

Научная статья

УДК 639.3/6:664.95:641

DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-695-709

EDN: CJSOEB



**ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ РЫБЫ,
ОБОГАЩЕННОЙ СЕЛЕНОМ В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ**

М.В. Сытова¹, А.В. Жигин^{1,2}, Ю.И. Есавкин², С.А. Грикшас², А.С. Петров^{3*}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии,
105187, г. Москва, Окружной проезд, 19;

² Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева,
127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49;

³ Всероссийский государственный центр качества
и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов,
123022, г. Москва, Звенигородское шоссе, 5

Аннотация. Рассмотрены научные и практические аспекты разработки продуктов функционального питания за счет прижизненного обогащения рыбного сырья, получаемого в аквакультуре, незаменимыми компонентами. Продолжены исследования по разработке обогащенных селеном функциональных продуктов питания. Проведена размерно-массовая оценка радужной золотой форели, минерального и жирнокислотного составов товарной продукции, показателей качества и пищевой ценности сырья и продукции горячего копчения в целях изучения возможности прижизненного обогащения мышечной ткани рыбы селеном, а также влияния добавки в корма селенсодержащего препарата «Кормогран Селен-3» на товарные, пищевые и потребительские свойства форели. Комплексный анализ показал преимущества рыбы из опытной группы при использовании препарата «Кормогран Селен-3» по сравнению с контролем по минеральному и жирнокислотному составам мяса рыбы, выходу съедобных частей, органолептической оценке копченой продукции. Обогащение форели селеном в условиях аквакультуры путем введения в состав кормов селенсодержащих препаратов позволяет обеспечить получение высококачественных рыбных продуктов функционального назначения.

Ключевые слова: аквакультура, радужная форель, селен, селенсодержащая кормовая добавка, качество рыбной продукции, горячее копчение, функциональное питание, полиненасыщенные жирные кислоты, ω -3, ω -6

* Сытова Марина Владимировна, кандидат технических наук, доцент, ученый секретарь, paika@vniro.ru, ORCID 0000-0002-4798-0136; Жигин Алексей Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, azhigin@gmail.com, ORCID 0000-0001-5283-4099; Есавкин Юрий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, профессор, esavkin@rgau-msha.ru, ORCID 0000-0002-4490-6416; Грикшас Стяпас Антанович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, и.о. заведующего кафедрой, stepangr56@mail.ru, ORCID 0000-0002-7334-9719; Петров Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, главный специалист, petrov@vgnki.ru.

Для цитирования: Сытова М.В., Жигин А.В., Есавкин Ю.Н., Грикшас С.А., Петров А.С. Оценка показателей качества продукции функционального назначения из рыбы, обогащенной селеном в условиях аквакультуры // Изв. ТИПРО. — 2023. — Т. 203, вып. 3. — С. 695–709. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-695-709. EDN: CJSOEB.

Original article

Evaluation of quality indices for functional products from fish enriched with selenium in conditions of aquaculture

Marina V. Sytova^{1*}, Alexey V. Zhigin^{1,2**}, Yuri I. Yesavkin^{2***},
Stiapas A. Grikschas^{2****}, Alexander S. Petrov^{3*****}

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
19, Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

² Russian State Agrarian University, 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russia

³ All-Russian State Center for Quality and Standardization of Medicines for Animals and Feed,
5, Zvenigorodskoe Shosse, Moscow, 123022, Russia

* Ph.D., assistant professor, science secretary, nauka@vniro.ru, ORCID 0000-0002-4798-0136

** D.Agr., professor, principal researcher, azhigin@gmail.com, ORCID 0000-0001-5283-4099

*** D.Agr., professor, senior researcher, esavkin@rgau-msha.ru, ORCID 0000-0002-4490-6416

**** D.Agr., professor, acting head of department, stepangr56@mail.ru, ORCID 0000-0002-7334-9719

***** Ph.D., chief specialist, petrov@vgnki.ru

Abstract. Scientific and practical aspects are considered for development of functional nutrition products from fish raw materials after lifetime enrichment of the fish muscle tissue with selenium. Size-weight composition is investigated for rainbow golden trout grown in aquaculture, minerals and fatty acids content is determined for hot-smoked products of this species, and quality indicators and nutritional value are evaluated for both raw materials and the products to examine possibility of the enrichment with selenium by adding a selenium-containing preparation to fish feeds and to estimate effect of such feeding on commercial, nutritional and consumer properties of the products. The fish from the experimental group fed by the feeds with preparation Kormogran Selenium-3 had more valuable mineral and fatty acid composition of meat, higher yield of edible parts, and better organoleptic properties of smoked products in comparison with the control group. There is concluded that the lifetime enrichment of the trout tissues with selenium in aquaculture conditions is an effective technology for producing high-quality seafood for functional nutrition.

Keywords: aquaculture, rainbow trout, selenium, selenium-containing feed additive, quality of fish product, hot smoking, functional nutrition, polyunsaturated fatty acid, ω -3 acid, ω -6 acid

For citation: Sytova M.V., Zhigin A.V., Esavkin Y.I., Grikschas S.A., Petrov A.S. Evaluation of quality indices for functional products from fish enriched with selenium in conditions of aquaculture, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 3, pp. 695–709. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-695-709. EDN: CJSOEB.

Введение

Согласно Стратегии повышения качества пищевой продукции, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.06.2016 г. № 1364-р, потребление пищевой продукции с низкими потребительскими и функциональными свойствами является причиной снижения качества жизни и развития ряда заболеваний населения, в том числе за счет дефицита эссенциальных микроэлементов и других биологически активных веществ. Формирование принципов здорового питания требует проведения передовых научных изысканий в области развития агропромышленных технологий и технологий производства пищевой продукции и продовольственного сырья, а также наращивания производства новой обогащенной, специализированной пищевой продукции [<http://static.government.ru/media/acts/files/1202001210021.pdf>].

В соответствии со Стратегией повышения качества пищевой продукции задачей государственной политики в области здорового питания населения является приори-

тетное развитие научных исследований для обеспечения его полноценным питанием и пищевой продукцией надлежащего качества, отвечающей принципам здорового питания, снижения дефицита микро- и макронутриентов, разработка мер по созданию специализированной, функциональной и обогащенной пищевой продукции, оказывающей положительное влияние на здоровье человека.

Наиболее эффективным способом восполнения дефицита необходимых пищевых веществ в рационах питания населения является создание высококачественных функциональных (специальных) пищевых продуктов с заданными свойствами и составом за счет обогащения физиологически значимыми для человека биологически активными соединениями, способствующими улучшению состояния здоровья людей и профилактике различных заболеваний. Такие продукты с измененным составом и физическими свойствами в современных эколого-экономических и социальных условиях приобретают все большее значение для населения нашей страны. Ученые предлагают совершенствовать рационы здорового питания путем создания новых видов продукции, в состав рецептур которых включаются дополнительные компоненты, содержащие источники биологически активных и незаменимых нутриентов. Благодаря этому обогащенная продукция не только обладает высокими органолептическими показателями, но и соответствует рационам здорового питания.

