

УДК 664.953

Разработка рецептуры и технологии нового рыбного кулинарного изделия "Кремчиз фиш из зубатки синей", обогащенного йодом ламинарии беломорской

Е. А. Новожилова, Ю. В. Шокина*, Е. И. Решетник, Л. М. Захарова,
А. П. Пакузина, Л. Л. Пашина, П. Н. Школьников, П. А. Тихонова

*Мурманский арктический университет, г. Мурманск, Россия;

e-mail: shokinayuv@mstu.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6513-1912>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
26.09.2023;

получена
после доработки
13.11.2023;

принята
к публикации
03.05.2024

Ключевые слова:
зубатка синяя, рыбное
кулинарное изделие,
обогащенный продукт,
йод, ламинария,
рецептура, технология

Для цитирования

Расширение ассортимента продукции на основе рационального использования имеющихся рыбных ресурсов является актуальным направлением развития пищевой промышленности РФ. В качестве сырья для разработки рыбного кулинарного пастообразного изделия выбрана зубатка синяя – малоиспользуемый объект промысла Северного бассейна. Мясо зубатки синей значительно оводнено (до 93 % общей массы), вследствие чего технологии глубокой переработки рыбы на пищевые цели в настоящее время отсутствуют. В ходе исследований предложена технология нового рыбного кулинарного изделия "Кремчиз фиш из зубатки синей, обогащенный йодом ламинарии беломорской" в ассортименте и разработаны рецептуры, оптимизированные в программе MatLab; рассмотрены аминокислотный состав мяса зубатки синей, а также показатели пищевой ценности новых изделий. Энергетическая ценность 100 г изделия варьируется от 120 до 150 ккал, массовая доля белка составляет 8,5–11 %; жира – 9–13 %; углеводов – 2–2,5 %. Экспериментально установлено содержание йода в единице потребительской упаковки изделия "Кремчиз фиш из зубатки синей с маринованной морской капустой", равное 340 мкг на 100 г; порция данного продукта массой 44 г содержит 100 % рекомендованной суточной нормы потребления микроэлемента (150 мкг). Разработанное изделие "Кремчиз фиш из зубатки синей с маринованной морской капустой" можно классифицировать как "обогащенное йодом" при указании на потребительской упаковке величины его суточного потребления (25 г).

Новожилова Е. А. и др. Разработка рецептуры и технологии нового рыбного кулинарного изделия "Кремчиз фиш из зубатки синей", обогащенный йодом ламинарии беломорской. Вестник МГТУ. 2024. Т. 27, № 2. С. 229–241. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-2-229-241>.

Development of the formulation and technology of a new fish culinary product "Cream cheese fish from blue catfish" enriched with iodine of kelp of the White Sea

Elena A. Novozhilova, Yuliya V. Shokina*, Ekaterina I. Reshetnik, Lyudmila M. Zakharova,
Antonina P. Pakusina, Lyubov L. Pashina, Pavel N. Shkolnikov, P. A. Tikhonova

*Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia;

e-mail: shokinayuv@mstu.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6513-1912>

Article info

Received
26.09.2023;

received
in revised
13.11.2023;

accepted
03.05.2024

Key words:
blue catfish,
fish culinary product,
enriched product,
iodine, kelp, formulation,
technology

For citation

Abstract

Expanding the range of products based on the rational use of available fish resources is a current direction for the development of the food industry of the Russian Federation. Blue catfish, a little-used fishery item in the Northern Basin, was chosen as a raw material for the development of a fish culinary paste product. Blue catfish meat is significantly watered (up to 93 % of the total mass), as a result there are currently no technologies for deep processing of fish for food purposes. During the research, the technology of a new fish culinary product "Fish cream cheese from blue catfish, enriched with iodine from White Sea kelp" has been proposed in an assortment, and recipes have been developed, optimized in the MatLab program. The amino acid composition of blue catfish meat as well as indicators of the nutritional value of new products have been considered. The energy value of 100 g of product varies from 120 to 150 kcal, the mass fraction of protein is 8.5–11 %; fat – 9–13 %; carbohydrates – 2–2.5 %. The iodine content in a unit of consumer packaging of the product "Cream cheese fish from blue catfish with pickled seaweed" was experimentally established to be 340 mcg per 100 g; a 44 g serving of this product contains 100 % of the recommended daily intake of the micronutrient (150 mcg). The developed product "Cream cheese fish from blue catfish with pickled seaweed" can be classified as "enriched with iodine" when the amount of its daily consumption (25 g) is indicated on the consumer packaging.

Novozhilova, E. A. et al. 2024. Development of the formulation and technology of a new fish culinary product "Cream cheese fish from blue catfish" enriched with iodine of kelp of the White Sea. *Vestnik of MSTU*, 27(2), pp. 229–241. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-2-229-241>.

Введение

Расширение ассортимента продукции, характеризующейся высоким качеством и привлекательными органолептическими свойствами, на основе рационального использования имеющихся рыбных ресурсов является актуальным направлением развития пищевой промышленности и рыбоперерабатывающего комплекса Северного бассейна и Мурманской области. Перспективы развития этого направления связаны с поиском дополнительных источников пищевых рыбных ресурсов и анализом использования новых или недостаточно освоенных объектов промысла.

Зубатка синяя *Anarhichas denticulatus* обитает по всей акватории Баренцева моря, ее вылов не лимитируется величиной общего допустимого улова, промысловые запасы позволяют организовать специализированный промысел. По статистике Федерального агентства по рыболовству в 2021 г. вылов зубатки синей составил 11,88 тыс. т, а в 2022 г. – 11,31 тыс. т (Амелькина и др., 2022). Мясо этой рыбы характеризуется пониженной пищевой ценностью и высокой оводненностью – массовая доля воды в мышечной ткани может достигать $(93 \pm 3)^\circ\text{C}$. Кроме того, она отличается от других видов зубаток мягкой желеобразной мускулатурой.

В розничной торговле зубатка синяя представлена главным образом в виде продукции с низкой добавленной стоимостью – потрошеной рыбы обезглавленной и стейков в замороженном или охлажденном виде. В связи с этим представляется целесообразным создание технологии комбинированных продуктов на основе глубокой переработки данной рыбы, что позволит сбалансировать химический состав продуктов ценными пищевыми веществами и обогатить его функциональными пищевыми ингредиентами.

Ученые-диетологи отмечают, что лучшим способом увеличения потребления питательных веществ с минимальными побочными эффектами является обогащение продуктов питания с помощью природных ресурсов (Gahruie et al., 2015).

