

УДК 664

Разработка технологии нового мучного кулинарного рыбного изделия, обогащенного йодом ламинарии беломорской

К. Н. Савкина, В. В. Щетинский, П. А. Тихонова, Ю. В. Шокина*

*Мурманский арктический университет, г. Мурманск, Россия;
e-mail: shokinayu@mauniver.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6513-1912>

Информация о статье

Поступила
в редакцию
02.12.2024;

получена
после доработки
29.04.2025;

принята
к публикации
05.05.2025

Ключевые слова:
рыбные кулинарные
изделия, обогащенные
продукты,
йододефицит, ламинария,
калитки

Реферат

Выбор ассортимента рыбных кулинарных изделий проведен на основании анализа мотивации потребителей г. Мурманска и актуальных трендов развития регионального рынка рыбокулинарных продуктов. В ходе исследования предложена технология нового изделия "Калитки по-мурмански" с начинкой из красной рыбы и моркови, обеспечивающая наилучшие органолептические свойства. Для снижения избыточной оводненности комбинированной начинки использована комплексная пищевая добавка H-Serval80 в качестве водосвязывающего и структурообразующего агента. Оптимизация рецептуры осуществлена с помощью метода нечеткой логики и программного пакета MatLab; в процессе экспериментов оценивались органолептические свойства опытных образцов изделий, различающихся составом начинки (варьируемыми ингредиентами являлись морковь и добавка H-Serval80). В состав ржаного теста для обогащения йодом включен порошок сушеной ламинарии производства Архангельского водорослевого комбината, количество которого рассчитывалось с учетом содержания йода не менее 15 % от физиологической нормы потребления (150 мкг), а также соблюдения токсического порога для йода (600 мкг). Предложенная рецептура предусматривает возможность использования пищевых отходов от переработки гидробионтов (фарша кулинарного из срезов мяса лососевых рыб, получаемого при разделке рыб на филе). Данное технологическое решение позволяет снизить себестоимость готовых изделий за счет уменьшения стоимости основного сырья при сохранении качества и пищевой ценности изделий, а также обеспечить комплексную переработку ценного биологического ресурса, добываемого в арктических морях.

Для цитирования

Савкина К. Н. и др. Разработка технологии нового мучного кулинарного рыбного изделия, обогащенного йодом ламинарии беломорской. Вестник МГТУ. 2025. Т. 28, № 2. С. 231–243. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2025-28-2-231-243>.

Development of the technology of a new flour culinary fish product enriched with iodine of the White Sea kelp

Kseniya N. Savkina, Vsevolod V. Cshetinsky, Pavlina A. Tihonova, Yulia V. Shokina*

*Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia;
e-mail: shokinayu@mauniver.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6513-1912>

Article info

Received
02.12.2024;

received
in revised
29.04.2025;

accepted
05.05.2025

Key words:
fish culinary products,
fortified products,
iodine deficiency,
kelp,
kalitki

Abstract

The range of fish culinary products has been selected based on the analysis of consumer motivation in Murmansk and current trends in the development of the regional fish culinary products market. The study has proposed a technology for a new product, "Kalitki po Murmanskii" with a filling of red fish and carrots providing the best organoleptic properties. To reduce the excess water content of the combined filling, the complex food additive H-Serval80 has been used as a water-binding and structure-forming agent. The recipe has been optimized using the fuzzy logic method and the MatLab software package; during the experiments, the organoleptic properties of prototypes of products with different filling compositions have been assessed (the variable ingredients are carrots and the additive H-Serval80). The rye dough fortified with iodine includes dried kelp powder produced by the Arkhangelsk algae plant, the amount of which has been calculated taking into account the iodine content of at least 15 % of the physiological intake rate (150 mcg), as well as compliance with the toxic threshold for iodine (600 mcg). The proposed recipe provides for the possibility of using food waste from the processing of aquatic organisms (minced culinary meat from salmon cuts obtained when cutting fish into fillets). This technological solution allows for reducing the cost of finished products by reducing the cost of the main raw materials while maintaining the quality and nutritional value of the products, as well as ensuring the comprehensive processing of a valuable biological resource extracted in the Arctic seas.

For citation

Savkina, K. N. et al. 2025. Development of the technology of a new flour culinary fish product enriched with iodine of the White Sea kelp. *Vestnik of MSTU*, 28(2), pp. 231–243. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2025-28-2-231-243>.

Введение

Проблема йододефицита является актуальной во всем мире¹; в качестве одного из эффективных решений этой проблемы Всемирная организация здравоохранения рассматривает расширение ассортимента продуктов питания повседневного спроса, обогащенных органическим йодом, который лучше усваивается организмом человека и не способен оказывать токсического действия в суточной дозе потребления 1 000–1 300 мкг при постепенном высвобождении (*Vatandoust et al.*, 2023). В настоящее время наиболее изученным и доступным для предприятий-производителей продуктов питания источником органического йода являются морские водоросли, в частности ламинария *Saccharina latissima*, произрастающая в Белом и Баренцевом морях и доступная для масштабного сбора и промышленной переработки (*Савкина и др.*, 2024a). В России широкая ассортиментная линейка продуктов переработки ламинарии беломорской представлена Архангельским водорослевым комбинатом. Для использования в пищевой промышленности наиболее пригодной является производимая предприятием ламинария сушеная пищевая в виде порошка с частицами размером до 200 мкм. Пищевой ингредиент характеризуется высоким содержанием йода, отличными функционально-технологическими свойствами, что позволяет рассматривать его в качестве функционального пищевого ингредиента при разработке инновационных продуктов питания, обогащенных йодом (*Савкина и др.*, 2023).

Для российского потребителя популярными продуктами питания повседневного спроса являются мучные кулинарные изделия с разнообразными начинками (пироги, пирожки, пельмени, вареники, манты, пиццы), характеризующиеся высоким содержанием углеводов, в том числе сахарозы (*Елисеева и др.*, 2023). Избыточное потребление мучных кондитерских изделий ведет к развитию опасных заболеваний, таких как ожирение, диабет, панкреатит, атеросклероз и т. д. (*Панкратов и др.*, 2022). При этом у мучных кулинарных изделий имеются очевидные достоинства как для потребителя, так и для производителя. Потребительскими достоинствами являются сбалансированный состав основных пищевых компонентов (углеводов, белков, жиров), высокие вкусовые качества, быстрота и простота приготовления или доготовки (для полуфабрикатов в замороженном виде), длительный срок хранения в замороженном виде, что дает возможность формировать продуктовые запасы (*Васюкова и др.*, 2023). Производители к важным преимуществам относят простоту технологического процесса, высокий потребительский спрос, гарантирующий стабильный сбыт продукции, возможность расширения ассортимента продукции на основе базовой технологии, что важно для закрепления на конкурентном рынке продовольствия. Другим продуктовым трендом у российского потребителя в последние пять лет стали изделия здорового питания, обогащенные ценными пищевыми веществами. В "Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности России до 2030 г."² особое внимание уделяется повышению в производстве доли пищевых продуктов специализированного назначения, обладающих обогащенным составом и функциональными свойствами.

Рынок продуктов, готовых к употреблению, активно развивается. Согласно результатам опроса компании NielsenIQ (США), в 2022 г. почти 70 % покупателей интересовались продуктами-новинками, а 29 % считали себя трендсеттерами и целенаправленно пробовали новое. Эти люди оказываются двигателями отрасли, поскольку формируют первичный спрос на новинки³. Рост потребления полуфабрикатов и готовых блюд обусловлен заметными изменениями в традиционных диетических привычках россиян и более глубоким пониманием влияния продуктов на здоровье и продолжительность жизни человека.

