспечивает продление сроков хранения в 2,6 раза относительно требований нормативной документации (*Тимакова и др., 2020*).

Флуоресцентная спектроскопия как экспресс-метод неразрушающего контроля качества и подлинности рыбы и рыбных продуктов широко используется в качестве быстрого метода выявления фальсификации (*Hassoun et al., 2019*).

Предложен галохромный наносенсор на белковой основе для оценки качества и свежести форели. В качестве индикаторного красителя используются нановолокна зеина, содержащие ализарин. Галохромный наносенсор может контролировать свежесть рыбы в режиме реального времени посредством изменения цвета, определяемого с помощью колориметра (*Aghaei et al., 2020*).

Обеспечение потребителя качественной и безопасной продукцией на основе современных методов анализа предусмотрено программами мониторинга, которые преследуют различные цели, включая подтверждение качества и безопасности в соответствии с требованиями действующих нормативных документов (*Краснова и др., 2018; Parra et al., 2018*).

Установлено, что замороженная рыба, импортируемая в Белгородскую область, была контаминирована психротрофными микроорганизмами в количествах, превышающих предельно допустимые дозы в 1,4–1,8 раз. Результаты исследований указывают на то, что количество психротрофной микрофлоры, выделенной из рыбы, не соответствует количеству МАФАНМ. Психротрофные бактерии количественно превышают МАФАНМ на несколько порядков, и их количество не зависит от количества мезофильной микрофлоры (*Ткачев, 2021*).

Программы мониторинга гарантируют надлежащую обработку данных и их хранение, практика мониторинга направлена на выявление опасной продукции и предотвращения ее попадания на потребительский рынок. Также возможность контроля объектов аквакультуры полезна для принятия мер по предотвращению дальнейшего ущерба рыбному производству. На основе результатов мониторинга безопасности разрабатываются рекомендации по совершенствованию методов контроля рыбы и рыбной продукции (*Адиатулин и др., 2022; Шеламова, 2020*). Проведение микробиологического контроля рыбной продукции и выявление скрытой инфекции актуально не только для обеспечения потребителей безопасной продукцией, но и для производителей, которые стремятся выйти на международный рынок с продукцией, соответствующей требованиям международного уровня.

Цель исследований – оценить показатели качества и безопасности рыбы мороженой различных семейств и видов, реализуемой на потребительском рынке Кемеровской области – Кузбасса в рамках проведения мониторинга.

Задачи исследований: анализ маркировки образцов, исследование органолептических характеристик, физико-химических показателей качества и показателей безопасности.

Объектами исследований являлись закодированные образцы мороженой потрошеной рыбы (лосось, горбуша, минтай, терпуг, судак, скумбрия, сельдь), реализуемой на потребительском рынке, а также в детских дошкольных, школьных учреждениях, летних оздоровительных лагерях Кемеровской области – Кузбасса.

### Материалы и методы

Образцы мороженой потрошеной рыбы были отобраны в рамках реализации Федерального проекта по приказу Роспотребнадзора от 20.05.2021 г. № П-239 "О проведении исследований по мониторингу качества пищевой продукции и оценке доступности населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов в рамках реализации федерального проекта Укрепление общественного здоровья" и доставлены в аккредитованный Испытательный лабораторный центр (ИЛЦ) ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области – Кузбассе".

Для оценки качества образцов опирались на требования пункта 3 (гистамин, токсичные) ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции", раздела XI пункта 33 (глазурь), приложения 4 (гистамин) ТР ЭАЭС 040/2016 "О безопасности рыбы и рыбной продукции", приложение 15 (фосфаты) ТР ТС 029/2012 "Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств", ГОСТ 32366-2013 "Рыба мороженая. Технические условия".

Лабораторные исследования по определению массовой доли глазури проводили по ГОСТ 31339-2006; массовую долю фосфатов в пересчете на  $P_2O_5$  – по МУК 4.1.3217-2014, наличие гистамина – согласно ГОСТ 31789-2012. Массовую концентрацию свинца, кадмия – по ГОСТ 33824-2016, массовую концентрацию ртути – по ГОСТ Р 56931-2016, массовую концентрацию мышьяка – по ГОСТ 31628-2012. При отборе проб руководствовались требованиями ГОСТ 31339-2006, ГОСТ 7631-2008. Органолептические и физико-химические показатели оценивали в соответствии с ГОСТ 7631-2008. Идентификацию маркировки образцов проводили на соответствие требованиям ТР ТС 022/2011 "Пищевая продукция в части ее маркировки". При оценке результатов лабораторных исследований для принятия решения о соответствии или несоответствии проб установленным требованиям применяли ГОСТ Р ИСО 10576-1-2006 "Статистические методы. Руководство по оценке соответствия установленным требованиям. Часть 1. Общие принципы" (п. 6 и 7).