Одним из перспективных ингредиентов для обогащения являются биологически активные добавки на основе бурых и зеленых водорослей. За рубежом в настоящее время широко используются добавки "Глюкослим" и "Спирулина Полен" (Финляндия), UltravitSchlanг (Нидерланды), UltraSlim (США), направленные на регуляцию веса (за счет стимуляции работы желудочно-кишечного тракта) и улучшение работы почек. В России у производителей продуктов питания растет популярность пищевой сушеной ламинарии в виде порошка (размер частиц составляет менее 200 мкм), выпускаемого Архангельским водорослевым комбинатом; сушеная ламинария рассматривается прежде всего как источник йода. В настоящее время эта добавка используется при изготовлении обогащенных йодом кондитерских изделий (шоколада, мармелада, джемов), хлебобулочных и мучных изделий.

Как известно, одним из способов обработки, направленных на снижение оводненности рыбного сырья, является варка. Термически обработанное мясо рыбы, вследствие денатурации белков и частичной утраты ими вододерживающей способности, теряет воду и в дальнейшем может быть использовано для изготовления широкого ассортимента продуктов питания, в том числе полностью готовых к употреблению – рыбных кулинарных изделий.

В настоящее время на рынке рыбных продуктов питания представлены пасты и паштеты, так называемые "намазки", которые характеризуются широким разнообразием вкусов, ингредиентным составом, технологическими приемами производства, используемыми при их изготовлении. Технология этих изделий позволяет использовать рыбное сырье нетрадиционное, с пониженной пищевой ценностью или с незначительными отклонениями от требований по разделке, что не влияет на безопасность, а также применять пищевые отходы животного и растительного происхождения. Кроме того, появляется возможность использовать ингредиенты, обладающие функциональными свойствами, для улучшения органолептических и реологических характеристик и повышения пищевой ценности (Клочкова и др., 2021).

Выбор физиологического ингредиента для повышения биологической ценности новых рыбных кулинарных изделий целесообразно связать с анализом заболеваемости населения в стране в целом и в отдельных регионах с вредными природно-климатическим факторами, например, в Арктической зоне Российской Федерации. Более 70 % густонаселенных территорий Российской Федерации имеют недостаток йода в воде, почве и продуктах питания местного происхождения, а уровень потребления йода в три раза ниже рекомендуемых норм. В результате в различных регионах РФ такое крайне тяжелое осложнение йодного дефицита, как эндемический кретинизм, составляет от 1 до 3 %. В течение многих лет наблюдается распространение тиреоидной патологии, вызванной дефицитом йода, а большое количество операций на щитовидной железе приводит к инвалидизации части трудоспособного населения страны и снижению продолжительности и качества жизни (Савкина и др., 2017; Павлова и др. 2021).

С учетом вышеизложенного, актуальной целью исследования является разработка рецептуры и технологии рыбных кулинарных изделий с высокой биологической ценностью, обогащенных йодом, на основе мяса зубатки синей – малоиспользуемого объекта промысла Северного бассейна.

Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи: 1) изучить технoхимический состав зубатки синей – малоиспользуемого объекта промысла Северного бассейна и биологическую ценность белка мяса рыбы; 2) предложить технологическую схему изготовления нового рыбного кулинарного изделия,

обогащенного йодом; 3) выполнить автоматизированное проектирование рецептуры нового изделия, оптимизированной по критерию достижения максимальной органолептической оценки изделия с использованием современного математического метода нечетких множеств; 4) экспериментально оценить содержание йода в новом рыбном кулинарном изделии "Кремчиз фиш из зубатки синей, обогащенный йодом ламинарии беломорской".

Материалы и методы

Объектом исследования являлись коммерческие образцы сырья: стейки зубатки синей мороженой и зубатка синяя потрошенная обезглавленная мороженой (ГОСТ Р 51493-99) и охлажденная (ГОСТ 814-2019); коммерческие образцы ламинарии сушеной шинкованной и дробленой производства Архангельского водорослевого комбината; опытные образцы рыбного кулинарного изделия "Кремчиз фиш из зубатки синей с маринованной ламинарией, обогащенный йодом". Приемка и отбор проб осуществлялись по правилам, указанным в ГОСТ 31339-2006.

Определение массовой доли воды, золы, жира в рыбном сырье (мясе зубатки синей) проводили по ГОСТ 7636-85. Определение массовой доли общего азота (ОА) и небелкового азота (НБА) в мясе зубатки синей выполняли методом Кьельдаля; перед минерализацией в пробе на НБА проводили осаждение белков 20%-й трихлоруксусной кислотой с последующей фильтрацией. Определение массовой доли йода в готовом кулинарном изделии осуществляли методом капиллярного электрофореза на приборе "Капель" в соответствии с МУ 31-07/04 (ФР 1.31.2004.01166) в испытательной лаборатории "ИЛ Тест-Пушино" (Московская область, г. Пушкино). Исследование аминокислотного состава мяса зубатки синей проводили методом капиллярного электрофореза на приборе "Капель" в соответствии с СОП.М.ХР.026.4¹ в испытательной лаборатории "ИЛ Тест-Пушино".

Органолептическую оценку образцов кулинарных изделий проводили по ГОСТ 7631-2008 расширенным составом опытных дегустаторов с применением разработанной пятибалльной шкалы.

Оптимизацию рецептурного состава продукта по критерию достижения максимальной органолептической оценки выполняли в программной среде MatLab с помощью метода нечеткой логики (Fuzzy Logic Toolbox).

Результаты и обсуждение

Синяя зубатка *Anarhichas denticulatus* – морская бентопелагическая рыба семейства зубатковых (*Anarhichadidae*) отряда скорпенообразных (рис. 1).

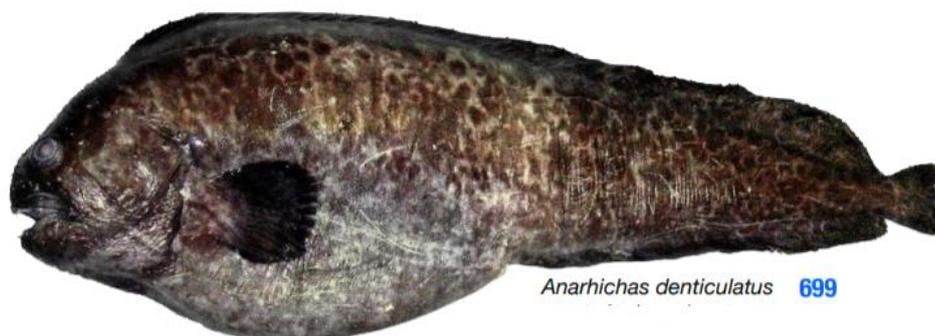


Рис. 1. Зубатка синяя *Anarhichas denticulatus*²
Fig. 1. Blue catfish *Anarhichas denticulatus*

Зубатка широко распространена в северной части Атлантического океана, Баренцевом и Белом морях, а также в северной части Тихого океана. Обитает зубатка как в толще воды, так и на грунте на глубинах до 1 700 м, обычна на глубинах от 100 до 900 м.