Согласно ТР ЕАЭС 040/2016⁴, готовое рыбное кулинарное изделие – пищевая рыбная продукция, изготовленная с добавлением или без добавления пищевых компонентов и (или) пищевых добавок, готовая к употреблению в пищу после тепловой обработки или без нее. В настоящее время в обиход потребителей и производителей продуктов питания вошло понятие "ready-to-eat" (RTE) – блюда, не требующие приготовления. Формально консервы и выпечка тоже входят в понятие RTE, но чаще этим термином обозначают кулинарные изделия, которые продаются в супермаркетах в индивидуальной упаковке. Продукты RTE дорогостоящие, что является серьезным препятствием для роста их потребления (*Лебедева и др.*, 2022). Однако возможно снижение стоимости продуктов за счет использования ценного вторичного пищевого сырья, а также новых и недоиспользуемых видов сырья. Рыбные кулинарные изделия входят в категорию продуктов глубокой переработки, что позволяет при правильно организованном технологическом процессе и сбыте сделать их производство высокорентабельным и получать наибольшую прибыль. По данным компании NielsenIQ,

¹ Global Scorecard of Iodine Nutrition in 2020. Iodine Global Network 2020. URL: https://www.ign.org/cm_data/Global-Scorecard-2020-3-June-2020.pdf.

² Об утверждении Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса РФ на период до 2030 г. (вместе с "Планом мероприятий по реализации стратегии развития рыбохозяйственного комплекса РФ на период до 2030 г.") : Распоряжение Правительства РФ № 2798-р от 26 ноября 2019 г. // Собрание законодательства РФ. 2019. № 48. С. 6905.

³ Как изменился FMCG-рынок в 2022 г. // NielsenIQ. URL: <https://nielseniq.com/global/ru/insights/analysis/2022/kak-izmenilsya-fmcg-rynok-v-2022/>.

⁴ Технический регламент Евразийского экономического союза. О безопасности рыбы и рыбной продукции : ТР ЕАЭС 040/2016. Изд. 18 октября 2016 г. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума "Кодекс". URL: <https://docs.cntd.ru/document/420394425>.

подавляющее число россиян беспокоит растущая инфляция, ее замечают 98 % покупателей. Этот тренд прослеживается в течение 2022–2024 гг. и обусловлен последствиями пандемии, геополитической ситуацией и новым витком экономического кризиса. Ценовой фактор играет важную роль при выборе потребителями продуктов питания⁵ (Инатова, 2020).

Таким образом, актуальным направлением развития пищевой промышленности является разработка научно обоснованных технологических решений, направленных на расширение ассортимента мучных и кондитерских изделий с разнообразными начинками, отличающихся сбалансированным составом и обогащенных функциональными пищевыми ингредиентами.

Цель настоящего исследования заключается в разработке технологии и оптимальной рецептуры рыбного мучного кулинарного изделия повседневного спроса, обогащенного йодом ламинарии беломорской и предназначенного для профилактики йододефицитных состояний населения Арктической зоны России. Достижение поставленной цели обеспечивается обоснованием выбора: 1) источника органического йода – функционального пищевого ингредиента для обогащения нового рыбного мучного кулинарного изделия; 2) ассортимента нового рыбного кулинарного изделия по результатам выборочного маркетингового исследования (опроса потребителей и анализа розничного рынка в г. Мурманске); 3) базовой технологии нового рыбного мучного кулинарного изделия, обогащенного йодом, и на ее основе усовершенствованной технологии изготовления; 4) рецептуры нового рыбного мучного кулинарного изделия, обогащенного йодом, по выбранному критерию автоматизированным способом с использованием современных математических методов.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали опытные образцы рыбного мучного кулинарного изделия "Калитки по-мурмански" с начинкой из красной рыбы и моркови.

В ходе исследования определялись органолептические свойства рыбных мучных кулинарных изделий (опытных образцов, изготовленных по разработанным технологиям) и их зависимость от соотношения выбранных ключевых компонентов рецептуры изделий.

В работе применяли маркетинговые, органолептические и математические методы исследования. Пробы для органолептических исследований отбирали в соответствии с требованиями ГОСТ 31339-2006 "Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб"⁶. Разработку рецептур осуществляли с использованием системы автоматизированного проектирования и оптимизации, нечетких множеств и программного обеспечения MatLab (модуль Fuzzy Logic Toolbox)⁷. Статистическую обработку результатов экспериментальных исследований проводили с помощью пакета стандартных программ Microsoft Office Excel 2016.

Результаты и обсуждение

Водоросли, благодаря своим исключительным питательным свойствам, стали популярным ингредиентом при производстве широкого спектра пищевых продуктов (Подкорытова и др., 2021). Это привело к росту коммерческого интереса к крупномасштабному выращиванию водорослей. В рамках решения проблемы обогащения продуктов питания йодом наиболее эффективным методом является использование природных источников йода, таких как морские бурые водоросли. Среди них наибольшее применение в пищевой промышленности нашла морская капуста, или ламинария. Эти водоросли являются отличными компонентами для создания новых функциональных и готовых к употреблению продуктов, так как они представляют собой ценный источник не только йода, но и других физиологически активных пищевых ингредиентов (Freitas et al., 2015). Морские водоросли представляют собой растительноподобные эукариотические организмы и делятся на три основные группы: красные водоросли *Rhodophyta*, бурые водоросли *Phaeophyceae* и зеленые водоросли *Chlorophyta* (Wang et al., 2017).

В странах Азиатско-Тихоокеанского региона потребление морских водорослей стало неотъемлемой частью повседневного рациона (Wells et al., 2017). Эпидемиологические исследования показывают, что высокое потребление морских водорослей играет важную роль в снижении хронических заболеваний (диабет, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, ожирение, инфаркты и инсульты, зоб и гипотиреоз), которые широко распространены в западных странах (Délérís et al., 2016). В Японии в 2007 г. среднее суточное потребление морских водорослей на одного взрослого человека составляло примерно 14,3 г, что значительно способствовало росту потребления пищевых волокон среди населения страны (Nova et al.,

⁵ См.: Итог выборочного наблюдения рациона питания населения. 2018 г. // Сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Racion.pdf> ; Как меняется покупательский спрос в новой ценовой реальности // NielsenIQ. URL: <https://nielseniq.com/global/ru/insights/analysis/2022/kak-menyayetsya-pokupatel'skij-spros-v-novoj-cenovoj-realnosti/>.

⁶ ГОСТ 31339-2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. Введен 07.01.2008. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200049977>.

⁷ Луковкин С. Б. Элементы нечеткой логики в компьютерном моделировании. Мурманск, 2011. 38 с.

2020б). По данным Global Market Insights Inc., в Японии морские водоросли составляют более 8 % от общего рациона, при этом потребление за последнее десятилетие выросло примерно на 20 %, достигнув в среднем 3,3 кг на семью. По прогнозам, к 2027 г. коммерческий рынок морских водорослей из пищевой промышленности превысит годовой спрос более чем на 20,5 кг. Сегмент включает в себя прямые продукты питания и пищевые добавки, которые потребляются в качестве основного продукта питания в таких странах, как Япония, Корея и Китай⁸. Преимущества японской диеты для снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний и рака были исследованы на выборке из 58 767 японцев в возрасте от 40 до 79 лет. Установлена связь между уменьшением риска сердечно-сосудистых заболеваний и общей смертностью, особенно у женщин. Кроме того, в исследовании, охватывающем 86 113 японских участников в возрасте от 40 до 69 лет, было выявлено, что потребление морских водорослей имеет обратную зависимость от риска ишемической болезни сердца (Nova et al., 2020б).