### Результаты и обсуждение

В целях проведения мониторинговых исследований качества и безопасности пищевой продукции всего за 2020–2022 гг. исследовано 96 образцов рыбы мороженой различных семейств (лососевые, терпуговые, окуневые, тресковые, сельдевые, скумбриевые) и видов (терпуг – 12 образцов, судак – 11, минтай – 16, лосось – 13, горбуша – 14, сельдь – 15, скумбрия – 15 образцов), производителей: Хабаровский, Приморский, Петропавловский, Камчатский края; Новосибирская, Кемеровская, Сахалинская, Калужская, Мурманская, Свердловская области; Охотская подзона, г. Магадан, район Курильских островов, Чили, Дания, Аргентина.

Анализ потребительской маркировки образцов рыб показал, что в целом все сведения о продукте, регламентируемые требованиями ТР ТС 022/2011, указаны на индивидуальной этикетке. В качестве недостатка маркировки можно отметить мелкий, недоступный для прочтения шрифт (менее 9 кеглей), что затрудняет возможность получения полной информации потребителем и в свою очередь отражается на конкурентоспособности самого товара (*Резниченко и др., 2016*). Доля образцов, не соответствующих маркировке, составила 1,3 %.

Оценка органолептических показателей, проведенная в соответствии с требованиями ГОСТ 7631-2008, не выявила отклонений во внешнем виде, цвете образцов, наличии подкожного пожелтения. В целом образцы не имели посторонних запахов, включений, изменений цвета, запаха и консистенции, свидетельствующих о порче продукта.

Свежесть – один из основных параметров качества для потребителей. Для сохранения свежести и продления срока хранения рыбы применяется несколько методов, одним из которых является глазирование поверхности рыбы, т. е. нанесение на поверхность замороженной рыбы тонкого слоя льда с целью предохранения ее от потери влаги, прогоркания жира и механических повреждений. Содержание глазури нормируется требованиями стандарта, превышение массовой доли глазури считается количественной фальсификацией рыбы.

Результаты оценки массовой доли глазури показали, что при нормируемом значении не более 5 % фактические значения образцов при погрешности  $\pm 0,7$  % соответствовали нормам, кроме 1 % образцов судака, которые не соответствовали величине допустимого уровня. Превышение допустимого уровня составило в среднем 0,7–0,8 %. Максимальные и минимальные выявленные значения массовой доли глазури в образцах рыбы приведены на рисунке.

Для удержания влаги в рыбе и предотвращения излишних ее потерь при последующей дефростации (размораживании) используют водные растворы полифосфатов, которые вводят в мышечную ткань рыбы. При этом если содержание полифосфатов в продукте превышает разрешенные нормы, принятые Регламентом ТР ТС 029/2012 "Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических

вспомогательных средств", то эта продукция не является безопасной. Некоторые недобросовестные производители используют полифосфаты для увеличения веса рыбы, что считается как количественной (увеличение веса), так и качественной фальсификацией (передозировка фосфатов). Фактическое содержание массовой доли фосфатов в пересчете на  $P_2O_5$  приведено в табл. 1.