Согласно стандарту [ГОСТ Р 52349-2005 (с изменением № 1)] функциональным пищевым продуктом является пищевой продукт, получаемый добавлением одного или нескольких функциональных пищевых ингредиентов к традиционным пищевым продуктам в количестве, обеспечивающем предотвращение или восполнение имеющегося в организме человека дефицита питательных веществ и (или) собственной микрофлоры.

Классификация пищевых ингредиентов в части функционального назначения с общими требованиями к их кодированному обозначению установлена стандартом [ГОСТ Р 54059-2010]. Кодированное обозначение согласно данному стандарту применяется для тех пищевых функциональных ингредиентов, эффективность которых научно доказана и подтверждена в установленном порядке.

Для получения продуктов функционального (специального) назначения используют различные виды сырья растительного и животного происхождения с повышенной биологической активностью, энергетической ценностью, улучшенными физическими свойствами. Также получают специально разработанные пищевые продукты с заданным химическим составом (путем элиминации, обогащения или замены нутриентов и биологически активных веществ) за счет введения физиологически активных, ценных и безопасных для здоровья ингредиентов, для которых выявлены и научно обоснованы полезные для сохранения и улучшения здоровья свойства и установлена суточная физиологическая потребность. К ним, например, относятся продукты, обогащенные пищевыми волокнами (в том числе пребиотиками), пробиотиками — микроорганизмами (бифидо- и лактобактериями), антиоксидантами, витаминами (А, С, Е, D и др.), органическими формами минеральных веществ (кальцием, калием и др.), микроэлементами (железом, цинком, фтором, селеном и др.), флавоноидами (фитоэстрогенами, кверцетином и др.) [ГОСТ Р 52349-2005; <https://legalacts.ru/doc/prikaz-rospotrebnadzor-ot-07072020-n-379-ob-utverzhdenii-obuchaiushchikh/>].

Анализ российского и зарубежного опыта по созданию функциональных (специальных) продуктов показывает широкий спектр их получения и применения в питании населения для профилактики различных заболеваний и укрепления здоровья. Наиболее известными функциональными (специальными) продуктами питания являются йодированная соль, яйца с повышенным содержанием селена, кисломолочные продукты, в состав которых входят живые молочнокислые бактерии и др. К ним также относятся зерновые завтраки, обогащенные хлебобулочные (например отрубями и витаминами), макаронные и кондитерские изделия, кисломолочные напитки, напитки на основе фруктовых соков, экстрактов и отваров из растительного сырья, продукты на основе

переработки мяса и субпродуктов, птицы, рыбы и морепродуктов, апипродукты и др. [Хатко, Колотий, 2016].

Сырье водного происхождения, в том числе выращенное в условиях аквакультуры, может быть отнесено к естественным функциональным продуктам питания за счет содержания в его составе белков, включающих незаменимые аминокислоты, жиров, в том числе полиненасыщенных жирных кислот (ω -3, ω -6, ω -9), витаминов, микро- и макронутриентов и иных биологически активных компонентов. При этом необходимо отметить, что рыбное сырье не по всем нутриентам может считаться натуральным функциональным продуктом, но оно может быть обогащено полезными компонентами следующими способами [Жигин и др., 2021]:

1) прижизненным обогащением живых организмов путем включения функциональных ингредиентов в рацион питания в условиях выращивания в аквакультуре с последующим накоплением в органах и тканях;

2) введением физиологически активных нутриентов в рыбное сырье в процессе его переработки.

Результаты многочисленных исследований, проводящихся во всех развитых странах мира, свидетельствуют о широкой распространенности нарушений пищевого статуса населения: часто встречается недостаточное потребление витаминов С, D, отдельных витаминов группы В, йода, кальция, селена и др.

Выявленная степень дефицита химических элементов не позволяет провести его коррекцию только за счет основного стандартного рациона питания и требует включения в его состав специализированных высокопитательных продуктов лечебно-профилактической ориентации [ГОСТ 33999-2016].

Согласно стандарту [ГОСТ Р 54059-2010] селен относится к классу Б «Антиоксидантный эффект», группы I «Антиоксидантное действие», подгруппы 3 «Сохранение структуры и функциональной активности белков».

Эссенциальный микроэлемент селен, являющийся биоантиоксидантом, в оптимальном количестве снижает риск сосудистых болезней, повышает сопротивляемость к онкологическим и вирусным заболеваниям. Без селена невозможно образование в организме селензависимого фермента — глутатионпероксидазы, — обладающего пероксидазной активностью, основная биологическая роль которого заключается в защите организма от окислительного повреждения. Поэтому селен обладает иммуномодулирующим действием. Селен также участвует в образовании еще одного важного фермента — дейодиназы йодтиронина, который, в свою очередь, задействован в образовании и обмене тиреоидных гормонов щитовидной железы [<https://legalacts.ru/doc/prikaz-rospotrebnadzora-ot-07072020-n-379-ob-utverzhdanii-obuchaiushchikh/>].

Дефицит селена возникает на территориях с низким его содержанием в почве и производимой на ней продукции, что приводит к развитию различных серьезных заболеваний (эндемические болезни Кашина-Бека, болезни Кешана, наследственной тромбастении и др.).

Основными пищевыми источниками селена для человека являются рыба (сардины, сельди, лососевые) и морепродукты, мясо, внутренние органы млекопитающих (печень, почки), курица, индейка, яйца, зерновые (злаковые), горох, чеснок, грибы, цветная капуста, шпинат, кукуруза [<https://legalacts.ru/doc/prikaz-rospotrebnadzora-ot-07072020-n-379-ob-utverzhdanii-obuchaiushchikh/>].

Физиологическая потребность в селене для взрослых, в том числе для лиц пожилого и старческого возраста (старше 60 лет), составляет 55 (для женщин) и 70 мкг/сут (для мужчин), а для детей — от 10 до 50 мкг/сут. При этом не следует забывать, что селен в избыточных дозах остается высокотоксичным элементом [<https://legalacts.ru/doc/prikaz-rospotrebnadzora-ot-07072020-n-379-ob-utverzhdanii-obuchaiushchikh/>; Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21].

Целью работы является обобщение и анализ собственных научных материалов, литературных данных и нормативных документов по рыбоводным и морфометрическим показателям выращиваемой радужной золотой форели на кормах, обогащенных селеном, и оценка показателей качества и безопасности продукции из данного сырья с точки зрения получения продуктов функционального назначения.

Материалы и методы

Исследования выполнялись в 2021–2022 гг. на базе кафедры аквакультуры и пчеловодства (выращивание) и кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства (переработка) РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева.

Объектом исследования являлась радужная золотая форель *Oncorhynchus mykiss aguabonita*, Jordan 1892, полученная из садкового хозяйства КРХ «Велисто», расположенного на водоеме-охладителе Смоленской АЭС.