В настоящее время свойства водорослей стали предметом изучения ученых и в западных странах. Водоросли могут применяться в различных областях, не только в пищевой, но и фармацевтической и нутрицевтической отраслях, учитывая их значительный потенциал для медицинских, промышленных и биотехнологических применений (Nova et al., 2020а). В этом контексте морские водоросли могут сыграть важную роль в разработке новых функциональных и обогащенных пищевых продуктов, способствующих профилактике различных заболеваний (Кароматов и др., 2017).

В России, по данным исследования российского маркетингового агентства ГидМаркет, в 2023 г. было объявлено около 150 тендеров, в которых были указаны морские водоросли. Количество закупок относительно 2021 г. увеличилось на 63,7 %, относительно 2022 г. – на 13,7 %. В январе – сентябре 2024 г. были опубликованы 85 тендеров на закупку данного товара; большое количество тендеров на закупку морских водорослей являются государственными – 57,7 % от общего числа закупок (данные агентства ГидМаркет за 2024 г.). В России ламинария востребована, но объемы потребления незначительны, так как для основной части населения этот продукт не стал повседневным, что подтверждается данными статистики. Россия добывает примерно 37 тыс. т ламинарии (в Китае, например, добыча составляет 23 млн т, где основную долю составляет аквакультура⁹).

Мурманская область является перспективным туристическим регионом Российской Федерации, в котором сформировалось несколько устойчивых направлений развития туризма: горный кластер, экотуризм; рыболовство и охота; промышленный туризм; морские путешествия на ледоколах к Северному полюсу; "охота за северным сиянием".

Специалистами региона в сфере общественного питания удалось создать бренд "арктическая кухня" с опорой на традиции поморской и национальной саамской кухни, в который удачно интегрированы оригинальные рецепты широкого ассортимента блюд из рыбы и морепродуктов (в том числе камчатского краба), добываемых в арктических морях (Баренцевом и Белом), а также в Северной Атлантике. Арктическая кухня широко представлена традиционными блюдами из мяса дичи и домашнего оленя, дикоросов Кольского полуострова (северных ягод брусники, вороники, черники, морошки), а также красной рыбы (семги и форели радужной, выращиваемых на аквафермах Мурманской области), добываемых на побережье Мурманского полуострова (исландского гребешка и кукумари), а также ракообразных (северной креветки и крабов камчатского и стригуна (опилио)). Арктическая кухня представлена также популярными у туристов продуктами питания так называемой сувенирной линейки – широким ассортиментом шоколада с добавлением ягеля и баренцевоморских и беломорских водорослей (ламинарии и фукуса), соусами, джемами и вареньем на основе морошки, брусники и черники, сосновых шишек. Однако в сегменте популярных у туристов и населения области мучных изделий арктическая кухня представлена только имбирными пряниками, которые изготавливают по традиционному рецепту и украшают росписью по глазури с сюжетами на арктическую тему. Расширить ассортимент мучных изделий в сегменте продуктов арктической кухни, предназначенных для туристов и повседневного потребления населением Мурманской области и направленных на профилактику заболеваний, обусловленных вредными природно-климатическими факторами Заполярья, возможно за счет традиционного мучного изделия поморской кухни – калиток.

Для обоснования целесообразности расширения ассортимента мучных рыбных кулинарных изделий, обогащенных йодом, были проведены исследования по изучению и анализу мнения и мотиваций потребителей г. Мурманска в отношении изучаемой группы продуктов питания, а также полевое исследование розничного рынка г. Мурманска на материале предприятий федеральных и региональных торговых сетей.

⁸ Commercial Seaweed Market Size – By Product (Brown, Red, Green), By Form (Dry, Wet), By End User (Animal Feed, Food, Biofuels, Pharma & Personal Care) & Forecast, 2024–2032 // Global Market Insights Inc. URL: <https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/commercial-seaweed-market>.

⁹ Сектору водорослей в России намечают путь развития. 2024 г. // Fishnews. Online. URL: <https://fishnews.ru/news/50848?ysclid=ma2ez7cxmo184183508pdf>.

Результаты исследования розничного рынка рыбных кулинарных изделий в г. Мурманске представлены на рис. 1 в виде диаграммы; на основе этих результатов можно сделать вывод о тенденциях развития розничного рынка Мурманской области.

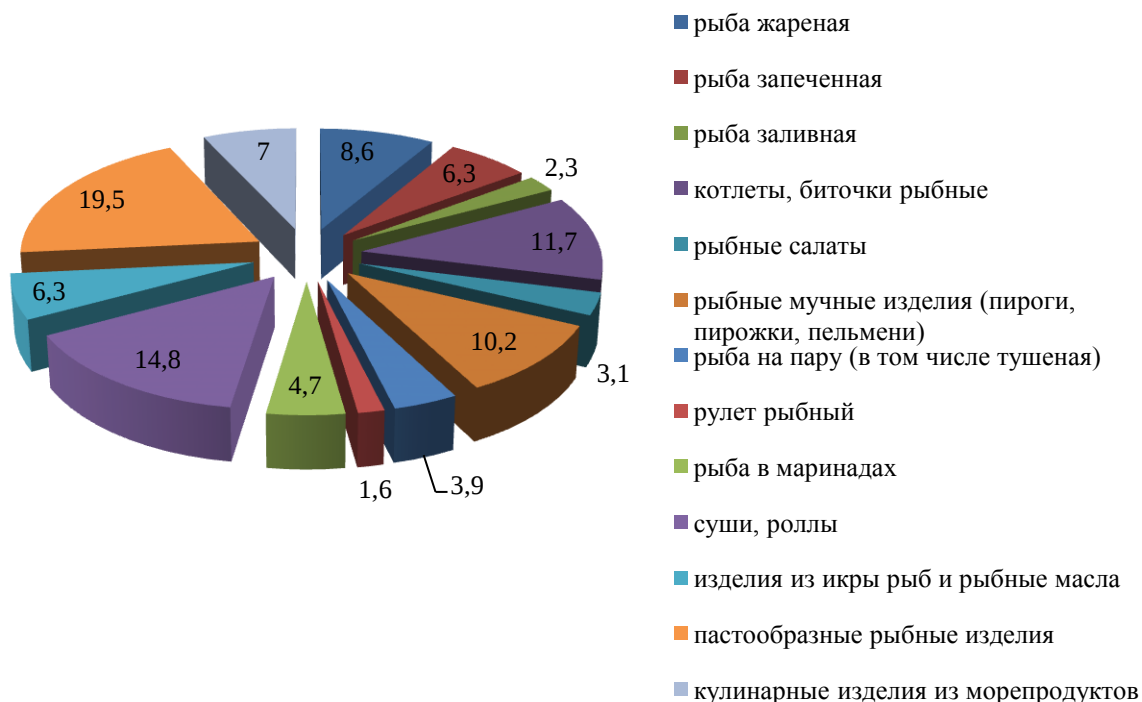


Рис. 1. Сегментация рынка рыбных кулинарных изделий в г. Мурманске
Fig. 1. Segmentation of the market of fish culinary products in Murmansk

Коэффициент широты ассортимента рыбных кулинарных изделий составляет 88,9 % от принятой базы (в доступных для анализа нормативно-технических документах), что свидетельствует о достаточной насыщенности изучаемого сегмента рынка. Около 27 % всех наименований рыбных кулинарных изделий, представленных на потребительском рынке г. Мурманска, приходится на долю холодных рыбных блюд (салаты, суши и роллы, рыба заливная, рыба в маринаде, рулеты рыбные). Наибольшую долю в изучаемом ассортименте рыбных кулинарных изделий занимают пастообразные рыбные изделия (риеты, паштеты, крем-фиши и т. п.) – 19,5 %. При этом суммарная доля горячих рыбных блюд и закусок (рыба жареная, запеченная, на пару) составила чуть меньше – 18,8 %. На долю рыбных мучных изделий (пироги, пирожки и рыбные пельмени) приходится в настоящее время всего около 10 % от общего ассортиментного перечня. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о несоответствии структуры предложения регионального рынка рыбных кулинарных изделий потребительским предпочтениям, выявленным в ходе исследования. В особенности этот спрос не удовлетворен в сегменте рыбных мучных кулинарных изделий, актуальное предложение которых на розничном рынке ограничено рыбными пирогами с треской, палтусом и печеной сельдью, а также традиционными пирожками с рыбной начинкой (рыбниками с палтусом) и рыбными пельменями в ассортименте.