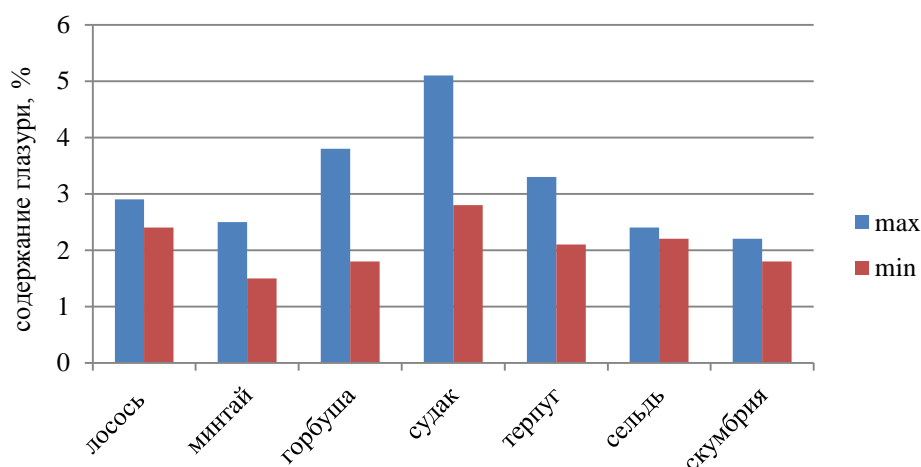


Рис. Массовая доля глазури в анализируемых образцах  
Fig. Mass fraction of glaze in the analyzed samples

Таблица 1. Результаты определения фосфатов в образцах  
Table 1. The results of the determination of phosphates in samples

Наименование образца	Массовая доля фосфатов в пересчете на $P_2O_5$	
	Максимальное значение, г/кг	Минимальное значение, г/кг
Горбуша	$5,0 \pm 0,7$	$4,1 \pm 0,7$
Минтай	$4,5 \pm 0,6$	$4,1 \pm 0,6$
Лосось	$5,2 \pm 0,7$	$4,8 \pm 0,7$
Судак	$2,3 \pm 0,7$	$2,0 \pm 0,7$
Терпуг	$3,3 \pm 5,0$	$2,9 \pm 5,0$
Сельдь	$4,8 \pm 0,7$	$3,6 \pm 5,2$
Скумбрия	$3,7 \pm 5,2$	$3,1 \pm 5,2$

При величине допустимого уровня не более 10,0 г/кг, фактические значения массовой доли фосфатов не превышали предельно допустимых норм и по данному показателю соответствовали установленным требованиям. Самое низкое содержание фосфатов отмечено в образцах судака (от 2,3 до 2,0 г/кг), самое высокое – в горбуше (от 5,0 до 4,1 г/кг) и лососе (5,2–4,8 г/кг).

К специфическим показателям безопасности рыбы семейства лососевых, сельдевых, скумбриевых относится массовая доля гистамина. Гистамин представляет собой биотоксин, который в больших количествах негативно влияет на здоровье человека, вызывая снижение кровяного давления, нарушение деятельности поджелудочной железы, изменение проницаемости кровеносных сосудов, в некоторых случаях тяжелую аллергию. Предел переносимости гистамина для взрослого человека составляет 5–6 мг/кг веса тела. Согласно Техническому регламенту Евразийского экономического союза "О безопасности рыбы и рыбной продукции" (ТР ЕАЭС 040/2016) и "О безопасности пищевой продукции" (ТР ТС 021/2011), предельно допустимая массовая доля гистамина составляет 100 мг/кг. В табл. 2 приведены данные по содержанию гистамина в анализируемых образцах.

Таблица 2. Результаты определения гистамина в образцах  
Table 2. Results of determination of histamine in samples

Образец	Результаты исследований, мг/кг		Величина допустимого уровня
	min	max	
Горбуша	$16,0 \pm 5,1$	$25,0 \pm 8,0$	Не более 100,0 мг/кг согласно пункта 3 ТР ТС 021/2011 и приложения 4 ТР ЕАЭС 040/2016
Лосось	$14,0 \pm 4,5$	$16,0 \pm 5,1$	
Скумбрия	$11,0 \pm 3,5$	$18,0 \pm 5,8$	
Сельдь	$19,0 \pm 6,1$	$22,0 \pm 7,1$	
Минтай	$11,0 \pm 3,4$	$17,0 \pm 5,4$	

Анализ полученных данных свидетельствует о соответствии образцов по содержанию гистамина нормам. Наименьшее количество гистамина обнаружено в образцах скумбрии (от 18,0 до 11,0 мг/кг) и минтая (17,0–11,0 мг/кг), наибольшее – в горбуше (25,0–16,0 мг/кг) и сельди (22,0–19,0 мг/кг).