Исследования теххимического состава зубатки синей *Anarhichas denticulatus* проведены специалистами лабораторной базы кафедры технологий пищевых производств Мурманского арктического университета. В табл. 1 представлены результаты экспериментального определения общего химического состава мяса зубатки синей, выловленной в Баренцевом море. Выход обезглавленной потрошеной рыбы составляет в среднем около 68 %.

¹ Стандартные операционные процедуры (СОП) – документы, содержащие поэтапные инструкции, которым должен неукоснительно следовать персонал лаборатории при выполнении той или иной процедуры.

² Источник изображения: Nozères C. Poissons marins du Saint-Laurent : un photoguide. Estuaire et nord du golfe / Marine fishes of the St. Lawrence: a photoguide. Estuary and Northern Gulf. Version 2017-03-05. 167 p + vi.

Таблица 1. Химический состав зубатки синей
Table 1. Chemical composition of blue catfish

Содержание в 100 г мяса рыбы, г						
Вода	ОА	НБА	СП (ОА·6,25)	ИП (белок) [(ОА – НБА)·6,25]	Жир	Зола
90,10 ± 0,50	1,09 ± 0,03	0,050 ± 0,008	6,73 ± 0,10	6,47 ± 0,11	2,00 ± 0,09	1,10 ± 0,15

Примечание. ОА – массовая доля общего азота; СП – сырой протеин; НБА – массовая доля небелкового азота; ИП – истинный протеин (массовая доля белка).

Как показали проведенные исследования, белок зубатки синей имеет богатый аминокислотный состав (рис. 2), что позволяет рассматривать мясо зубатки синей после снижения оводненности как основное сырье для изготовления комбинированных рыбных кулинарных изделий.

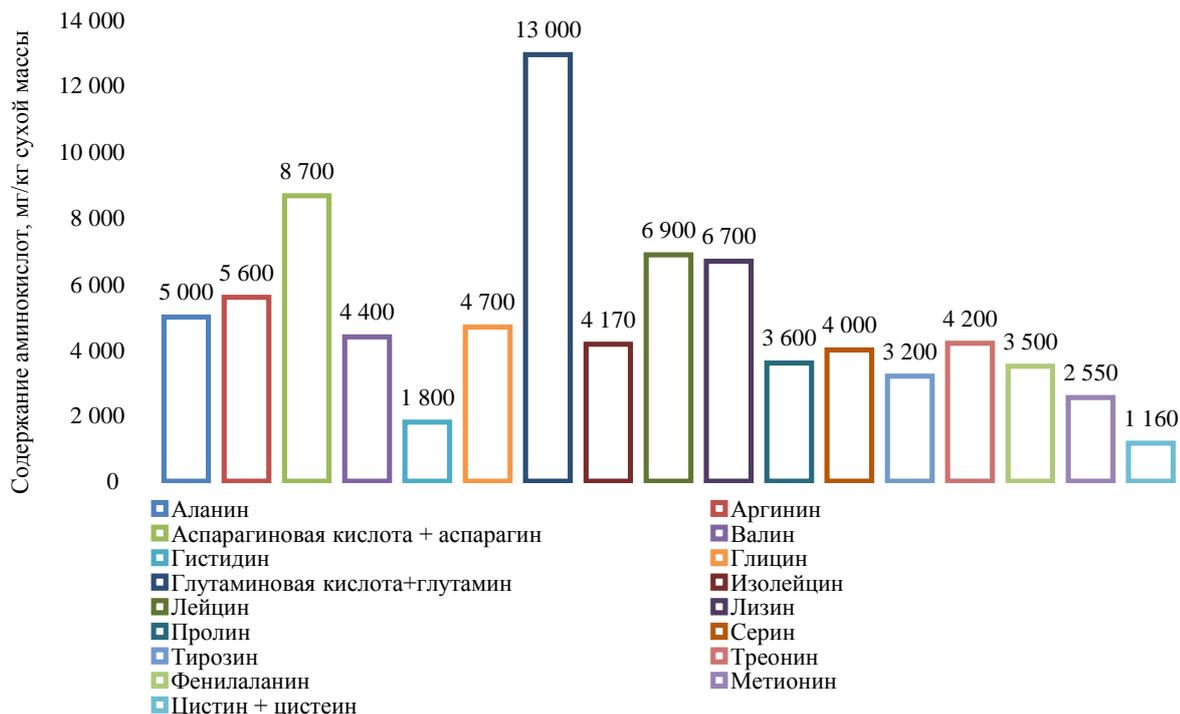


Рис. 2. Аминокислотный состав зубатки синей
Fig. 2. Amino acid composition of blue catfish

Ламинария всех видов обработки является богатейшим источником йода (100 г сушеной ламинарии содержит до 300 мг йода) и используется в качестве физиологического пищевого ингредиента, обогащающего продукты питания органическим биодоступным йодом (Савкина и др., 2017).

Новое рыбное кулинарное изделие "Кремчиз фиш из зубатки синей, обогащенный йодом ламинарии беломорской" разрабатывали в ассортименте из трех наименований:

- "Кремчиз фиш с зубаткой синей и овощами, обогащенный йодом ламинарии беломорской";
- "Кремчиз фиш с зубаткой синей и морской капустой, обогащенный йодом ламинарии беломорской";
- "Кремчиз фиш с зубаткой синей, клюквой и мятой, обогащенный йодом ламинарии беломорской".

Выбор и обоснование технологии изготовления и рецептур продуктов осуществляли на основе анализа научной литературы, а также по результатам предварительных экспериментов. Общая технологическая схема производства кулинарных изделий представлена на рис. 3. В соответствии с разработанной технологической схемой изделия изготавливали из зубатки синей потрошенной обезглавленной, охлажденной или мороженой.

Подготовку рыбного сырья осуществляли следующим образом: мороженую рыбу дефростировали на воздухе при температуре до 20 °С, процесс продолжали до достижения в центре рыбы температуры –1 °С или свободного отделения рыбы от блока, после чего рыбу сортировали. При использовании охлажденного сырья операцию размораживания пропускали и сразу после получения сырья из среднетемпературной холодильной камеры хранения приступали к его сортировке. Мороженую и охлажденную рыбу сортировали, отбраковывая экземпляры, не соответствующие ГОСТ 32366-2013 или ГОСТ 814-2019.

Доброкачественное сырье поступало на разделку. Зубатку разделяли на филе без кожи механизированным способом или вручную и мыли в проточной воде (СанПиН 2.1.3684-21) с температурой не выше 20 °С, затем филе инспектировали и давали стечь.