Потребительские предпочтения изучали методом анонимного письменного анкетирования¹⁰ (*Рациональное питание...*, 2022). В опросе участвовало свыше 60 респондентов, из которых 92 % ответили положительно на фильтр-вопрос (регулярное употребление/приобретение рыбных кулинарных изделий). Таким образом, процентное распределение вариантов ответов приведено к показателю 46, принятому за 100 % (респондентская база опроса). В опросе участвовали женщины (52 %), мужчины (48 %); почти половина опрошиваемых – в возрасте 40–55 лет, около 40 % – 25–39 лет, 8 % респондентов были в возрасте до 24 лет и почти 5 % – старше 56 лет. По результатам анкетирования выявлено, что больше 95 % опрошиваемых имеют работу, у 80 % уровень заработной платы составляет 40–50 тыс. рублей.

В ходе анкетирования установлен достаточно стабильный и умеренно высокий спрос на рыбные кулинарные изделия. Суммарно свыше 56 % респондентов ответили, что приобретают (готовы приобретать)

¹⁰ Шокина Ю. В. Практикум по разработке новых продуктов питания и проектной деятельности на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности. Мурманск, 2016. 140 с.

рыбную кулинарию от одной-двух покупок в месяц до еженедельной одной покупки. При этом довольно большое количество респондентов (свыше 40 %) являются потенциальными потребителями рыбной кулинарии, поскольку приобретают данную продукцию "редко, по случаю". Соответствующая рекламная работа и промоакции способны привлечь часть этой аудитории к активным покупкам рыбных кулинарных изделий. Результаты обработки анкет по вопросу частоты приобретения рыбных кулинарных изделий респондентами, участвующими в опросе, представлены на рис. 2.

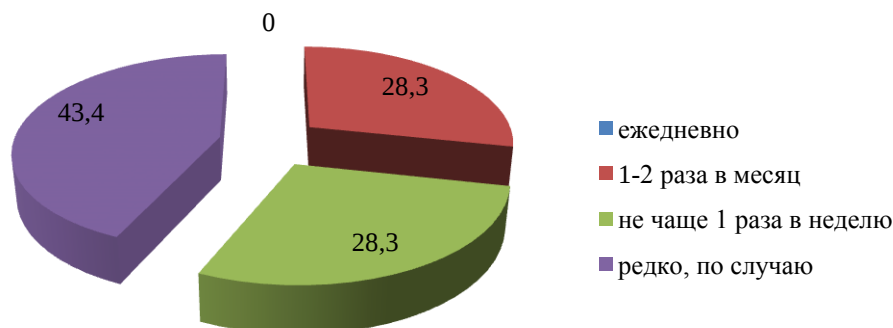


Рис. 2. Диаграмма частоты покупок рыбных кулинарных изделий, % от общего числа участников опросам

Fig. 2. The frequency of purchase of fish culinary products by respondents participating in the survey, in % of the total number of survey participants

Интересен вывод, который сделан по результатам анализа мотивации приобретения рыбных кулинарных изделий в сравнении с приобретением кулинарных изделий общей укрупненной категории "кулинарные изделия", включая мясные и овощные (рис. 3).

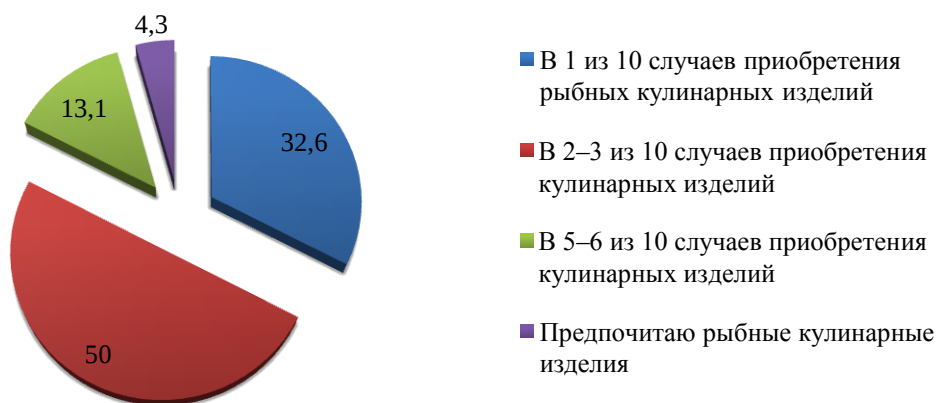


Рис. 3. Диаграмма желательности приобретения рыбных кулинарных изделий, % от общего числа участников опроса

Fig. 3. Desirability of purchasing fish culinary products within the general enlarged category "culinary products", in % of the total number of survey participants

Из рис. 3 следует, что на долю рыбных кулинарных изделий приходится половина всех приобретаемых кулинарных изделий среди опрошенных респондентов, что формирует оптимистичный прогноз в отношении расширения ассортимента рыбных кулинарных изделий для населения Мурманской области и жителей областного центра. При этом важно, что суммарно 84,8 % респондентов готовы увеличить долю кулинарных изделий из рыбы в своем рационе при условии появления на прилавках изделий, обогащенных ценными пищевыми компонентами: витаминами, микро- и макроэлементами, биологически-активными веществами, пробиотиками и т. п. (рис. 4).

Установлено, что потребители проявляют высокую заинтересованность в расширении ассортимента рыбных кулинарных изделий, в том числе мучных, за счет изделий, обогащенных ценными пищевыми

веществами (витаминами, микро- и макроэлементами, биологически-активными веществами, иммунопротекторами и иммуномодуляторами, пробиотиками и т. п.) и направленных на профилактику заболеваний, обусловленных вредными природно-климатическими факторами проживания в условиях Арктической зоны РФ¹¹.