Радужная золотая форель (далее — форель) — один из ценных видов рыб, является объектом широкого использования в рыбоводстве за счет высоких пищевых свойств. Отличительной особенностью данного вида рыб является способность более интенсивно аккумулировать пигменты — каротиноиды в мышечной и иных частях тела по сравнению с обычной радужной форелью.

Для изучения возможности прижизненного обогащения мяса радужной золотой форели селеном и его влияния на организм годовиков форели в условиях модельной установки с замкнутым водоиспользованием в корм для рыб вносился селенсодержащий препарат «Кормогран Селен-3».

Экспериментальное выращивание проводилось в течение 41 сут [Жигин и др., 2023].

Определение массовой доли влаги, белка, жира, минеральных веществ, показателей безопасности проводили стандартными и общепринятыми методами в специализированной аккредитованной лаборатории ВГНКИ.

Анализ жирнокислотного состава липидов осуществляли путем превращения жирных кислот триглицеридов в метиловые эфиры и идентификации последних методом газожидкостной хроматографии [Carreau, Dubacq, 1978].

Определение размерно-массового состава рыбы-сырца и продукции из нее производили в процессе проведения опытно-контрольных работ путем прямого взвешивания; соотношение частей рыбы при разделке устанавливали статистическим методом.

В качестве опытного образца (вариант 1) использованы особи, получавшие специализированный продукционный комбикорм «РОСТ Т — *Salmo* 1940), дополнительно содержащий добавку «Кормогран Селен-3», внесенную в корм методом протравливания (в количестве 0,5 мг/кг корма).

В качестве контрольного образца (вариант 2) использованы особи, получавшие специализированный продукционный комбикорм «РОСТ Т — *Salmo* 1940» без использования вышеуказанной добавки.

Для переработки форели было выбрано горячее копчение, которое проводили на 5 экз. из каждой группы (1 — опыт, 2 — контроль), средней массой соответственно $153,5 \pm 14,4$ и $178,0 \pm 6,6$ г при длине тела $22,6 \pm 0,1$ и $24,2 \pm 0,4$ см.

Экспериментальные образцы разделанной форели (тушки) помещали в индивидуальные емкости и заливали приготовленным солевым раствором (тузлуком). Время посола составляло 4 ч при температуре 8 °С. После завершения данного процесса тушки рыбы раскладывали на решетку и помещали в термокамеру, для копчения использовались опилки древесины лиственных пород. Продолжительность горячего копчения составила 1 ч при температуре 80 °С. После остывания тушки взвесили для расчета выхода и потерь готовой продукции при термической обработке, отделили мясо рыбы от костей и сняли кожу. После проведения взвешивания составных частей тушки и разделки была проведена дегустационная оценка образцов мяса копченой форели.

Органолептическую оценку копченой рыбы проводили по методу балльных оценок (с использованием девятибалльной шкалы) [Ким и др., 2014; Сытова, 2023]. В соответствии с требованиями ГОСТ 7445-2015 «Рыба горячего копчения. Технические условия» к показателям качества для органолептического анализа были определены такие дескрипторы, как внешний вид, цвет, запах, вкус, консистенция, сочность. После этого была подсчитана средняя оценка баллов для всех исследуемых образцов [ГОСТ 7447-2015].

Статистическую обработку данных проводили общепринятыми методами [Лакин, 1980] посредством компьютерной программы Microsoft Excel 2007. Статистическую значимость различий средних определяли по t-критерию Стьюдента для независимых выборок по компьютерной программе «Биостат».

В работе также был использован описательно-аналитический метод исследования, проведен теоретический анализ научной и методической литературы, нормативных документов в области создания (производства) рыбных продуктов функционального назначения, определения эффективности использования обогащенного селеном сырья и оценки перспектив его использования при производстве пищевой продукции.

Результаты и их обсуждение

Органолептический анализ качества рыбы-сырца проводили по ряду основных показателей: состояние рыбы, внешний вид, наружные повреждения, цвет жабр, состояние глаз и запах [ГОСТ 24896-2013]. Кроме того, оценивали состояние кожнo-чешуйчатого покрова, брюшка, мышечной ткани; упитанность, запах и цвет мяса у позвоночника; окраску внутренних органов; цвет и положение жаберных крышек; цвет, прозрачность и консистенцию слизи в жабрах; цвет анального кольца, а также наличие гельминтов во внутренних органах и мышечной ткани. Показатели качества и безопасности выращенной форели представлены в табл. 1 и отвечают установленным требованиям [ГОСТ 24896-2013].

В процессе проведения исследований при оценке минерального состава печени, белых и красных мышц выращенной форели по 32 химическим элементам и сопоставлении некоторых элементов с существующими «Нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» [Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21] был выявлен ряд особенностей (табл. 2).

Из 32 исследованных химических элементов 17 являются ненормируемыми, и на содержание большинства из них в печени и мышечных тканях введение селенсодержащего препарата не оказывает существенного влияния. Однако можно отметить существенные колебания содержания лития, алюминия, никеля, ванадия и других элементов в опытных образцах по сравнению с контролем, что требует дальнейшего изучения.

Исследования показали, что при введении в рацион форели препарата «Кормогран Селен-3» основное накопление селена происходило в печени, где его содержание увеличилось в 613,9 раза (с 1112 до 15363 мкг/кг). При этом содержание данного элемента в белых мышцах возросло в 5,2 раза, а в красных — в 2,0 раза.

Оценивая выращенную в опытном варианте форель, можно констатировать, что в соответствии со стандартом [ГОСТ Р 55577-2013 «Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности»] она может быть отнесена к функциональному продукту как источнику селена, так как его содержание в мясе форели составляет 23–29 % от суточной нормы взрослого человека в 100 г продукта (70 мкг/сут для мужчин и 55 мкг/сут для женщин). В контрольном варианте содержание селена было значительно ниже и составило 4,4 % от суточной потребности у мужчин и 13,7 % у женщин.

Необходимо отметить, что в соответствии с ГОСТ Р 55577-2013 выращенная форель в обоих вариантах (опыт/контроль) являлась пищевым продуктом — источником фосфора, калия, кальция и кобальта, так как их содержание находилось в границах 15–24 % на 100 г продукта от суточной потребности взрослого человека.