Результаты анализа массовой концентрации свинца, кадмия, ртути и мышьяка во всех образцах рыбы показали, что их содержание находится в пределах менее, чем предел обнаружения методики. Усредненные данные приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты определения токсичных элементов в образцах  
Table 3. Results of determination of toxic elements in samples

Определяемый показатель	Результат исследований	Величина допустимого уровня
Массовая концентрация свинца	Менее предела обнаружения методики 0,02 мг/кг	Не более 1,0 мг/кг
Массовая концентрация кадмия	Менее предела обнаружения методики 0,003 мг/кг	Не более 0,2 мг/кг
Массовая концентрация ртути	0,031 ± 0,012 до 0,218 ± 0,078 мг/кг	Не более 0,5 мг/кг
Массовая концентрация мышьяка	Менее предела обнаружения методики 0,03 мг/кг	Не более 5,0 мг/кг

### Заключение

В результате мониторинга качества и безопасности образцов рыбы выявлены недостатки маркировки в виде мелкого, недоступного для прочтения шрифта (менее 9 кеглей), что затрудняет потребителю возможность получения полной информации о товаре. Доля образцов, не соответствующих маркировке, составила 1,3 %. Выявлено превышение массовой доли глазури в среднем 0,7–0,8 % в образцах судака. Фактические значения массовой доли фосфатов не превышали предельно допустимых норм (не более 10,0 г/кг). Самое низкое содержание фосфатов отмечено в образцах судака (от 2,3 до 2,0 г/кг), самое высокое – в горбуше (от 5,0 до 4,1 г/кг) и лососе (5,2–4,8 г/кг). Содержание гистамина во всех образцах находилось в пределах нормы (не более 100 мг/кг). Наименьшее количество гистамина обнаружено в образцах скумбрии (от 18,0 до 11,0 мг/кг) и минтая (17,0–11,0 мг/кг), наибольшее – в горбуше (25,0–16,0 мг/кг) и сельди (22,0–19,0 мг/кг). Концентрация тяжелых металлов не превышала предельно допустимых значений во всех образцах. Полученные результаты имеют практическую значимость для производителей при разработке маркировки, удовлетворяющей потребительский спрос на информацию о товаре, а также для потребителей для включения качественной и безопасной мороженой рыбы в рацион.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Библиографический список

- Адиатулин И. Ф., Белоусов В. И., Романенко Е. А., Грудев А. И. Результаты мониторинга безопасности рыбы и рыбной продукции в Российской Федерации // Российский журнал "Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии". 2022. № 3(43). С. 312–319. DOI: <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202203005>. EDN: ITHTYZ.
- Гусева Т. Б., Солдатова С. Ю., Карнян О. М. Влияние замораживания на изменение качественных характеристик мяса карпа обыкновенного // Пищевая промышленность. 2023. № 3. С. 67–69. DOI: <https://doi.org/10.52653/ppi.2023.3.3.013>. EDN: ZCSEIN.
- Краснова О. А., Хардина Е. В. Мониторинг качественных характеристик рыбного сырья, производимого на территории Удмуртской Республики // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2018. Т. 235, № 3. С. 110–115. DOI: <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-235-3-110-115>.
- Резниченко И. Ю., Хохлова Н. В., Торошина Т. А., Тихонова О. Ю. [и др.]. Влияние маркировки на конкурентоспособность товара // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2016. № 2(37). С. 113–119. EDN: VTRCYB.
- Тимакова Р. Т., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. Исследование возможности применения арабиногалактана для хранения охлажденной рыбы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 10. С. 106–110. DOI: [10.24411/0235-2451-2020-11017](https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11017). EDN: VOFTIP.
- Ткачев А. В. Ветеринарно-санитарная оценка замороженной рыбы, импортируемой в Белгородскую область // Международный вестник ветеринарии. 2021. № 1. С. 149–154. EDN: KNXHXK.
- Шеламова Н. А. Развитие экспортного потенциала и инфраструктуры рыболовства Дальнего Востока // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 6. С. 62–70. DOI: <https://doi.org/10.32651/206-62>. EDN: EZCAVT.