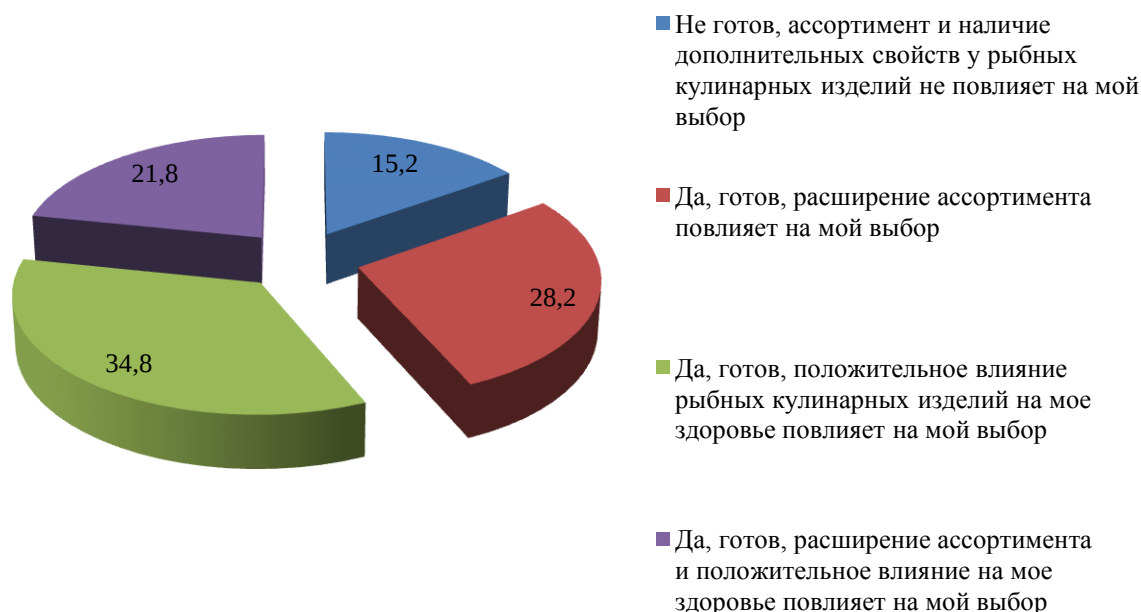


Рис. 4. Диаграмма готовности респондентов увеличить долю приобретаемых рыбных кулинарных изделий для личного потребления, % от общего числа участников опроса
Fig. 4. Willingness to increase the share of purchased fish culinary products for personal consumption among respondents, in % of the total number of survey participants

Поморская калитка представляет собой комбинированное мучное изделие, состоящее из основы – фигурной калитки (корзинки) из ржаного бездрожжевого теста, в которую помещена начинка из картофельного пюре или пшенной каши¹². Таким образом, базовое мучное изделие позволяет легко формировать производственную ассортиментную линейку за счет расширения рецептур начинок. Традиционная (базовая) технология изготовления калиток предусматривает замес теста на основе ржаной муки, соли, разрыхлителя и сметаны низкой жирности, с последующей непродолжительной (до 40 мин) выдержкой при температуре 6–8 °С. Готовое тесто формуют в колбаску, которую порционируют на заготовки массой 40 ± 5 г и раскатывают тонко в округлые лепешки толщиной не более 2–3 мм. Подготовленную начинку калиток (картофельное пюре или пшенную кашу) помещают порциями 70 ± 5 г в середину лепешки, разравнивают и формуют калитку, защипывая ржаную лепешку по краям и формируя тем самым бортик калитки. Выпекают калитки при температуре 180 °С до готовности около 15 мин, не допуская пригара начинки.

Базовую технологию поморской калитки предлагается усовершенствовать с учетом выявленных на этапе маркетингового исследования потребительских предпочтений и передовых тенденций производства обогащенных продуктов питания под брендом "арктическая кухня" следующим образом. В состав традиционного рецепта ржаного теста следует ввести ламинарию пищевую сушеную в виде порошка с частицами размером не более 200 мкм (производства Архангельского водорослевого комбината) в количестве, обеспечивающем в готовом изделии содержание йода на уровне не менее 50 % суточной нормы потребления и статус изделия "обогащенное йодом". Ламинария пищевая сушеная в виде порошка рассматривается

¹¹ См.: Методические рекомендации 2.3.1.0253-21. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/>; Обзор ВЭД: готовая продукция из рыбы и морепродуктов, 2021 // Федеральный центр развития экспорта продукции АПК Минсельхоза России. URL: <https://aemcx.ru/reviews/obzor-ved-gotovaya-produkciya-iz-ryby-i-m/>.

¹² Сборник технологических нормативов. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания : в 2 ч. / под ред. Н. А. Лупея. Ч. 2. Москва, 1997. С. 514. (Рецептура 840).

в предлагаемой усовершенствованной технологии в качестве функционального пищевого ингредиента – источника органического легко усваиваемого организмом человека йода (Шокина и др., 2023). Количество добавляемой в виде порошка сушеной ламинарии определено расчетным путем исходя из установленной экспериментально массовой доли йода в сушеной ламинарии. Массовую долю йода в порошке ламинарии беломорской определяли экспериментально фотоколориметрическим методом по ГОСТ 26185-84 "Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа"¹³. Количество введенной в муку ламинарии было таким же, как и для разработанного ранее мучного изделия "Хлебцы с прованскими травами, обогащенные йодом" (Савкина и др., 2024б).

Начинку для калиток разрабатывали на основе использования вторичного пищевого сырья [фарша пищевого кулинарного из отходов от разделки лососевых рыб (форели радужной и семги) на филе высшей категории] и включения растительного ингредиента (моркови) с целью сбалансировать состав новых начинок по основным пищевым нутриентам: белкам, жирам и углеводам. Для снижения избыточной оводненности начинки мучного изделия из ржаного теста, возникающей вследствие теплового денатурационного воздействия на рыбные белки, использовали в оптимальной дозировке комплексную пищевую добавку, обладающую функциональными свойствами водосвязывающего и структурообразующего агента. Данное технологическое решение позволяет существенно снизить себестоимость готовых изделий за счет уменьшения стоимости основного сырья при сохранении качества и пищевой ценности изделий, а также обеспечивает комплексную переработку ценного биологического ресурса, добываемого и выращиваемого в арктическом водном бассейне. В качестве водосвязывающего и структурообразующего агента предложено, по результатам обзора научной и технической литературы, использовать комплексную пищевую добавку H-Serval80, производимую компанией "Ваш технолог" (Россия, Санкт-Петербург) и обладающую необходимыми функциональными свойствами. На рис. 5 представлена технологическая схема изготовления начинки для рыбного мучного кулинарного изделия "Калитки по-мурмански" с красной рыбой и морковью.

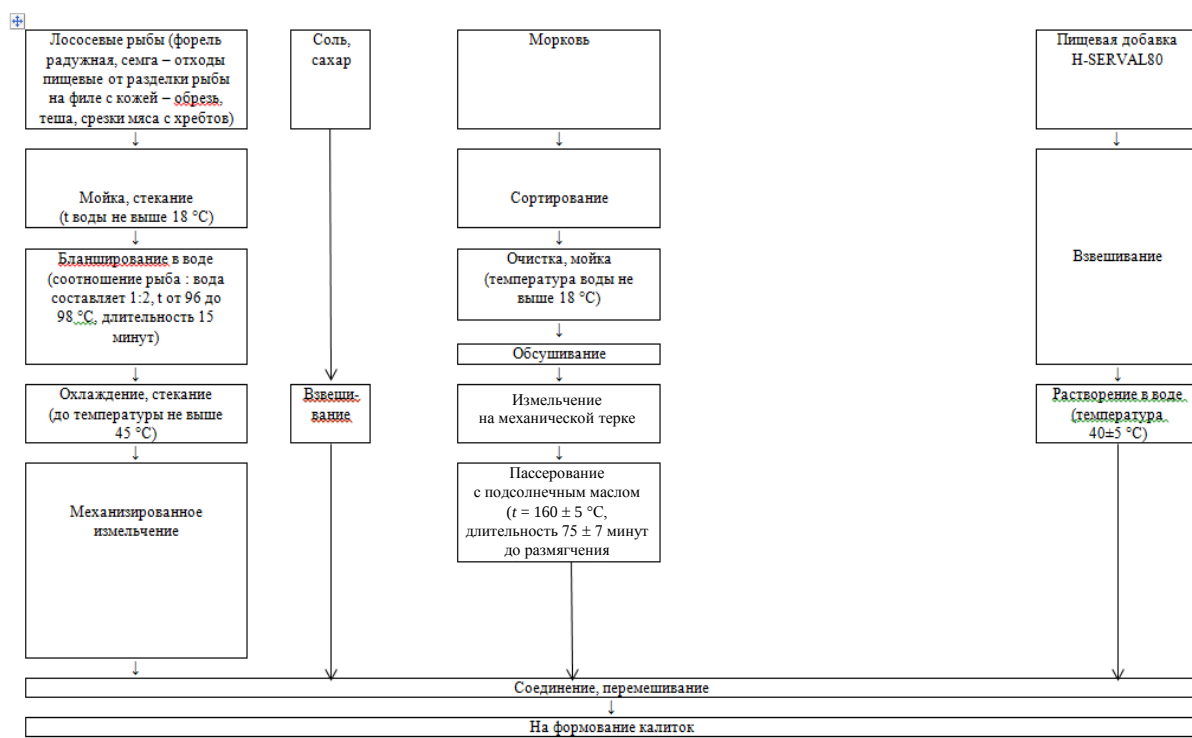


Рис. 5. Технологическая схема изготовления начинки для рыбного мучного кулинарного изделия "Калитки по-мурмански" с красной рыбой и морковью, обогащенного йодом