Таблица 1

Показатели качества и безопасности форели-сырца

Table 1

Indices of quality and safety for raw trout

Показатель	Вариант 1 (опытный образец с селеном)	Вариант 2 (контрольный образец без селена)
Внешний вид	Рыба упитанная, без видимых дефектов, чешуя плотно прилегает к телу, глаза немутные, брюшко ровное	Рыба упитанная, без видимых дефектов, чешуя плотно прилегает к телу, глаза немутные, брюшко ровное
Консистенция	Упругая, нерыхлая	Упругая, нерыхлая
Запах	Свойственный данному виду	Свойственный данному виду
Цвет	Свойственный данному виду	Свойственный данному виду
Гистамин, мг/кг	Не обнаружено	Не обнаружено
Аммиак (качественная реакция)	Отрицательно	Отрицательно
Сероводород (качественная реакция)	Отрицательно	Отрицательно
Белок, %	19,0	19,3
Жир, %	7,2	7,8
Нефтепродукты, (качественная реакция)	Отрицательно	Отрицательно
ДДТ и его метаболиты, нг/г	Менее предела обнаружения	Менее предела обнаружения
Альдрин, мг/кг	То же	То же
Гексахлорциклогексан, мкг/кг	«	«
Гексахлоран, мг/кг	«	«
Метафос, мг/кг	«	«
Фентион, мг/кг	«	«
Фипронил, мг/кг	«	«
Маркерные ПХБ, мкг/кг	«	«
Диоксиноподобные маркерные ПХБ, нг/г	«	«
Цезий, Бк/кг	«	«
Стронций, Бк/кг	«	«
Общее микробное число, КОЕ/г	Не обнаружено	Не обнаружено
БГКП, в 0,01 г	«	«
Сальмонеллы, в 25 г	«	«
Другие патогенные организмы, КОЕ/г	«	«
Гельминты (не допускаются)	«	«
Нематоды (не допускаются)	«	«

Более того, выращенная форель, независимо от использования кормовой добавки, соответствовала функциональному продукту — источнику высокого содержания хрома, поскольку его содержание составило 34 % от суточной потребности человека на 100 г продукта. Известно, что хром участвует в регуляции работы сердечной мышцы и кровеносных сосудов, благоприятно влияет на выведение из организма солей тяжелых металлов, токсинов. Участвуя в транспорте кальция и метаболизме некоторых гормонов (например, дегидроэпиандростерона), хром способствует повышению плотности костной ткани. Важнейшая биологическая роль хрома заключается в его участии в процессах синтеза жиров и обмена углеводов [Реутина, 2009].

Стоит отметить очень низкое содержание йода во всех изученных образцах.

Двумя основными группами полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) являются кислоты семейств ω -6 и ω -3. Жирные кислоты ω -6 содержатся практически во всех растительных маслах и орехах; ω -3 жирные кислоты также содержатся в ряде масел (льняном, из семян крестоцветных, соевом). Одним из основных пищевых источников ω -3 жирных кислот являются жирные сорта рыб и некоторые морепродукты. Из ПНЖК ω -6 особое место занимает линолевая кислота, которая является

Таблица 2

Минеральный состав печени и мышечной ткани форели-сырца, мкг/кг

Table 2

Mineral composition of the liver and muscle tissues of raw trout, µg/kg

Эле- мент	Печень		Белые мышцы		Красные мышцы		МР 2.3.1.0253-21 (для взрослых)
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 1	Вариант 2	
Se*	15363 ± 1540	1112 ± 110	162 ± 20	31,2 ± 3,1	192 ± 20	96 ± 10	55–70
Na*	982472 ± 98250	868341 ± 86830	235760 ± 23580	238957 ± 23900	408965 ± 40900	324805 ± 32480	1300000
Mg*	119075 ± 11910	119019 ± 11900	229278 ± 22930	223282 ± 22330	184399 ± 18440	170061 ± 17010	420000
Cr*	28,5 ± 0,2	22,8 ± 2,3	187 ± 20	157 ± 20	290 ± 30	276 ± 30	40
P*	2102922 ± 210290	2114311 ± 211430	1707734 ± 170770	1757765 ± 175780	1597967 ± 159800	1483848 ± 148380	700000
K*	2795977 ± 279600	2692697 ± 269270	3641203 ± 364120	3797703 ± 379770	3078507 ± 307850	2816395 ± 281640	3500000
Ca*	47337 ± 4730	39493 ± 3950	200540 ± 20050	142735 ± 14270	62037 ± 6200	58015 ± 5800	1000000
Fe*	34948 ± 3490	21724 ± 2170	9493 ± 950	< 0,005	15441 ± 1540	13574 ± 1360	10000–18000
Co*	23,8 ± 2,4	21,8 ± 2,2	24,0 ± 2,4	28,8 ± 29	7,8 ± 0,8	6,3 ± 0,6	10
I*	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	150
V*	< 0,005	15,2 ± 1,5	< 0,005	9,0 ± 0,9	< 0,005	12,0 ± 1,2	15
Mn*	581 ± 60	710 ± 70	146 ± 10	97 ± 10	143 ± 10	155 ± 20	2000
Mo*	212 ± 21	244 ± 24	5,0 ± 0,5	10 ± 1	14 ± 1	11 ± 1	70
Cu*	70177 ± 7020	85101 ± 8510	245 ± 20	231 ± 20	1171 ± 120	1010 ± 100	1000
Zn*	15894 ± 1590	16670 ± 1670	4571 ± 460	3904 ± 390	6611 ± 660	5735 ± 570	12000
Al	1114 ± 110	2124 ± 210	1149 ± 110	1242 ± 120	886 ± 90	2022 ± 200	
Ti	3348 ± 330	3221 ± 320	2888 ± 290	2713 ± 270	2752 ± 280	2394 ± 240	
Ni	36,3 ± 3,6	13,6 ± 1,4	49,8 ± 5,0	9,0 ± 0,9	54,1 ± 5,4	21,9 ± 2,2	
Ge	11,2 ± 1,1	10,6 ± 1,1	3,0 ± 0,3	4,9 ± 0,5	8,0 ± 0,8	9,7 ± 1,0	
Li	553 ± 60	197 ± 20	240 ± 20	138 ± 10	484 ± 50	180 ± 20	
Zr	29,1 ± 2,9	6,7 ± 0,7	6,3 ± 0,6	6,4 ± 0,6	22,3 ± 2,2	10 ± 1	
Nb	25,2 ± 2,5	7,9 ± 0,8	27 ± 2,7	4,7 ± 0,5	16,5 ± 1,7	4,6 ± 0,5	
Ag	129 ± 13	135 ± 13	47 ± 5	31 ± 3	61 ± 6	39 ± 4	
Sn	5,1 ± 0,5	3,4 ± 0,3	6,3 ± 0,6	3,1 ± 0,3	5,2 ± 0,5	4,3 ± 0,4	
Sb	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,3 ± 0,1	0,3 ± 0	0,9 ± 0,1	1,1 ± 0,1	
Te	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,0	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0	0,9 ± 0,1	2,3 ± 0,2	
Ba	25,8 ± 2,6	13,9 ± 1,4	34,7 ± 3,5	18,8 ± 1,9	24,0 ± 2,4	35,3 ± 3,5	
La	1,7 ± 0,2	0,2 ± 0,02	1,2 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,4 ± 0,1	3,1 ± 0,3	
Hf	20,4 ± 2,0	2,8 ± 0,3	3,6 ± 0,4	2,6 ± 0,3	10,6 ± 1,1	1,5 ± 0,2	
Ta	84,0 ± 8,0	17 ± 2	23 ± 2	18 ± 2	65 ± 7	19 ± 2	
W	51,0 ± 5,1	20,2 ± 2	19,1 ± 1,9	32,9 ± 3,3	35,1 ± 3,5	24,3 ± 2,4	
Tl	44,7 ± 4,5	52,5 ± 5,3	2,3 ± 0,2	2,4 ± 0,2	3,9 ± 0,4	3,1 ± 0,3	

* Нормируемые микро- и макроэлементы согласно МР 2.3.1.0253-21.