- Aghaei Z., Ghorani B., Emadzadeh B., Kadkhodae R. [et al.]. Protein-based halochromic electrospun nanosensor for monitoring trout fish freshness // *Food Control*. 2020. Vol. 111. Article number: 107065. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107065>.
- Duarte A. M., Silva F., Pinto F. R., Barroso S. [et al.]. Quality assessment of chilled and frozen fish – mini review // *Foods*. 2020. Vol. 9, Iss. 12. P. Article number: 1739. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9121739>.
- Ezati P., Priyadarshi R., Bang Y.-J., Rhim J.-W. CMC and CNF-based intelligent pH-responsive color indicator films integrated with shikonin to monitor fish freshness // *Food Control*. 2021. Vol. 126. Article number: 108046. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108046>.
- Hafezparast-Moadab N., Hamdami N., Dalvi-Isfahan M., Farahnaky A. Effects of radiofrequency-assisted freezing on microstructure and quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2018. Vol. 47. P. 81–87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.12.012>.
- Hassoun A., Saharb A., Lakhal L., Aït-Kaddour A. Fluorescence spectroscopy as a rapid and non-destructive method for monitoring quality and authenticity of fish and meat products: Impact of different preservation conditions // *LWT*. 2019. Vol. 103. P. 279–292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.021>.
- Nakazawa N., Okazaki E. Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood // *Fisheries Science*. 2020. Vol. 86. P. 231–244. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12562-020-01402-8>.
- Parra L., Rocher J., Escrivá J., Lloret J. Design and development of low cost smart turbidity sensor for water quality monitoring in fish farms // *Aquaculture Engineering*. 2018. Vol. 81. P. 10–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.01.004>.
- Prabhakar P. K., Vatsa S., Srivastav P. P., Pathak S. S. A comprehensive review on freshness of fish and assessment: Analytical methods and recent innovations // *Food Research International*. 2020. Vol. 133. Article number: 109157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109157>.
- Radinger J., Britton J. R., Carlson S. M., Magurran A. E. Effective monitoring of freshwater fish // *Fish and Fisheries*. 2019. Vol. 20, Iss. 4. P. 729–747. DOI: <https://doi.org/10.1111/faf.12373>.
- Sun Q., Zhao X., Zhang C., Xia X. [et al.]. Ultrasound-assisted immersion freezing accelerates the freezing process and improves the quality of common carp (*Cyprinus carpio*) at different power levels // *LWT*. 2019. Vol. 108. P. 106–112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.042>.
- Wu L., Pu H., Sun D. W. Novel techniques for evaluating freshness quality attributes of fish: A review of recent developments // *Trends in Food Science & Technology*. 2019. Vol. 83. P. 259–273. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.12.002>.
- Zhang W., Ma J., Sun D.-W. Raman spectroscopic techniques for detecting structure and quality of frozen foods: Principles and applications // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. Vol. 61, Iss. 16. P. 2623–2639. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1828814>.
- Zhu S., Yu J., Chen X., Zhang Q. [et al.]. Dual cryoprotective strategies for ice-binding and stabilizing of frozen seafood: A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 111. P. 223–232. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.069>.

## References

- Adiatulin, I. F., Belousov, V. I., Romanenko, E. A., Grudev, A. I. 2022. The results of monitoring the safety of fish and fish products in the Russian Federation. *Russian journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology"*, 3(43), pp. 312–319. DOI: <https://doi.org/10.36871/vet.san.hygecol.202203005>. EDN: ITHTYZ. (In Russ.)
- Guseva, T. B., Soldatova, S. Yu., Karanyan, O. M. 2023. The effect of freezing on the change in the quality characteristics of common carp meat. *Food Industry*, 3, pp. 67–69. DOI: <https://doi.org/10.52653/ppi.2023.3.3.013>. EDN: ZCSEIN. (In Russ.)
- Krasnova, O. A., Khardina, E. V. 2018. Monitoring of the qualitative characteristics of fish raw materials produced in the territory of the Udmurt Republic. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*, 235(3), pp. 110–115. DOI: <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-235-3-110-115>. (In Russ.)
- Reznichenko, I. Yu., Khokhlova, N. V., Toroshina, T. A., Tikhonova, O. Yu. 2016. Influence of labeling on the competitiveness of goods. *Technology and Merchandising of the Innovative Foodstuff*, 2(37), pp. 113–119. EDN: VTRCYB. (In Russ.)
- Timakova, R. T., Tikhonov, S. L., Tikhonova, N. V. 2020. Investigation of the possibility of using arabinogalactan for the storage of chilled fish. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK*, 34(10), pp. 106–110. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11017. EDN: VOFTIP. (In Russ.)
- Tkachev, A. V. 2021. Veterinary and sanitary assessment of frozen fish imported to the Belgorod region. *International Veterinary Gazette*, 1, pp. 149–154. EDN: KNXHKK. (In Russ.)
- Shelamova, N. A. 2020. Development of export potential and fishery infrastructure of the Far East. *Economics of Agriculture of Russia*, 6, pp. 62–70. DOI: <https://doi.org/10.32651/206-62>. EDN: EZCAVT. (In Russ.)