Fig. 5. Technological scheme of making fillings for fish flour culinary product "Kalitky po murmansky" with red fish and carrots, enriched with iodine

Рецептура ржаного теста для изготовления калиток, учитывающая внесение обогащающего готовое изделие йодом функционального пищевого ингредиента, приведена в табл. 1, где указаны рекомендуемые нормы закладки теста и начинки при изготовлении изделий "Калитки по-мурмански" с красной рыбой и морковью, обогащенных йодом.

¹³ ГОСТ 26185-84. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа. Введен 01.01.1985. С изменением № 1 (ИУС 1-2018). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200022234>.

Таблица 1. Рецепт ржаного теста для рыбного мучного кулинарного изделия "Калитки по-мурмански" с красной рыбой и морковью, обогащенного йодом
Table 1. Recipe of rye dough for fish flour culinary product "Kalitky po murmanskyy" with red fish and carrots, enriched with iodine

Сырье	Масса, кг на 100 кг теста	
	Брутто	Нетто
Мука ржаная хлебопекарная	52,0	51,4
Соль	1,3	1,3
Разрыхлитель	1,3	1,3
Ламинария пищевая сушеная (порошок с частицами размером менее 200 мкм)*	3,0	3,0
Сметана (жирность 10 %)	43,4	43,0
Выход теста	–	100,0

Примечание. *Масса ламинарии рассчитана с учетом имеющихся в литературе данных о ее химическом составе, содержании йода (110 мг/кг) и потерях йода при тепловой обработке запеканием (Савкина и др., 2023).

Разработку рецептуры начинки новых рыбных мучных кулинарных изделий, обогащенных йодом, проводили с помощью метода автоматизированного проектирования рецептур многокомпонентных пищевых продуктов, основанного на современном математическом методе планирования эксперимента (методе нечетких множеств) и реализованного в программной среде MatLab (модуль нечеткой логики Fuzzy Logic).

В соответствии с алгоритмом метода была разработана матрица эксперимента и выбраны параметр оптимизации и влияющие факторы, ограничена область исследуемого факторного пространства. Параметром оптимизации выбрана органолептическая оценка (суммарный балл) калиток с использованием разработанной пятибалльной шкалы. Влияющими факторами определены компоненты рецептуры, в наибольшей степени формирующие органолептические свойства изделия:

- массовая доля моркови пассерованной измельченной, % от массы нетто двухкомпонентной смеси "рыба – морковь" в составе начинки изделия (X_1);
- массовая доля пищевой добавки H-Serval80, % от массы нетто начинки изделия в сырьевом наборе (X_2).

Критерий оптимальности – достижение максимально возможной органолептической оценки калиток в выбранном диапазоне значений влияющих факторов. Массовую долю моркови пассерованной измельченной варьировали от 20 до 50 % от массы нетто двухкомпонентной смеси "рыба – морковь" в составе начинки изделия. Варьирование доли пассерованной измельченной моркови в ходе экспериментов осуществляли за счет пропорционального изменения доли измельченного мяса бланшированной красной рыбы (форели радужной или семги) в составе двухкомпонентной смеси "рыба – морковь" (100 %) при сохранении постоянства массы нетто двухкомпонентной смеси "рыба – морковь" в составе начинки изделия до финальной тепловой обработки изделия (запекания). Массовую долю пищевой добавки H-Serval80 варьировали от 3 до 5 % от массы нетто начинки изделия.

На рис. 6 представлены результаты органолептической оценки опытных образцов изделий, изготовленных по пяти вариантам рецептур начинки.

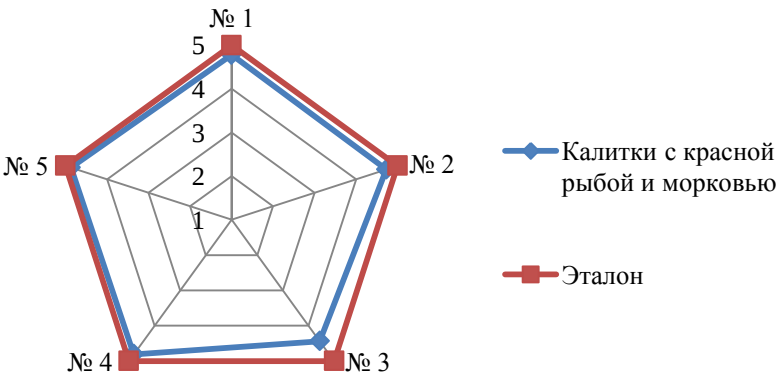


Рис. 6. Профилограмма органолептической оценки опытных образцов изделий "Калитки по-мурмански" с красной рыбой и морковью, обогащенных йодом
Fig. 6. A profilogram of the organoleptic evaluation of prototypes of products "Kalitky po murmanskyy" with red fish and carrots, enriched with iodine, all variants of formulations

После обработки экспериментальных данных в программе MatLab получены результаты в виде поверхности отклика (рис. 7).

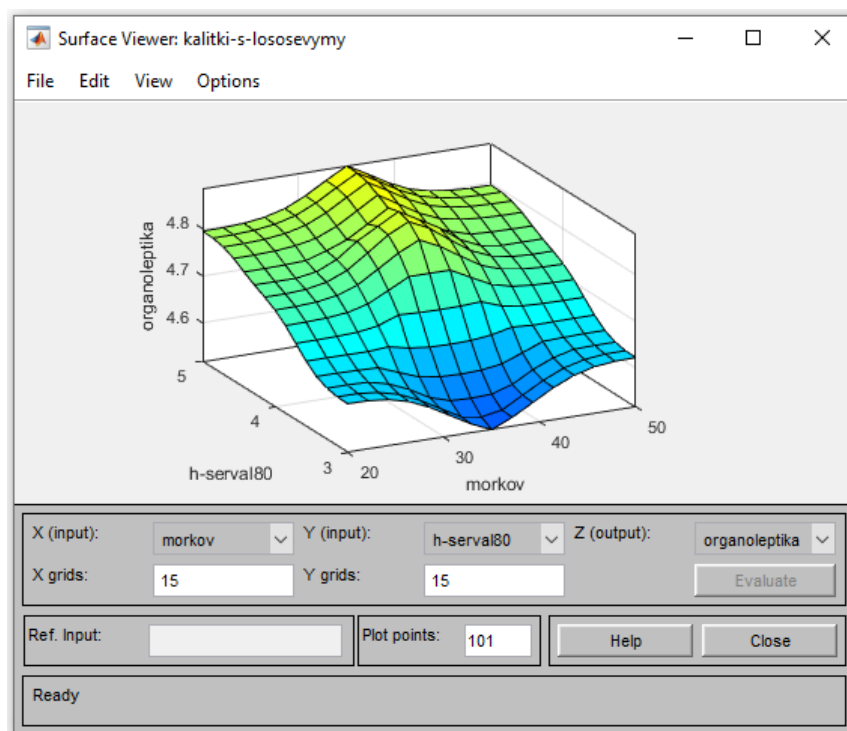


Рис. 7. Поверхность отклика (скриншот пользовательского экрана)

Fig. 7. Response surface, screenshot of the user screen

Разработанная оптимальная рецептура начинки изделия приведена в табл. 2.