предшественником наиболее физиологически активной кислоты этого семейства — арахидоновой. ПНЖК биологически активных семейств ω-6 и ω-3 в настоящее время признаны физиологически необходимыми веществами и их наличие в жире рыбного сырья обуславливает высокую биологическую ценность [https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/; Энциклопедия..., 2019].

Физиологическая потребность для взрослых в ПНЖК составляет 5–8 % от калорийности суточного рациона для ω-6 и 1–2 % — для ω-3. Оптимальное соотношение в суточном рационе ω-6 и ω-3 жирных кислот должно составлять 5–10 : 1 [https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/].

Физиологическая потребность в жирных кислотах ω -6 и ω -3 для детей составляет: в возрасте от 1 года до 14 лет 4,0–9,0 % и 0,8–1,0 % от калорийности суточного рациона, от 15 до 17 лет соответственно 5–8 % и 1–2 %.

Массовая доля жирных кислот в жире, извлеченном из мяса выращенной рыбы и печени форели, представлена в табл. 3.

Таблица 3
Массовая доля жирных кислот в жире, извлеченном из мяса рыбы и печени, %
Table 3
Weight fraction of fatty acids in the fat extracted from fish meat and liver, %

Жирнокислотный состав	Белые мышцы		Красные мышцы		Печень	
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 1	Вариант 2
С 14:0 Миристиновая	2,00	2,07	2,09	2,08	1,31	1,19
С 16:0 Пальмитиновая	15,13	15,52	14,60	15,22	16,84	16,04
С 16:1 Пальмитолеиновая	3,04	3,27	2,77	3,32	1,32	1,07
С 18:0 Стеариновая ω -3	3,51	3,52	3,32	1,57	7,38	10,26
С 18:1 Олеиновая n-9	46,38	46,81	46,90	48,00	18,67	15,72
С 18:2 Линолевая n-6 ω -6	14,71	14,06	14,88	14,66	11,48	6,77
С 18:3 Линоленовая n-6 ω -6	0,39	0,23	0,33	0,27	–	–
С 20:1 Гондоиновая n-9	2,79	1,54	2,11	2,13	3,02	1,92
С 18:3 Линоленовая n-3	3,69	4,11	3,65	3,36	2,59	0,74
С 20:2 Эйкозодиеновая ω -6	0,89	0,62	0,89	0,81	1,43	1,01
С 22:0 Бегеновая	–	–	0,15	0,17	–	–
С 20:3 Эйкозатриеновая n-6 ω -3	0,65	0,67	0,58	0,60	1,52	1,59
С 20:4 Арахидоновая n-6 (ARA) ω -6	0,37	0,22	0,36	0,37	4,48	5,15
С 22:2 Докозодиеновая n-6 ω -6	0,48	0,55	0,44	–	–	–
С 20:5 Эйкозапентаеновая n-3 (EPA) ω -3	1,50	1,41	1,54	1,36	1,78	3,48
С 22:5 Докозапентаеновая n-3 (DPA) ω -3	0,50	0,35	0,54	0,43	–	1,11
С 22:6 Докозагексаеновая n-3 (DHA) ω -3	3,39	4,42	4,34	4,08	27,68	33,96
n-3	9,08	10,29	10,07	9,23	32,05	39,29
n-6	16,61	15,73	16,59	15,9	17,48	13,51
n-3/n-6	1,00/1,83	1,00/1,53	1,00/1,68	1,00/1,72	1,83/1,00	2,91/1,00

Из выделенных в процессе исследования 16 жирных кислот 5 относились к ω -3 жирным кислотам и 5 к жирным кислотам ω -6. Введение исследуемой кормовой добавки привело к росту содержания ω -3 стеариновой кислоты в красных мышцах в 2 раза и докозапентаеновой ω -3 в белых мышцах в 1,4 раза. Кроме этого, в опытном варианте отмечен рост содержания в белых мышцах ω -6 жирных кислот — арахидоновой и линоленовой — в 1,7 раза и эйкозодиеновой — в 1,4 раза. Таким образом, применение добавки «Кормогран Селен-3» способствовало увеличению содержания полиненасыщенных жирных кислот в мышечных тканях форели, улучшая ее пищевые качества.

Ранее было установлено, что радужная форель, выращенная с применением селенсодержащего препарата, содержала в своем составе ω -3 ПНЖК 1,28 г на 100 г продукта, что соответствовало суточной норме потребления (1–3 г). Таким образом, употребление в пищу 100–200 г мяса форели обеспечит суточную потребность в ω -3 ПНЖК [Жигин и др., 2021].

Исследования по содержанию жирных кислот, включая полиненасыщенные жирные кислоты, в мышечной ткани форели горячего копчения в рамках экспериментальных работ не проводились, при этом необходимо отметить, что по данным ряда авторов технология рыбы горячего копчения не позволяет в полном объеме сохранять полиненасыщенные жирные кислоты, в том числе ω -3 и ω -6. Это происходит под воз-

действием проходящих физико-химических и биохимических процессов при копчении рыбы за счет высокотемпературной обработки на стадиях проварки и копчения [Технология рыбы..., 2006; Верстаков, 2009; Ansorena et al., 2010].

Согласно литературным данным искусственно выращенная форель является великолепным продуктом питания за счет высокого содержания аминокислот, в том числе эссенциальных [Колмакова, Колмаков, 2022]. Планируется продолжение научных исследований в данном направлении с акцентом на определение незаменимых и селенсодержащих аминокислот в мясе рыбы и накоплении их в других ее частях тела при кормлении кормом, обогащенным селеном.

Кроме того, в связи с тем что используемый в экспериментальных работах корм содержал каротиноид астаксантин (40 мг/кг корма), необходимы исследования по определению его содержания в мясе форели и продукции из нее. Данный пигмент используется в кормах при выращивании лососевых видов рыб для придания интенсивной изысканной окраски мышечной ткани от нежно-лососевого до оранжево-красного цвета [Пат. RU 2 413 429 С2]. Яркая здоровая окраска мяса рыбы рассматривается как один из наиболее важных аспектов качества продукции. Считается, что рыба ярко-красного цвета более востребована потребителями, она воспринимается ими как продукт более высокого качества. Рыба, искусственно разводимая, серого цвета, менее привлекательна для покупателя, но по вкусу она не будет отличаться от рыбы, выращенной с использованием кормов, содержащих астаксантин. Необходимо отметить, что лососевые рыбы являются для потребителей основным источником астаксантина. Этот каротиноид, как важный и полезный элемент питания, обладает противораковым, антиоксидантным, иммуномодулирующим действием. Астаксантин при ежедневном употреблении в рационе от 4 до 30 мг в зависимости от массы тела и уровня физической активности оказывает положительное влияние на поддержание здоровья, состояние опорно-двигательной системы, при лечении воспалительных заболеваний, диспептических расстройств, замедление процессов старения, повышение уровня выносливости спортсменов и пр. [Самойлова, 2015; Кошак и др., 2018; Деев, 2019; https://agencyz.com/wp-content/uploads/2018/10/Astaxanthin_all-1.pdf].