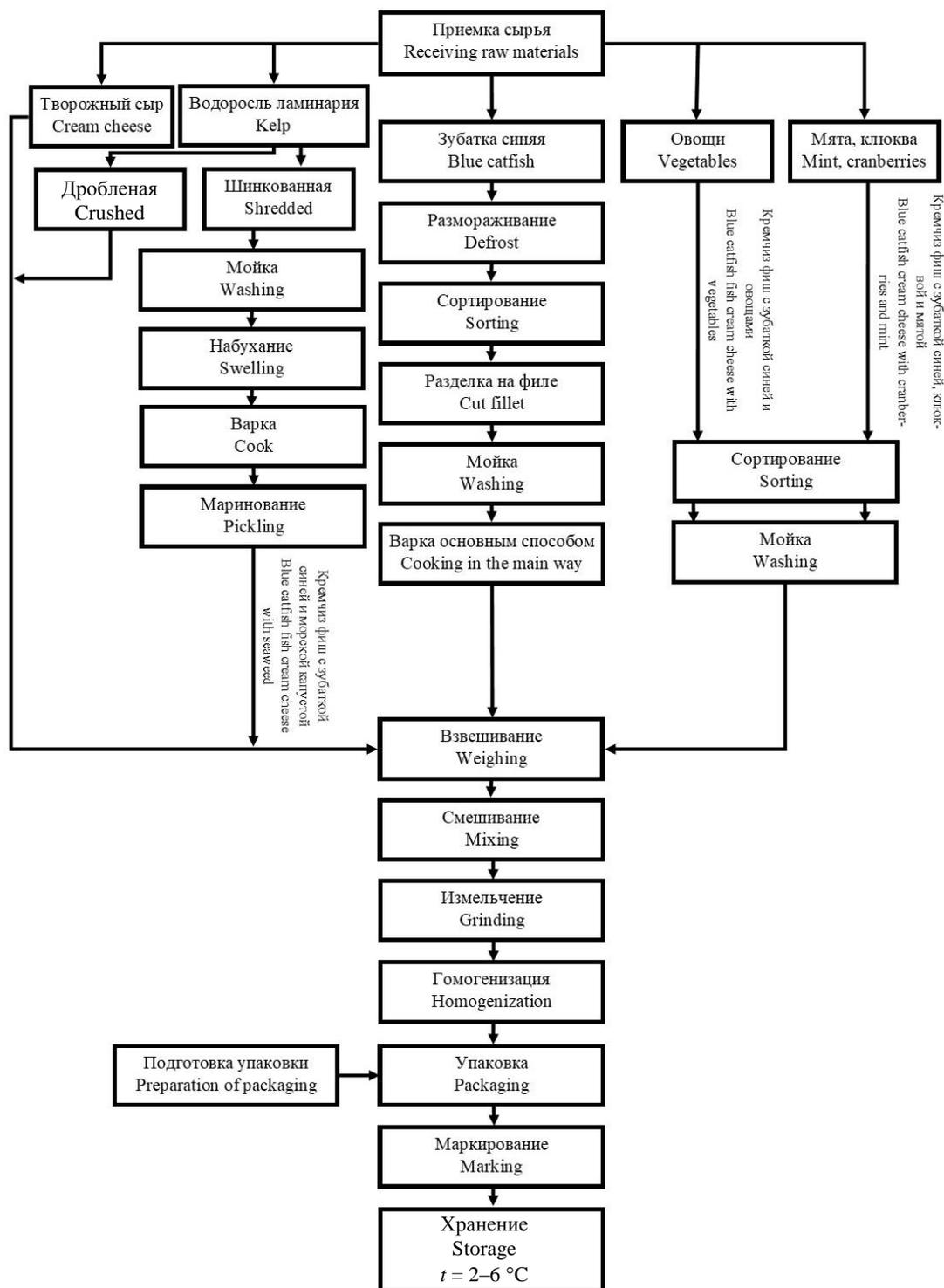


Рис. 3. Технологическая схема производства кулинарного рыбного продукта "Кремчиз фиш из зубатки синей, обогащенный йодом ламинарии беломорской"
 Fig. 3. Technological scheme of production of culinary fish product "Cream cheese fish from blue catfish enriched with iodine of kelp of the White Sea"

Следующим этапом являлась варка филе в воде при температуре $(98 \pm 2) ^\circ\text{C}$ в течение 20 мин, после чего филе охлаждали до температуры не выше 20 °С и подвергали измельчению механизированным способом.

Подготовка нерыбных компонентов пасты осуществлялась в соответствии с требованиями разработанной технической документации и технологической инструкции № 2 по подготовке пищевых материалов при производстве консервов и пресервов³.

Лук репчатый свежий (ГОСТ Р 51783), морковь столовую (ГОСТ 33540-2015), перец красный сладкий (ГОСТ Р 56768-2015), чеснок свежий (ГОСТ 7977-87), мяту свежую и укроп свежий (ГОСТ 32883-2014) сортировали, отделяли экземпляры с механическими повреждениями и признаками гнилостной порчи. Затем овощи очищали, после чего зелень и овощи мыли в проточной воде с температурой не выше 20 °С, измельчали и бланшировали острым паром.

Клюкву мороженую размораживали на воздухе при температуре 20 °С в течение 2–3 ч, затем сортировали, отбраковывая не соответствующие ГОСТ 33823-2016 экземпляры, мыли в проточной воде с температурой не выше 20 °С, измельчали.

Соль (ГОСТ Р 51574-2018, помол "Экстра") просеивали для удаления комков и механических загрязнений, после чего она поступала на обработку. Перец черный молотый (ГОСТ 29050-91) просеивали для удаления комков и механических загрязнений, после чего он поступал на обработку.

При изготовлении кулинарных изделий, обогащенных йодом, использовали ламинарию производства Архангельского водорослевого комбината в переработанном виде. Сушеную ламинарию в виде порошка с частицами размером не более 200 мкм просеивали для удаления комков и механических загрязнений. Ламинарию сушеную шинкованную промывали в емкости со сменяемой водой с температурой не выше 20 °С, для чего выдерживали в воде при соотношении водорослей и воды 1 : 5 в течение 25 мин, периодически перемешивая; этап повторяли дважды, после чего ламинарию перекладывали в емкость и заливали водой с температурой не выше 15 °С для набухания. Соотношение ламинарии и воды на этапе набухания составляло 1 : 8, длительность процесса – 10–12 ч (при периодическом перемешивании). Затем водоросли перекладывали в варочный котел и варили 1 ч в воде при температуре (98 ± 1) °С. После варки ламинарию охлаждали в проточной воде с температурой не выше 20 °С для охлаждения. Затем ламинарию мариновали в заранее подготовленном маринаде (соотношение маринада и водорослей – 1,5 : 1) в течение 4 ч (при периодическом перемешивании). После маринования ламинарию измельчали механизированным способом.

Подготовленные в соответствии с разработанными технологиями и рецептурами ингредиенты кулинарного изделия – отварное измельченное мясо зубатки синей, творожный сыр, овощи, соль, консервант (смесь сорбата калия и бензоата натрия) – взвешивали и соединяли, тщательно перемешивая.