Таблица 2. Оптимальная рецептура начинки рыбного мучного кулинарного изделия "Калитки по-мурмански" с красной рыбой и морковью, обогащенного йодом
Table 2. The optimal recipe for the filling of the fish flour culinary product "Kalitky po murmanskyy" with red fish and carrots, enriched with iodine

Компонент	Масса, кг на 100 кг начинки	
	Брутто	Нетто
Красная рыба мороженная* (фарш пищевой кулинарный, полученный из форели радужной и семги – срезков мяса с хребтов, теши, рыбы с механическими повреждениями)	232,0	39,51
Выход полуфабриката после предварительной тепловой обработки	–	39,3
Морковь свежая столовая**	73,0	39,2
Соль	1,5	1,5
Сахар	1,0	1,0
Пищевая добавка H-Serval80	4,0	4,0
Вода (для растворения пищевой добавки)	15,0	15,0
Выход полуфабриката	–	100,0

Примечание. *Масса красной рыбы рассчитана с учетом потерь при размораживании (2 %), бланшировании пищевых отходов от разделки красной рыбы на филе (20 %), отделении мяса от костей, кожи, чешуи, мойке (78 %), измельчении (1 %). **Масса моркови определена с учетом потерь при очистке (20 %), пассеровании и измельчении (32 %).

Заключение

Таким образом, в результате исследования:

1) осуществлен обоснованный выбор:

- источника органического йода – функционального пищевого ингредиента для последующего использования в технологии рыбных мучных кулинарных изделий – ламинарии пищевой сушеной в виде порошка с частицами размером не более 200 мкм (производства Архангельского водорослевого комбината);
- базовой технологии изготовления новых рыбных мучных кулинарных изделий, обогащенных йодом;

2) предложено технологическое решение по усовершенствованию базовой технологии изготовления рыбных изделий;

3) спроектирована автоматизированным способом с использованием современного математического метода оптимальная рецептура нового рыбного мучного кулинарного изделия "Калитки по-мурмански" с морковью и красной рыбой, обогащенного йодом.

Подводя итоги на начальном этапе исследований, можно сделать вывод о том, что включение в состав базовых рецептов мучных рыбных кулинарных изделий повседневного спроса обогащающего ингредиента позволяет существенно расширить ассортимент высоко востребованных на современном российском рынке продуктов питания, направленных на коррекцию проблем с рационом и профилактику социально значимых неинфекционных заболеваний.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Научно-образовательного центра мирового уровня "Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования" в 2024 г.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Васюкова А. Т., Кусова И. У., Бондаренко Ю. В. Повышение качества мучных кулинарных изделий // Аграрная наука в обеспечении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф., г. Луганск, 17 января – 08 февраля 2023 г. / под общ. ред. В. П. Матвеева. Луганск : ГОУ ВО ЛНР ЛГАУ, 2023. С. 89–91. EDN: VVFYVI.
- Елисеева С. А., Фахретдинова А. Д., Гусева А. И., Киреева М. С. Обогащение мучных кулинарных изделий альгинатом магно // Эффективный менеджмент здравоохранения: стратегии инноваций : IV Междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 5–6 октября 2023 г. : сб. материалов / ред. коллегия : А. С. Федонников, И. Г. Новокрещенова, М. В. Еругина [и др.]. Саратов : Сарат. гос. мед. ун-т, 2023. EDN: HEWLQD.
- Ипатова А. А. Обзор российского рынка рыбы. 2017–2019 // Российский продовольственный рынок. 2020. № 3. URL: <https://foodmarket.spb.ru/archive/2020/991/3647/>.
- Кароматов И. Д., Ашурова Н. Г., Амонов К. У. Ламинария, морская капуста // Биология и интегративная медицина. 2017. № 2. С. 194–213. EDN: YJMBRL.
- Лебедева Е. Ю., Касьянов Г. И. Инновационные технологии переработки комбинированного рыбного и растительного сырья // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2022. № 2(74). С. 24–30. DOI: <https://doi.org/10.21443/1812-9498-2022-2-24-30>. EDN: NJCJUR.
- Панкратов Г. Н., Мелешкина Е. П., Витол И. С., Коломиец С. Н. [и др.]. Комплексный подход к обогащению мучных изделий // Пищевая промышленность. 2022. № 10. С. 22–26. DOI: <https://doi.org/10.52653/rri.2022.10.10.005>. EDN: BZAQKN.
- Подкорытова А. В., Рощина А. Н. Морские бурые водоросли – перспективный источник БАВ для медицинского, фармацевтического и пищевого применения // Труды ВНИРО. 2021. Т. 186. № 4. С. 156–172. DOI: <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-186-156-172>. EDN: OSXXMZ.
- Рациональное питание. Теория и практика / сост. Ю. В. Шокина. Санкт-Петербург : Лань, 2022. 140 с.
- Савкина К. Н., Антонов П. В., Шокина Ю. В. Разработка рецептуры мучных изделий, обогащенных йодом ламинарии беломорской // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : материалы VI Нац. науч.-техн. конф., Владивосток, 22 декабря 2022 г. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2023. С. 302–308. EDN: IJYXYP.
- Савкина К. Н., Новожилова Е. А., Симутина Н. Н., Шокина Ю. В. Обоснование и разработка технологии продукции, обогащенной йодом ламинарии беломорской // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : материалы VII Нац. науч.-техн. конф., г. Владивосток, 22 декабря 2023 г. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2024а. С. 126–133. DOI: [10.48612/dalrybvtuz/NNTK2023-11](https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/NNTK2023-11). EDN: NOBLEO.
- Савкина К. Н., Шокина Ю. В. Разработка технологии производства обогащенного йодом мучного изделия // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., г. Феодосия, 19–22 мая 2024 г. Керчь : КГМУ, 2024б. С. 283–288. EDN: GICJYN.
- Шокина Ю. В., Савкина К. Н., Симутина Н. Н., Василевич В. В. [и др.]. Ламинария производства Архангельского водорослевого комбината в технологиях продуктов питания, обогащенных йодом: опыт разработки и перспективы коммерциализации // Рыбное хозяйство. 2023. № 1. С. 102–108. DOI: <https://doi.org/10.37663/0131-6184-2023-1-102-108>. EDN: JKJXRU.

- Délérís P., Nazih H., Bard J.-M. Seaweeds in Human Health. In *Seaweed in health and disease prevention*. Monograph. Eds.: J. Fleurence, I. Levine. Academic Press, 2016. P. 319–367. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802772-1.00010-5>. (Chapter 10).
- Freitas A. C., Pereira L., Rodrigues D., Carvalho A. P. [et al.]. *Marine Functional Foods // Springer Handbook of Marine Biotechnology* / eds.: S. K. Kim. Springer, Berlin, Heidelberg, 2015. P. 969–994. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-53971-8_42.
- Nova P., Martins A. P., Teixeira C., Abreu H. [et al.]. Foods with microalgae and seaweeds fostering consumers health: A review on scientific and market innovations // *Journal of Applied Phycology*. 2020. Vol. 32. P. 1789–1802. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02129-w>.
- Nova P., Pimenta-Martins A., Laranjeira Silva J., Silva A. M. [et al.]. Health benefits and bioavailability of marine resources components that contribute to health – *what's new?* // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020a. Vol. 60, Iss. 21. P. 680–3692. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1704681>.
- Vatandoust A., Krishnaswamy K., Li Y. O., Diosady L. Triple fortification of salt with iron, iodine and zinc oxide using extrusion // *Journal of Food Engineering*. 2023. Vol. 339. Article number: 111258. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111258>.
- Wang H.-M. D., Li X.-C., Lee D.-J., Chang J.-S. Potential biomedical applications of marine algae // *Bioresource Technology*. 2017. Vol. 244, Part 2. P. 1407–1415. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.198>.
- Wells M. L., Potin P., Craigie J. S., Raven J. A. [et al.]. Algae as nutritional and functional food sources: Revisiting our understanding // *Journal of Applied Phycology*. 2017. Vol. 29. P. 949–982. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>.