Результаты исследований морфометрического и размерно-массового состава рыбы-сырца (с учетом массы отходов и потерь при разделке на составные части) и тушки форели до и после копчения представлены в предыдущей работе авторов [Жигин и др., 2023].

Определено соотношение частей рыбы-сырца при разделке и выход готовой продукции при горячем копчении (табл. 4 и 5).

Данные по массовому составу форели радужной золотой — сырца, %
Table 4

Composition of raw rainbow golden trout, % of fish weight

Вид рыбы	Внутренности		Плавники		Голо- ва	Ко- жа	Потроше- ная с головой	Потроше- ная обезглав- ленная	Туш- ка
	Все- го	В т.ч. полостной жир	Все- го	В т.ч. хвост- товой					
Радужная золотая форель (опыт)	9,3	1,6	3,3	1,7	11,5	6,5	88,1	79,2	69,1
Радужная золотая форель (контроль)	11,1	2,9	3,1	1,6	10,3	6,7	84,4	78,6	69,7
Радужная форель крупная ¹	13,7	Не уст.	9,1	Не уст.	12,4	Не уст.	85,3	72,8	Не уст.
Радужная форель ²	8,5	Отс.	2	Отс.	15	Отс.	Отс.	54,5 ³	Отс.

Примечание. Не уст. — нормы не установлены; отс. — данные отсутствуют.

¹ Установленные нормы для радужной форели (р. Тулома, садки), при массе рыбы 1500–1600 г.

² Литературные данные [Справочник..., 1999].

³ Потрошенная рыба без головы, внутренностей, плавников и кожи [Справочник..., 1999].

Данные по массовому составу форели радужной золотой горячего копчения при разделке, % к массе рыбы-сырца и к массе тушки-сырца

Composition of cut hot-smoked rainbow golden trout, % of raw fish weight and weight of its carcass

Масса тушки после копчения		Масса кожи и позвоночной кости после разделки копченой тушки		Масса мышечной ткани после копчения, разделки и снятия кожи	
Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль
% к массе рыбы-сырца					
74,2	58,7	7,9	7,7	57,6	46,1
% к массе тушки-сырца					
84,5	80,1	8,5	9,0	66,3	62,3

При этом необходимо отметить, что показатели технологического нормирования, полученные при проведении исследований, коррелируют с нормами выхода готовой продукции как по контрольным, так и по опытным образцам, установленным для разделки свежей форели (сырца), и со справочными данными [Справочник..., 1999; Единые нормы..., 2023*].

Относительные показатели составных частей при разделке форели-сырца до тушки, а также данные по выходу готовой продукции (после копчения) показывали преимущество форели из опытного варианта выращивания по сравнению с контролем при использовании препарата «Кормогран Селен-3» за счет увеличения массы исходного сырья на 1,2–6,6 % при выращивании в условиях опыта.

Оценка органолептических показателей, определяемых с помощью сенсорных (вкусовой, зрительной, обонятельной, слуховой, тактильной) систем при дегустации позволяет выявить качественные отличия образцов или определить общее или частичное качество пищевых продуктов. Несмотря на относительную субъективность данного метода, он является завершающим этапом при установлении доброкачественности проверяемого продукта для принятия тех или иных решений. Для этих целей был проведен дегустационный анализ (табл. 6) тушки форели горячего копчения по

Дегустационная оценка мяса форели горячего копчения (по 9-балльной шкале)

Tasting evaluation of hot-smoked trout meat (9-point scale)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	Cv, %
Вариант 1 (опыт)			
Внешний вид	$8,4 \pm 0,3$	7–9	9,3
Цвет	$7,9 \pm 0,4$	6–9	13,6
Запах	$8,4 \pm 0,4$	6–9	13,5
Вкус	$8,1 \pm 0,5$	6–9	14,9
Консистенция	$7,6 \pm 0,4$	6–9	12,9
Сочность	$8,7 \pm 0,2$	8–9	5,6
Сумма баллов	$49,1 \pm 1,5$	44–54	7,8
Вариант 2 (контроль)			
Внешний вид	$8,1 \pm 0,3$	7–9	11,0
Цвет	$7,7 \pm 0,3$	7–9	9,8
Запах	$8,0 \pm 0,6$	5–9	19,1
Вкус	$7,1 \pm 0,7$	4–9	27,3
Консистенция	$7,1 \pm 0,3$	6–8	12,6
Сочность	$8,1 \pm 0,4$	7–9	13,1
Сумма баллов	$46,2 \pm 2,0$	38–53	11,4

Примечание. $X \pm S_x$ — среднее значение и ошибка средней; Cv — коэффициент вариации.

* Единые нормы выхода рыбной продукции из водных биологических ресурсов и объектов аквакультуры. М.: ВНИРО, 2023. 279 с.

следующим показателям: внешний вид, цвет, запах, вкус, консистенция и сочность с использованием балльной системы, который показал, что мясо форели опытной группы имело более приятный вкус, сочность и нежную консистенцию. Эти различия отразились на общей средней оценке продукта, средний балл в опытном варианте ($49,1 \pm 1,5$) достоверно превосходит контроль ($46,2 \pm 2,0$) [Жигин и др., 2023].

Мясо копченой форели при дегустации в целом было оценено экспертами как приятный, нежный и деликатесный продукт с отмеченным преимуществом по органолептическим показателям опытной группы.

Заключение

При проведении исследований по разработке обогащенных селеном продуктов функционального питания из радужной золотой форели получены следующие результаты.

Оценка минерального состава печени, белых и красных мышц выращенной форели по 32 химическим элементам показала низкое содержание йода в опытной и контрольной группах, а также существенное увеличение содержания лития, алюминия, никеля и снижение ванадия в опытных образцах, что требует дальнейшего изучения.

Определено, что в соответствии со стандартом [ГОСТ Р 55577-2013] выращенная в опытной группе рыба может быть отнесена к функциональному продукту — источнику селена, так как его содержание в мясе форели составляло 23–29 % от суточной нормы взрослого человека в 100 г продукта. В контрольном варианте содержание селена было значительно ниже и составило 4,4 % от суточной потребности у мужчин и 13,7 % — у женщин.

Кроме того, выращенная форель, независимо от использования кормовой добавки, соответствовала функциональному продукту — источнику высокого содержания хрома, поскольку оно составляло 34 % от суточной потребности человека на 100 г продукта, а также являлась пищевым продуктом — источником фосфора, калия, кальция и кобальта, так как их содержание находилось в границах 15–24 % на 100 г продукта от суточной потребности взрослого человека.