Для изготовления рыбного кулинарного изделия "Кремчиз с зубаткой синей и овощами" использовали измельченное отварное мясо зубатки синей, творожный сыр, измельченные овощи и зелень (перец красный сладкий, морковь, лук, чеснок, хрен, укроп, а также соль, перец черный молотый), ламинарию сушеную в виде порошка, консервант. Для изготовления рыбного кулинарного изделия "Кремчиз фиш с зубаткой синей и маринованной морской капустой, обогащенный йодом ламинарии беломорской" использовали измельченное отварное мясо зубатки синей, творожный сыр, хрен, чеснок, укроп, соль, маринованную морскую капусту, консервант. Для изготовления рыбного кулинарного изделия "Кремчиз фиш с зубаткой синей, клюквой и мятой" использовали измельченное отварное мясо зубатки синей; творожный сыр; измельченные клюкву, мяту свежую, розмарин сушеный; соль; перец черный молотый; консервант.

После соединения и перемешивания ингредиентов смесь гомогенизировали механизированным способом.

Готовые изделия расфасовывали в полимерную потребительскую упаковку массой нетто 150 г, упаковку маркировали, упаковывали в транспортную упаковку в соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011. Упакованную продукцию хранили при температуре (4 ± 2) °С до момента реализации не более 2 месяцев.

Разработка новых видов продуктов требует автоматизированного проектирования рецептур с возможностью их оптимизации по выбранным критериям. Нестабильные качественные показатели сырья и взаимодействие компонентов смеси между собой затрудняют построение полной математической модели. В связи с этим моделирование рецептур пищевых продуктов осуществляли посредством аппарата нечеткой логики. Данный метод позволяет проводить анализ в условиях субъективной оценки эмпирических данных и отсутствия явной числовой формы результата. В программной среде MatLab для оптимизации рецептур новых продуктов используется пакет Fuzzy Logic. Пакет этой программы имеет возможность интерпретировать дву- и трехмерные массивы данных и визуализировать их (Дворецкий и др., 2005).

Автоматизированное проектирование и оптимизация рецептурного состава нового пищевого продукта в программной среде MatLab начинается с определения параметра (выходная переменная) и критериев оптимизации, а также с установления влияющих факторов (входные переменные). Параметром оптимизации для всех разработанных рыбных кулинарных изделий выбран суммарный балл органолептической оценки изделий по разработанной пятибалльной словесной шкале, характеризующий их потребительские свойства. В качестве влияющих факторов для каждой опытной рецептуры были определены два компонента, влияющие

³ Сборник технологических инструкций по производству консервов и пресервов из рыбы и нерыбных объектов промысла : в 3 т. СПб., 2012. 60 с. Т. 1. С. 54–99.

на органолептическую оценку в наибольшей степени. Остальные влияющие на параметр оптимизации технологические факторы в ходе эксперимента поддерживали на постоянном уровне для исключения их влияния на результат.

На основе предварительных экспериментов осуществляли выбор влияющих на параметр оптимизации технологических факторов:

– для рецептуры изделия "Кремчиз фиш из зубатки синей с овощами, обогащенный йодом ламинарии беломорской" – массовые доли измельченного отварного мяса зубатки синей и чеснока, % от массы нетто полуфабриката до смешивания ингредиентов рыбной пасты;

– для рецептуры изделия "Кремчиз фиш из зубатки синей с маринованной морской капустой, обогащенный йодом ламинарии беломорской" – массовые доли измельченного отварного мяса зубатки синей и маринованной ламинарии, % от массы нетто до смешивания ингредиентов рыбной пасты;

– для рецептуры изделия "Кремчиз фиш из зубатки синей с клюквой и мятой, обогащенный йодом ламинарии беломорской" – массовые доли клюквы и мяты, % от массы нетто до смешивания ингредиентов рыбной пасты.

Следует отметить, что количество йода, вносимого в составе обработанной ламинарии в изделие, поддерживали во всех опытах по каждому из изделий на постоянном уровне. При определении этого количества учитывали два ограничивающих параметра. Первый параметр – это содержание йода в ламинарии, использованной для обогащения йодом конкретного изделия. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 52349-2005 (с изменениями от 01.03.2011 г.) содержание функционального пищевого ингредиента в обогащенном продукте должно составлять не менее 15 и не более 50 % от рекомендованной физиологической нормы потребления (150 мкг). Второй ограничивающий параметр – отсутствие выраженного негативного влияния на органолептические свойства готового изделия. Количество добавляемой в изделие сушеной ламинарии определено расчетным путем на основе экспериментальных данных о содержании йода в коммерческих образцах ламинарии производства Архангельского водорослевого комбината.

По результатам предварительных экспериментов были установлены области, ограничивающие факторные пространства, а также определены лингвистические термы, характеризующие входные переменные. В табл. 2 приведена характеристика плана эксперимента по автоматизированному проектированию и оптимизации рецептуры изделия "Кремчиз фиш из зубатки синей с овощами, обогащенный йодом ламинарии беломорской".

Таблица 2. План эксперимента по автоматизированному проектированию и оптимизации рецептуры рыбного кулинарного изделия "Кремчиз фиш из зубатки синей с овощами, обогащенный йодом ламинарии беломорской"

Table 2. Experiment plan for automated design and optimization of the recipe of a fish culinary product "Cream cheese fish from blue catfish with vegetables enriched with iodine of kelp of the White Sea"

Ингредиент	Диапазон значений	Лингвистические термы	Диапазон значений для терма
Входные переменные (влияющие факторы)			
X_1 – мясо зубатки синей отварное измельченное, % от массы нетто полуфабриката до смешивания ингредиентов рыбной пасты	47,7–74,3	Мало	47,7–56,6
		Среднее значение	56,7–65,4
		Много	65,5–74,3
X_2 – чеснок измельченный, % от массы нетто полуфабриката до смешивания ингредиентов рыбной пасты	0,6–1,3	Мало	0,60–0,83
		Среднее значение	0,84–1,06
		Много	1,07–1,30
Параметр оптимизации (выходная переменная)			
X_3 – суммарный балл органолептической оценки готового изделия, балл	4,3–5,0	Удовлетворительно	4,30–4,47
		Нормально	4,48–4,65
		Хорошо	4,66–4,82
		Отлично	4,83–5,00

Исходя из диапазонов варьирования, было составлено семь опытных рецептов изготовления экспериментальных образцов кулинарного изделия "Кремчиз фиш с зубаткой синей и овощами, обогащенный йодом" (табл. 3), которые соответствуют различным сочетаниями значений выбранных влияющих факторов в пределах обоснованного диапазона, ограничивающего факторное пространство.

В ходе эксперимента были изготовлены семь опытных образцов изделия по разработанным вариантам рецептов. На заседаниях дегустационного совета Мурманского арктического университета на кафедре технологий пищевых производств проведена органолептическая оценка образцов, по результатам которой сформулированы семь правил (база данных) для дальнейшего моделирования. База данных (правила) для

изделия "Кремчиз фиш из зубатки синей с овощами, обогащенный йодом ламинарии беломорской" представлена на рис. 4.