- Aghaei, Z., Ghorani, B., Emadzadeh, B., Kadkhodae, R. et al. 2020. Protein-based halochromic electrospun nanosensor for monitoring trout fish freshness. *Food Control*, 111. Article number: 107065. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107065>.
- Duarte, A. M., Silva, F., Pinto, F. R., Barroso, S. et al. 2020. Quality assessment of chilled and frozen fish – mini review. *Foods*, 9(12). Article number: 1739. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9121739>.
- Ezati, P., Priyadarshi, R., Bang, Y.-J., Rhim, J.-W. 2021. CMC and CNF-based intelligent pH-responsive color indicator films integrated with shikonin to monitor fish freshness. *Food Control*, 126. Article number: 108046. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108046>.
- Hafezparast-Moadab, N., Hamdami, N., Dalvi-Isfahan, M., Farahnaky, A. 2018. Effects of radiofrequency-assisted freezing on microstructure and quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, pp. 81–87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.12.012>.
- Hassoun, A., Saharb, A., Lakhali, L., Aït-Kaddour, A. 2019. Fluorescence spectroscopy as a rapid and non-destructive method for monitoring quality and authenticity of fish and meat products: Impact of different preservation conditions. *LWT*, 103, pp. 279–292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.021>.
- Nakazawa, N., Okazaki, E. 2020. Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood. *Fisheries Science*, 86, pp. 231–244. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12562-020-01402-8>.
- Parra, L., Rocher, J., Escrivá, J., Lloret, J. 2018. Design and development of low cost smart turbidity sensor for water quality monitoring in fish farms. *Aquaculture Engineering*, 81, pp. 10–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.01.004>.
- Prabhakar, P. K., Vatsa, S., Srivastav, P. P., Pathak, S. S. 2020. A comprehensive review on freshness of fish and assessment: Analytical methods and recent innovations. *Food Research International*, 133. Article number: 109157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109157>.
- Radinger, J., Britton, J. R., Carlson, S. M., Magurran, A. E. 2019. Effective monitoring of freshwater fish. *Fish and Fisheries*, 20(4), pp. 729–747. DOI: <https://doi.org/10.1111/faf.12373>.
- Sun, Q., Zhao, X., Zhang, C., Xia, X. et al. 2019. Ultrasound-assisted immersion freezing accelerates the freezing process and improves the quality of common carp (*Cyprinus carpio*) at different power levels. *LWT*, 108, pp. 106–112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.042>.
- Wu, L., Pu, H., Sun, D. W. 2019. Novel techniques for evaluating freshness quality attributes of fish: A review of recent developments. *Trends in Food Science & Technology*, 83, pp. 259–273. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.12.002>.
- Zhang, W., Ma, J., Sun, D.-W. 2021. Raman spectroscopic techniques for detecting structure and quality of frozen foods: Principles and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(16), pp. 2623–2639. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1828814>.
- Zhu, S., Yu, J., Chen, X., Zhang, Q. et al. 2021. Dual cryoprotective strategies for ice-binding and stabilizing of frozen seafood: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 111, pp. 223–232. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.069>.

#### Сведения об авторах

**Резниченко Ирина Юрьевна** – ул. Марковцева, 5, г. Кемерово, Россия, 650056;  
Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, д-р техн. наук, профессор;  
e-mail: [irina.reznichenko@gmail.com](mailto:irina.reznichenko@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

**Irina Yu. Reznichenko** – 5 Markovtseva Str., Kemerovo, Russia, 650056;  
Kuzbass State Agricultural Academy, Dr Sci. (Engineering), Professor;  
e-mail: [irina.reznichenko@gmail.com](mailto:irina.reznichenko@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

**Егушова Елена Анатольевна** – ул. Марковцева, 5, г. Кемерово, Россия, 650056;  
Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, канд. техн. наук, доцент;  
e-mail: [Egushova@mail.ru](mailto:Egushova@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2918-9858>