Анализ жирнокислотного профиля показал, что из выделенных в процессе исследования 16 жирных кислот 5 относились к ω -3 жирным кислотам и 5 к жирным кислотам ω -6. Введение исследуемой кормовой добавки привело к росту содержания ω -3 стеариновой кислоты в красных мышцах в 2 раза и докозапентеновой ω -3 в белых мышцах в 1,4 раза. Кроме этого, в опытном варианте отмечен рост содержания в белых мышцах ω -6 жирных кислот — арахидоновой и линоленовой в 1,7 раза и эйкозодиеновой — в 1,4 раза, из чего следует, что применение добавки «Кормогран Селен-3» способствовало увеличению содержания полиненасыщенных жирных кислот в мышечной ткани форели, улучшая ее пищевые качества, что, в свою очередь, позволит улучшить качество жизни потенциальных потребителей продукции.

Комплексный анализ морфометрического [Жигин и др., 2023] и размерно-массового составов форели-сырца и копченой продукции, показателей качества и безопасности товарной продукции и ее пищевой ценности показал преимущества рыбы из опытной группы при использовании препарата «Кормогран Селен-3» по сравнению с контролем по минеральному и жирнокислотному составам мяса, выходу съедобных частей, органолептической оценке копченой продукции.

Требуется исследований оценка влияния использования селенсодержащих препаратов на аминокислотный состав выращиваемой рыбы, а также применения каротиноидов в рыбных кормах для пигментации рыбы с точки зрения повышения качества, пищевой, биологической и потребительской ценности рыбной продукции.

Обогащение рыбы селеном путем введения его в корма при выращивании в аквакультуре позволяет обеспечить получение высококачественных рыбных продуктов функционального назначения.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают свою признательность лаборантам-исследователям межкафедрального учебно-научного центра биологии и животноводства Тимирязевской академии И.В. Байдарову и В.В. Дернакову за техническое обеспечение проведения научной работы.

The authors are grateful to I.V. Baidarov and V.V. Dernakov, laboratory assistants-researchers in the Interdepartment Educational and Scientific Center of biology and animal husbandry of Russian State Agrarian University, for their technical support for the study.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование проводилось в инициативном порядке и не имело спонсорской поддержки.

The study was initiated by the authors and had no sponsorship.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional principles for the care and use of animals have been observed. The authors state that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

М.В. Сытова отвечала за сбор и обработку литературных источников и нормативных правовых актов, касающихся темы исследований, осуществляла написание текста статьи с последующим оформлением и редактированием; А.В. Жигин разработал концепцию исследования, осуществлял руководство над его проведением и принимал участие в аквариальных работах, участвовал в написании, редактировании и оформлении текста статьи; Ю.И. Есавкин проводил морфологические и рыбоводно-биологические исследования, обобщение и статистическую обработку полученных результатов; С.А. Грикшас занимался оценкой товарных, пищевых и потребительских свойств форели; С.А. Петров исследовал минеральный и жирнокислотный составы товарной рыбопродукции.

M.V. Sytova — collection and analysis of scientific literary and regulatory legal acts related to the research topic, the article text writing, designing and editing; A.V. Zhigin — concept of the study, general supervising with participation in the experiments and the text writing; Yu.I. Yesavkin — aquaculture works, morphological and biological analyses, statistical processing and analyzing the results; S.A. Grikschas — evaluation of commercial, nutritional, and consumer properties of fish products; S.A. Petrov — chemical analysis of mineral and fatty acid composition of fish products.

Список литературы

Верстаков А.А. Формирование улучшенных потребительских характеристик рыбы горячего копчения путем совершенствования технологии ее производства : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 2009. — 27 с.

Деев А. Влияние астасантина на состояние опорно-двигательной системы // Les Nouvelles esthetiques. — 2019. — № 6. — С. 106–112.

Жигин А.В., Сытова М.В., Есавкин Ю.И. Аквакультура как источник функциональных продуктов питания // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 4. — С. 910–922. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-910-922.

Жигин А.В., Сытова М.В., Есавкин Ю.И. и др. Влияние кормовой добавки «Кормогран Селен-3» на рыбоводные, морфометрические показатели и товарные качества радужной форели // Вопр. рыб-ва. — 2023. — Т. 24, № 2. — С. 154–172. DOI: 10.36038/0234-2774-2023-24-2-154-172.

Ким Г.Н., Ким И.Н., Сафронова Т.М., Мегеда Е.В. Сенсорный анализ продуктов переработки рыбы и беспозвоночных : моногр. — СПб. : Лань, 2014. — 512 с.

Колмакова А.А., Колмаков В.И. Состав аминокислот в перспективных компонентах питания радужной форели в условиях аквакультуры Красноярского края // Журн. Сиб. федер. ун-та. Биология. — 2022. — Т. 15, № 3. — С. 363–377. DOI: 10.17516/1997-1389-0393.

Кошак Ж., Долгая Д., Пономарева А., Рукшан Л. Каратиноидные пигменты для окрашивания мышц радужной форели // Комбикорма. — 2018. — № 6. — С. 60–62. DOI: 10.25741/2413-287X-2018-06-3-008.

Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособие. — М. : Высш. шк., 1980. — 292 с.

Пат. RU 2 413 429 С2. Способ улучшения цвета мяса лосося / К. Хирасава, А. Цубокура, Х. Йонеда. — Заявлено 20.11.2010; Оpubл. 10.03.2011. — 18 с.

Реутин С.В. Роль хрома в организме человека // Вестн. РУДН. Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 4. — С. 50–55.

Самойлова М.В. Влияние астаксантина как сильнейшего антиоксиданта на организм человека // Здоровье и образование в XXI веке. — 2015. — Т. 17, № 1. — С. 102–107.

Справочник по химическому составу и технологическим свойствам рыб внутренних водоемов / под ред. В.П. Быкова. — М. : ВНИРО, 1999. — 207 с.

Сытова М.В. Методические подходы к оценке качества пищевой рыбной продукции с использованием сенсорного анализа: научный обзор // Тр. ВНИРО. — 2023. — Т. 191. — С. 124–141. DOI: 10.36038/2307-3497-2023-191-124-141.

Технология рыбы и рыбных продуктов : учеб. для вузов / под ред. А.М. Ершова. — СПб. : ГИОРДБ, 2006. — 944 с.

Хатко З.Н., Колотий Т.Б. Учебное пособие по дисциплине «Современные технологии производства функциональных и специализированных продуктов питания» для аспирантов по направлению подготовки 19.06.01 Промышленная экология и биотехнология. — Майкоп : МГТУ, 2016. — 147 с.

Энциклопедия «Пищевые технологии», Технологии рыбной промышленности. В 2-х частях / отв. ред. Л.С. Абрамова. — М. : ВНИРО, 2019. — Ч. 2. — 468 с.