Таблица 3. Матрица эксперимента рыбного кулинарного продукта
 "Кремчиз фиш с зубаткой синей и овощами, обогащенный йодом ламинарии беломорской"
 Table 3. Matrix of fish culinary product experiment
 "Cream cheese fish with blue catfish and vegetables enriched with iodine of kelp of the White Sea"

Вариант опытной рецептуры	Значения входных переменных	
	X_1 – мясо зубатки синей отварное измельченное, % от массы нетто полуфабриката до смешивания ингредиентов рыбной пасты	X_2 – чеснок измельченный, % от массы нетто полуфабриката до смешивания ингредиентов рыбной пасты
1	47,7	1,0
2	74,3	1,0
3	61,0	0,6
4	61,0	1,3
5	61,0	1,0
6	47,7	1,3
7	74,3	0,6

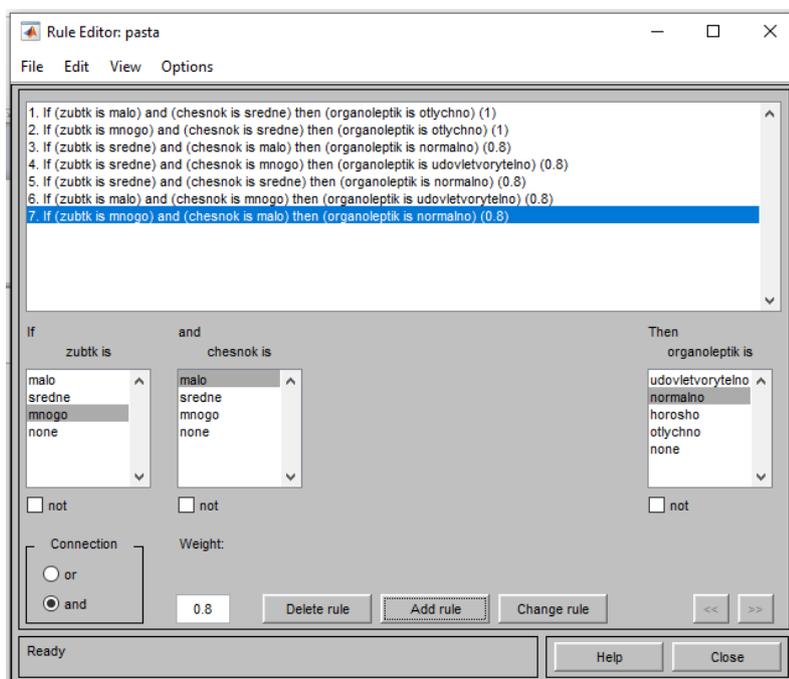


Рис. 4. База данных (правила). (Источник: скриншот пользовательского экрана программы Fuzzy Logic Toolbox пакета MatLab. База составлена авторами.)
 Fig. 4. Database (rules). (Source: Screenshot of user screen Fuzzy Logic Toolbox programs of the MatLab package. The database is compiled by the authors.)

С помощью набора инструментов нечеткой логики Fuzzy Logic Toolbox программы MatLab и сформулированных правил была смоделирована в автоматическом режиме оптимальная рецептура изделия с наивысшей органолептической оценкой. На рис. 5–6 представлена визуализация нечеткого логического вывода и соответствующая ей поверхность отклика при автоматизированном проектировании оптимальной рецептуры рыбного кулинарного изделия.

Аналогичная процедура автоматизированного проектирования и оптимизации рецептуры была выполнена еще для двух рыбных кулинарных изделий. Результаты приведены ниже.

Для рыбного кулинарного изделия "Кремчиз фиш с зубаткой синей и овощами, обогащенный йодом ламинарии беломорской" оптимальными определены массовые доли мяса зубатки синей отварного измельченного и чеснока, равные 61 и 0,95 % от массы нетто полуфабриката до смешивания ингредиентов рыбной пасты соответственно.

Для изделия "Кремчиз фиш с зубаткой синей и маринованной морской капустой, обогащенный йодом ламинарии беломорской" установлены оптимальные количества ключевых компонентов рецептуры: массовая

доля маринованной ламинарии 8,6 %; массовая доля мяса зубатки синей отварного измельченного 42,6 % (% от массы нетто полуфабриката до смешивания ингредиентов рыбной пасты).

Оптимальные количества ключевых компонентов рецептуры изделия "Кремчиз фиш с зубаткой синей, клюквой и мятой, обогащенный йодом ламинарии беломорской" составили: 4,5 % – массовая доля клюквы измельченной; 1,0 % – массовая доля мяты измельченной (% от массы нетто полуфабриката до смешивания ингредиентов рыбной пасты).

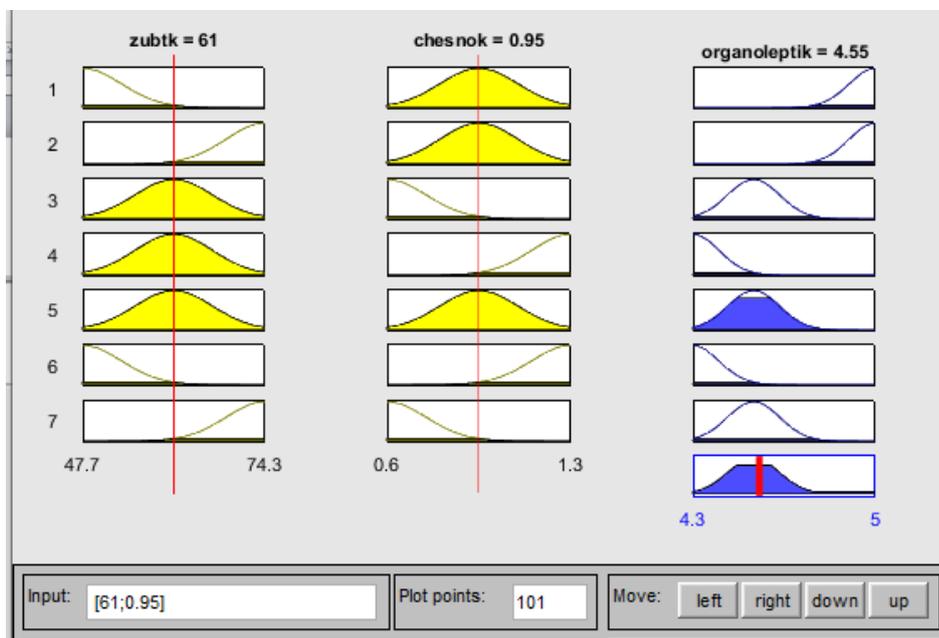


Рис. 5. Визуализация нечеткого логического вывода.

(Источник: скриншот пользовательского экрана программы

Fuzzy Logic Toolbox пакета MatLab. Визуализация составлена авторами.)