References

- Vasyukova, A. T., Kusova, I. U., Bondarenko, Yu. V. 2023. Improving the quality of flour culinary products. Proceedings of the IV Intern. scientific and practical conf. *Agrarian Science in Ensuring Food Security and Rural Development*, Lugansk, 17 January – 8 February, 2023. Lugansk, pp. 89–91. EDN: VVFYVI. (In Russ.)
- Eliseeva, S. A., Fahretdinova, A. D., Guseva, A. I., Kireeva, M. S. 2023. Enrichment of flour culinary products with magnesium alginate. Proceedings of the IV Intern. scientific and practical conf. *Effective healthcare management: Innovation strategies*, Saratov, 5–6 October, 2023. Saratov. EDN: HEWLQD. (In Russ.)
- Ipatova, A. A. 2020. Review of the Russian fish market. 2017–2019. *Russian Food & Drinks Market Magazine*, 3. URL: <https://foodmarket.spb.ru/archive/2020/991/3647/>. (In Russ.)
- Karomatov, I. D., Ashurova, N. G., Amonov, K. U. 2017. Kelp, sea cabbage. *Biology and Integrative Medicine*, 2, pp. 194–213. EDN: YJMBRL. (In Russ.)
- Lebedeva, E. Y., Kasyanov, G. I. 2022. Innovative technologies for processing combined fish and vegetable raw materials. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*, 2(74), pp. 24–30. DOI: <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2022-2-24-30>. EDN: NJCJUR. (In Russ.)
- Pankratov, G. N., Meleshkina, E. P., Vitol, I. S., Kolomiets, S. N. 2022. An integrated approach to the enrichment of flour products. *Food Industry*, 10, pp. 22–26. DOI: <https://doi.org/10.52653/ppi.2022.10.10.005>. EDN: BZAQKN. (In Russ.)
- Podkorytova, A. V., Roshchina, A. N. 2021. Sea storms – a pioneering source for medical, pharmaceutical and written applications. *Trudy VNIRO*, 186(4), pp. 156–172. DOI: <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-186-156-172>. EDN: OSXXMZ. (In Russ.)
- Rational nutrition. Theory and practice. 2022. Comp. by Yu. V. Shokina. Saint Petersburg. (In Russ.)
- Savkina, K. N., Antonov, P. V., Shokina, Yu. V. 2023. Development of the formulation of flour products enriched with iodine of kelp of the White Sea. Proceedings of the VI Scientific and Technical National Conf. *Innovative development of the fishing industry in the context of ensuring food security of the Russian Federation*, Vladivostok, 22 December, 2022. Vladivostok, pp. 302–308. EDN: IJYXYP. (In Russ.)
- Savkina, K. N., Novozhilova, E. A., Simutina, N. N., Shokina, Yu. V. 2024a. Substantiation of technology and development of products enriched with iodine of White Sea kelp. Proceedings of the VII Scientific and Technical National Conf. *Innovative development of the fishing industry in the context of ensuring food security of the Russian Federation*, Vladivostok, 22 December, 2023. Vladivostok, pp. 126–133. DOI: [10.48612/dalrybvtuz/NNTK2023-11](https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/NNTK2023-11). EDN: NOBLEO. (In Russ.)
- Savkina, K. N., Shokina, Yu. V. 2024b. Development of technology for the production of iodine-enriched flour products. Proceedings of the V Scientific and Technical National Conf. *Innovative areas of integration of science, education and production*, Feodosiya, 19–22 May, 2024. Kerch, pp. 283–288. EDN: GICJYH. (In Russ.)
- Shokina, Yu. V., Savkina, K. N., Simutina, N. N., Vasilevich, V. V. 2023. Laminaria produced by the Arkhangelsk Algae Combine in iodine-enriched food technologies: Development experience and prospects for commercialization. *Fisheries*, 1, pp. 102–108. DOI: <https://doi.org/10.37663/0131-6184-2023-1-102-108>. EDN: JKJXRU. (In Russ.)
- Délérís P., Nazih H., Bard J.-M. 2016. Seaweeds in Human Health. In *Seaweed in health and disease prevention*. Monograph. Eds.: J. Fleurence, I. Levine. Academic Press, pp. 319–367. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802772-1.00010-5>. (Chapter 10).

- Freitas, A. C., Pereira, L., Rodrigues, D., Carvalho, A. P. et al. 2015. Marine functional foods. Springer Handbook of Marine Biotechnology. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 969–994. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-53971-8_42.
- Nova, P., Martins, A. P., Teixeira, C., Abreu, H. et al. 20206. Foods with microalgae and seaweeds fostering consumers health: A review on scientific and market innovations. *Journal of Applied Phycology*, 32, pp. 1789–1802. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02129-w>.
- Nova, P., Pimenta-Martins, A., Laranjeira Silva, J., Silva, A. M. et al. 2020a. Health benefits and bioavailability of marine resources components that contribute to health – *what's new?* *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(21), pp. 680–3692. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1704681>.
- Vatandoust, A., Krishnaswamy, K., Li, Y. O., Diosady, L. 2023. Triple fortification of salt with iron, iodine and zinc oxide using extrusion. *Journal of Food Engineering*, 339. Article number: 111258. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111258>.
- Wang, H.-M. D., Li, X.-C., Lee, D.-J., Chang, J.-S. 2017. Potential biomedical applications of marine algae. *Bioresource Technology*, 244, Part 2, pp. 1407–1415. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.198>.
- Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A. et al. 2017. Algae as nutritional and functional food sources: Revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29, pp. 949–982. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>.

Сведения об авторах

Савкина Ксения Николаевна – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010;
Мурманский арктический университет, аспирант, мл. науч. сотрудник;
e-mail: savkinakn2@mauniver.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4723-2522>

Kseniya N. Savkina – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010;
Murmansk Arctic University, PhD Student, Junior Researcher;
e-mail: savkinakn2@mauniver.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4723-2522>

Щегинский Всеволод Владимирович – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010;
Мурманский арктический университет, аспирант;
e-mail: seva-7149@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3286-6760>

Vsevolod V. Shchetinsky – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010;
Murmansk Arctic University, Researcher;
e-mail: seva-7149@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3286-6760>

Тихонова Полина Алексеевна – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010;
Мурманский арктический университет, аспирант;
e-mail: norsun90@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0521-0212>

Pavlina A. Tihonova – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010;
Murmansk Arctic University, PhD Student;
e-mail: norsun90@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0521-0212>

Шокина Юлия Валерьевна – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010;
Мурманский арктический университет, д-р техн. наук, профессор;
e-mail: shokinayu@mauniver.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6513-1912>

Yulia V. Shokina – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010;
Murmansk Arctic University, Dr Sci. (Engineering), Professor;
e-mail: shokinayu@mauniver.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6513-1912>