Ansorena D., Guembe A., Mendizabal T., Astiasaran I. Effect of Fish and Oil Nature on Frying Process and Nutritional Product Quality // J. Food Sci. — 2010. — Vol. 75, Iss. 2. — P. H62–H67. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01472.x.

Carreau J.P., Dubacq J.P. Adaption of a macroscale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // J. Chromatogr. A. — 1978. — Vol. 151, № 3. — P. 384–390. DOI: 10.1016/S0021-9673(00)88356-9.

References

Verstakov, A.A., Formation of improved consumer characteristics of hot-smoked fish through the amazing technology of its production, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Tech.) Dissertation*, Moscow, 2009.

Deev, A., The influence of astaxanthin on the state of the musculoskeletal system, *Les Nouvelles esthétiques*, 2019, no. 6, pp. 106–112.

Zhigin, A.V., Sytova, M.V., and Esavkin, Yu.I., Aquaculture as a source of functional food, *Izv. Tikhookean. NauchnoIssled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, no. 4, pp. 910–992. doi 10.26428/1606-9919-2021-201-910-922

Zhigin, A.V., Sytova, M.V., Esavkin, Yu.I., Griksas, S.A., and Petrov, A.S., The effect of the feed additive “Kormogran Selen-3” on fish breeding, morphometric indicators and marketable qualities of rainbow trout, *Vopr. Rybolov.*, 2023, vol. 24, no. 2, pp. 154–172. doi 10.36038/0234-2774-2023-24-2-154-172

Kim, G.N., Kim, I.N., Safronova, T.M., and Megeda, E.V., *Sensornyy analiz produktov pererabotki ryby i bespozvonochnykh* (Sensory analysis of fish and invertebrate products), St. Petersburg: Lan', 2014.

Kolmakova, A.A. and Kolmakov, V.I., Amino acid composition of prospective food items for rainbow trout aquaculture in Krasnoyarsk region, *J. Sib. Fed. Univ. Biol.*, 2022, vol. 15, no. 3, pp. 363–377. doi 10.17516/1997-1389-0393

Koshak, Zh., Dolgaya, D., Ponomareva, A., and Rukshan L., Karatinoidnyye pigmenty dlya okrashivaniya myshts raduzhnoy forel, *Kombikorma*, 2018, no. 6, pp. 60–62. doi 10.25741/2413-287X-2018-06-3-008

Lakin, G.F., *Biometriya* (Biometrics), Moscow: Vysshaya Shkola, 1980.

Hirasawa, K., Tsubokura, A., and Yoneda, H., Patent RU 2 413 429 C2, Method for improving the color of salmon meat, *Izobret., Polezn. Modeli*, 2011.

Reutina, S.V., The role of chromium in the person's organism, *Vestn. rossiyskogo universiteta družby narodov. Ser. Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2009, no. 4, pp. 50–55.

Samoylova, M.V., Influence of astaxanthin as the strongest antioxidant in the human body, *Zdorov'ye i obrazovaniye v xxi veke*, 2015, vol. 17, no. 2, pp. 102–107.

Spravochnik po khimicheskomu sostavu i svoystvam vnutrennikh vodoyemov ryby (Handbook of the chemical composition and properties of inland waters of fish), Bykov, V.P., ed., Moscow: VNIRO, 1999.

Sytova, M.V., Methodological approaches to assessing the quality of fish food products using sensory analysis: scientific review, *Tr. Vseross. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 191, pp. 124–141. doi 10.36038/2307-3497-2023-191-124-141

Tekhnologiya ryby i rybnih produktov (Technology of fish and fish products), Ershov, A.M., ed., St. Petersburg: GIORDB, 2006.

Khatko, Z.N. and Kolotiy, T.B., *Uchebnoye posobiye po distsipline «Sovremennyye tekhnologii proizvodstva funktsional'nykh i spetsializirovannykh produktov pitaniya» dlya aspirantov po napravleniyu podgotovki 19.06.01 Promyshlennaya ekologiya i biotekhnologiya* (Textbook on the discipline “Modern technologies for the production of functional and specialized food products” for graduate students in the direction of training 19.06.01 Industrial ecology and biotechnology), Maikop: Maykop State Technological University, 2016.

Entsiklopediya «Pishchevyye tekhnologii». Tekhnologii rybnoy promyshlennosti (Encyclopedia “Food Technologies”. Technologies of the fishing industry), Abramova, L.S., ed., Moscow: VNIRO, 2019, vol. 2.

Ansorena, D., Guembe, A., Mendizabal, T., and Astiasaran, I., Effect of Fish and Oil Nature on Frying Process and Nutritional Product Quality, *J. Food Sci.*, 2010, vol. 75, Iss. 2, pp. H62–H67. doi 10.1111/j.1750-3841.2009.01472.x

Carreau, J.P. and Dubacq, J.P., Adaption of a macroscale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts, *J. Chromatogr. A*, 1978, vol. 151, no. 3, pp. 384–390. doi 10.1016/S0021-9673(00)88356-9

Wood, V., *Natural Astaxanthin. The Irreplaceable Anti-Aging Molecule*, 2013. https://agenyz.com/wp-content/uploads/2018/10/Astaxanthin_all-1.pdf. Cited June 21, 2023.

Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii “Ob utverzhdenii Doktriny prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii” ot 21 yanvarya 2020 g. № 20 (Decree of the President of the Russian Federation “On Approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation” dated January 21, 2020 No. 20). <http://static.government.ru/media/acts/files/1202001210021.pdf>. Cited June 21, 2023.

Prikaz Federal'noy sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka ot 7 Iyulya 2020 g. № 379 «Ob utverzhdenii obuchayushchikh (prosvetitel'skikh) programm po voprosam zdorovogo pitaniya» (Order of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare dated July 7, 2020 No. 379 “On approval of training (educational) programs on healthy nutrition). <https://legalacts.ru/doc/prikaz-rosпотреbnadzora-ot-07072020-n-379-ob-utverzhdenii-obuchaiushchikh/>. Cited June 21, 2023.

Metodicheskiye rekomendatsii MP 2.3.1.0253-21 «Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii» (utv. Federal'noy sluzhboy po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka 22 iyulya 2021 g.) [Elektronnyy resurs] (Guidelines MP 2.3.1.0253-21 “Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation” (approved by the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare on July 22, 2021)). <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/>.

https://agenyz.com/wp-content/uploads/2018/10/Astaxanthin_all-1.pdf. Cited June 20, 2023.

Yedinye normy vykhoda rybnoy produktii iz vodnykh biologicheskikh resursov i ob'yektov akvakul'tury (Uniform norms for the release of fish products from aquatic biological resources and aquaculture objects). Moscow: VNIRO, 2023.

Поступила в редакцию 24.07.2023 г.

После доработки 23.08.2023 г.

Принята к публикации 4.09.2023 г.

The article was submitted 24.07.2023; approved after reviewing 23.08.2023;
accepted for publication 4.09.2023