Fig. 5. Visualization of the fuzzy logical conclusion. (Source: screenshot of the program's user screen Fuzzy Logic Toolbox of MatLab package. Visualization is compiled by the authors.)

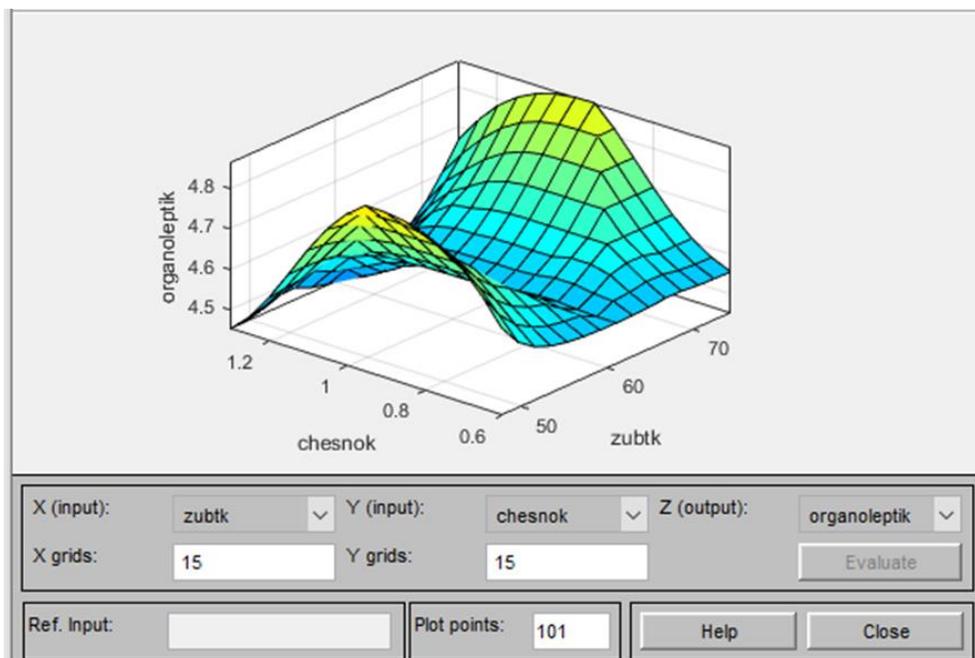


Рис. 6. Поверхность отклика. (Источник: скриншот пользовательского экрана программы

Fuzzy Logic Toolbox пакета MatLab. Поверхность отклика составлена авторами.)

Fig. 6. Response surface. (Source: screenshot of the program's user screen Fuzzy Logic Toolbox of MatLab package. Response surface compiled by the authors.)

Полученные результаты оптимизации рецептурного состава новых рыбных кулинарных изделий, обогащенных йодом, учтены в разработанной технической документации ТУ и ТИ. Новизна технического решения по разработке рецептур и технологии рыбных кулинарных изделий "Кремчиз фиш, обогащенный йодом ламинарии беломорской" в ассортименте подтверждена полученным патентом РФ на изобретение (патент РФ № 2804028) (*Способ получения...*, 2023).

На следующем этапе исследований экспериментально установлен общий химический состав новых изделий, а также содержание в них йода, рассчитана энергетическая ценность продуктов (табл. 4).

Таблица 4. Химический состав и энергетическая ценность новых рыбных кулинарных изделий
Table 4. Chemical composition and energy value of new fish culinary products

Продукт	Содержание в 100 г изделия, г						
	Вода	Белок	Жир	Углеводы	Зола (в том числе соль)	Энергетическая ценность, ккал	Йод, мкг
"Кремчиз фиш с зубаткой и овощами, обогащенный йодом ламинарии беломорской"	76,2	11,0	9,0	1,9	1,9	125,0	340 ± 30
"Кремчиз фиш с зубаткой синей и маринованной морской капустой, обогащенный йодом ламинарии беломорской"	73,5	9,0	13,0	2,5	2,0	154,0	
"Кремчиз фиш с зубаткой синей, клюквой и мятой, обогащенный йодом ламинарии беломорской"	74,2	8,5	13,0	2,5	1,8	152,0	

Примечание. Массовая доля углеводов определена расчетным методом как разность: 100 – вода – белок – жир – зола, %; энергетическая ценность продукта (100 г) рассчитана с учетом коэффициентов усвояемости белка (0,92), углеводов (0,98) и жира (0,95).

Заключение

Технология рыбных кулинарных изделий, обогащенных йодом ламинарии беломорской, разработана на основе малоиспользуемого с пониженной пищевой ценностью объекта промысла Северного бассейна – зубатки синей *Anarhichas denticulatus*.

В результате проведенного исследования экспериментально обоснован способ снижения массовой доли воды в мясе зубатки синей с использованием предварительной термической обработки зубатки посредством варки в воде при соотношении рыбы и воды, составляющем не менее 1:2, температуре варки (98 ± 2) °С, длительности термической обработки 20 мин.

В качестве функционального ингредиента для обогащения рыбного кулинарного изделия йодом предложено использовать ламинарию *Saccharina latissima* (L.) в сушеном виде (массовая доля влаги не более 4,5 %, содержание йода 1 400 мг) производства Архангельского водорослевого комбината, добытую в Белом море (побережье Архангельской области).

В ходе экспериментов разработаны и оптимизированы по критерию достижения максимальной органолептической оценки рецептуры рыбных кулинарных изделий "Кремчиз фиш из зубатки синей с овощами, обогащенный йодом ламинарии беломорской", "Кремчиз фиш с зубаткой синей и маринованной морской капустой, обогащенный йодом ламинарии беломорской", "Кремчиз фиш с зубаткой синей, клюквой и мятой, обогащенный йодом ламинарии беломорской".

Разработанные рыбные кулинарные изделия характеризуются отличными органолептическими свойствами, сбалансированным химическим составом: массовая доля белка в изделиях колеблется от 8,5 до 11 %, жира – от 9 до 13 %; содержание углеводов составляет около 2 %, йода в 100 г изделий – (340 ± 30) мкг. Химический состав и калорийность продуктов свидетельствуют об их высокой пищевой ценности. Содержание йода позволяет рекомендовать ежедневный прием изделий в количестве (44 ± 5) г для обеспечения 50 % от рекомендованного уровня адекватного потребления йода (не менее 75 мкг).