**Elena A. Egushova** – 5 Markovtseva Str., Kemerovo, Russia, 650056;  
Kuzbass State Agricultural Academy, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor;  
e-mail: [Egushova@mail.ru](mailto:Egushova@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2918-9858>

**Донченко Татьяна Александровна** – пр-т Кузнецкий, 24, г. Кемерово, Россия, 650992;  
Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области, эксперт;  
e-mail: [mta84@list.ru](mailto:mta84@list.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-5608>

**Tat'yana A. Donchenko** – 24 Kuznetsky Ave., Kemerovo, Russia, 650992;  
Center for Hygiene and Epidemiology in Kemerovo Region, Expert;  
e-mail: [mta84@list.ru](mailto:mta84@list.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-5608>



## Приложение

## Нормативные документы, использованные в статье

ГОСТ 31339-2006	Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. URL: <a href="https://www.internet-law.ru/gosts/gost/324">https://www.internet-law.ru/gosts/gost/324</a>
ГОСТ 31628-2012	Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения массовой концентрации мышьяка. URL: <a href="https://internet-law.ru/gosts/gost/52594/">https://internet-law.ru/gosts/gost/52594/</a>
ГОСТ 31789-2012	Рыба, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Количественное определение содержания биогенных аминов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. URL: <a href="https://docs.cntd.ru/document/1200101545">https://docs.cntd.ru/document/1200101545</a>
ГОСТ 32366-2013	Рыба мороженая. Технические условия. URL: <a href="https://internet-law.ru/gosts/gost/55552/">https://internet-law.ru/gosts/gost/55552/</a>
ГОСТ 33824-2016	Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка). URL: <a href="https://internet-law.ru/gosts/gost/62938/">https://internet-law.ru/gosts/gost/62938/</a>
ГОСТ 7631-2008	Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей. URL: <a href="https://internet-law.ru/gosts/gost/47573/">https://internet-law.ru/gosts/gost/47573/</a>
ГОСТ Р ИСО 10576-1-2006	Статистические методы. Руководство по оценке соответствия установленным требованиям. Часть 1. Общие принципы (п. 6 и 7). URL: <a href="https://files.stroyinf.ru/Data/28/2845.pdf">https://files.stroyinf.ru/Data/28/2845.pdf</a>
ГОСТ Р 56931-2016	Продукты пищевые и продовольственное сырье. Вольтамперометрический метод определения содержания ртути. URL: <a href="https://internet-law.ru/gosts/gost/61972/">https://internet-law.ru/gosts/gost/61972/</a>
МУК 4.1.3217-2014	Методы контроля. Химические факторы. Определение фосфатов в пищевых продуктах и продовольственном сырье. URL: <a href="https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293766/4293766820.htm">https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293766/4293766820.htm</a>
	Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания. URL: <a href="https://docs.cntd.ru/document/420374878">https://docs.cntd.ru/document/420374878</a>
ТР ТС 021/2011	Технический регламент Таможенного союза "О безопасности пищевой продукции", раздел XI пункта 33 (глазурь), приложения 4 (гистамин) (утвержден решением комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г., № 880). URL: <a href="https://docs.cntd.ru/document/902320560">https://docs.cntd.ru/document/902320560</a>
ТР ТС 022/2011	Пищевая продукция в части ее маркировки. URL: <a href="https://docs.cntd.ru/document/902320347">https://docs.cntd.ru/document/902320347</a>
ТР ТС 029/2012	Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств. URL: <a href="https://docs.cntd.ru/document/902359401">https://docs.cntd.ru/document/902359401</a>
ТР ЭАЭС 040/2016	О безопасности рыбы и рыбной продукции. URL: <a href="https://docs.cntd.ru/document/420394425">https://docs.cntd.ru/document/420394425</a>
Федеральный закон от 02.01.2000 № 29-ФЗ	О качестве и безопасности пищевых продуктов (ред. от 13.07.2020). URL: <a href="https://docs.cntd.ru/document/901751351">https://docs.cntd.ru/document/901751351</a>
Федеральный проект по приказу Роспотребнадзора от 20.05.2021 г. № П-239	О проведении исследований по мониторингу качества пищевой продукции и оценке доступности населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов в рамках реализации федерального проекта Укрепление общественного здоровья. URL: <a href="https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/documents.php?back_url_admin">https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/documents.php?back_url_admin</a>