Благодарности

Работа выполнена в 2021–2023 гг. при поддержке Научно-образовательного центра (НОЦ) мирового уровня "Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования" в рамках НИР "Производство полифункциональных продуктов и индивидуальных рационов питания из местного сырья

на основе цифровой системы мониторинга питания организованных групп, осуществляющих трудовую деятельность в Арктической зоне" (договоры № Д-1109.2021 и № Д-1541.2023).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Амелькина А. С., Анциферов М. Ю., Бакай Ю. И., Баканев С. В. [и др.]. Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева, Белого и Карского морей и Северной Атлантики в 2022 г. / отв. ред. К. М. Соколов. Мурманск : Полярный филиал ВНИРО ("ПИНРО" им. Н. М. Книповича), 2022. 161 с.
- Дворецкий Д. С., Ермаков А. А., Пешкова Е. В. Расчет и оптимизация процессов и аппаратов химических и пищевых производств в среде MatLab / под ред. С. И. Дворецкого. Тамбов : ТГТУ, 2005. 80 с.
- Клочкова И. С., Багач В. К., Кращенко В. В. Рыбные пасто- и паштетообразные продукты повышенной пищевой и биологической ценности // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : материалы IV Национальной науч.-техн. конф. Владивосток, 18 декабря 2020 г. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2021. С. 232–237. EDN: TZWYQH.
- Павлова В. В., Новожилова Е. А., Тащиенко Е. А., Шокина Ю. В. Разработка рецептур полифункциональных продуктов на основе малоиспользуемого сырья Северного бассейна // Балтийский морской форум : материалы IX Междунар. Балтийского морского форума, 4–9 октября 2021 г. : в 6 т. Калининград : Изд-во БГАРФ, 2021. Т. 5 : Инновации в технологии продуктов здорового питания : VIII Нац. науч. конф. С. 55–63. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
- Способ получения рыбной пасты из зубатки синей : пат. 2804028 Рос. Федерация / Ю. В. Шокина Е. А. Новожилова ; № 2022126413 ; заявл. 10.10.2022 ; опубл. 26.09.2023. Бюл. № 27.
- Савкина К. Н., Свистов Р. А., Новожилова Е. А., Тащиенко Е. А. [и др.]. Обоснование инновационных пищевых технологий с использованием марикультуры – водорослей *Laminaria saccharina* // Известия высших учебных заведений. Арктический регион. 2017. № 1. С. 78–86. EDN: XYBPTF.
- Gahrue H. H., Eskandari M. H., Mesbahi G., Hanifpour M. A. Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review // *Food Science and Human Wellness*. 2015. Vol. 4, Iss. 1 P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.03.002>.

References

- Amelkina, A. S., Antsiferov, M. Yu., Bakai, Yu. I., Bakanev, S. V. et al. 2022. The state of raw biological resources of the Barents, White and Kara Seas and the North Atlantic in 2022. Ed. K. M. Sokolov. Murmansk. (In Russ.)
- Dvoretzky, D. S., Ermakov, A. A., Peshkova, E. V. 2005. Calculation and optimization of processes and devices of chemical and food production in the MatLab environment. Ed. S. I. Dvoretzky. Tambov. (In Russ.)
- Klochkova, I. S., Bagach, V. K., Kraschenko, V. V. 2021. Fish pastes and pate-like products of increased nutritional and biological value. Coll. articles of the IV National Scientific and Technical. Conf. *Innovative development of the fishing industry in the context of ensuring food security of the Russian Federation*, December 18, 2020. Vladivostok, pp. 232–237. EDN: TZWYQH. (In Russ.)
- Pavlova, V. V., Novozhilova, E. A., Tatsienko, E. A., Shokina, Yu. V. 2021. Development of formulations of multifunctional products based on little-used raw materials of the Northern basin. *Baltic Marine Forum*, 4–9 October, 2021. Kaliningrad. (In Russ.)
- Shokina, Yu. V., Novozhilova, E. A. 2022. Method for producing fish paste from blue catfish, Russian Federation, Pat. 2804028. (In Russ.)
- Savkina, K. N., Svistov, R. A., Novozhilova, E. A., Tastienko, E. A. et al. 2017. Substantiation of innovative food technologies using mariculture – algae *Laminaria saccharina*. *Izvestiya vysshykh uchebnykh zavedenii. Arkticheskii region*, 1, pp. 78–86. EDN: XYBPTF. (In Russ.)
- Gahrue, H. H., Eskandari, M. H., Mesbahi, G., Hanifpour, M. A. 2015. Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. *Food Science and Human Wellness*, 4(1), pp. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.03.002>.

Сведения об авторах

Новожилова Елена Андреевна – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010;
Мурманский арктический университет, аспирант; e-mail: hai8a45@yandex.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0239-6155>

Elena A. Novozhilova – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Arctic University,
Ph.D. Student; e-mail: hai8a45@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0239-6155>

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

Решетник Екатерина Ивановна – ул. Политехническая, 86, г. Благовещенск, Россия, 675009; Дальневосточный государственный аграрный университет, д-р техн. наук, профессор; e-mail: soia-28@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3166-9992>

Ekaterina I. Reshetnik – 86 Politekhnikeskaya Str., Blagoveshchensk, Russia, 675009; Far Eastern State Agrarian University, Dr Sci. (Engineering), Professor; e-mail: soia-28@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3166-9992>

Захарова Людмила Михайловна – ул. Политехническая, 86, г. Благовещенск, Россия, 675009; Дальневосточный государственный аграрный университет, д-р техн. наук, профессор; e-mail: zaharova_lm@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8688-051X>

Lyudmila M. Zakharova – 86 Politekhnikeskaya Str., Blagoveshchensk, Russia, 675009; Far Eastern State Agrarian University, Dr Sci. (Engineering), Professor; e-mail: zaharova_lm@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8688-051X>

Пакусина Антонина Павловна – ул. Политехническая, 86, г. Благовещенск, Россия, 675009; Дальневосточный государственный аграрный университет, д-р хим. наук, профессор; e-mail: pakusina.a@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5547-3444>

Antonina P. Pakusina – 86 Politekhnikeskaya Str., Blagoveshchensk, Russia, 675009; Far Eastern State Agrarian University, Dr Sci. (Chemistry), Professor; e-mail: pakusina.a@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5547-3444>

Пашина Любовь Леонидовна – ул. Политехническая, 86, г. Благовещенск, Россия, 675009; Дальневосточный государственный аграрный университет, д-р экон. наук, профессор; e-mail: pashinall@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7991-5793>

Lyubov L. Pashina – 86 Politekhnikeskaya Str., Blagoveshchensk, Russia, 675009; Far Eastern State Agrarian University, Dr Sci. (Economics), Professor; e-mail: pashinall@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7991-5793>

Школьников Павел Николаевич – ул. Политехническая, 86, г. Благовещенск, Россия, 675009; Дальневосточный государственный аграрный университет, д-р техн. наук, профессор; e-mail: pavel.shkolnikov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3587-3082>

Pavel N. Shkolnikov – 86 Politekhnikeskaya Str., Blagoveshchensk, Russia, 675009; Far Eastern State Agrarian University, Dr Sci. (Engineering), Professor; e-mail: pavel.shkolnikov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3587-3082>

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

Pavlina A. Tikhonova – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Arctic University, Ph.D. Student; e-mail: tikhonovapa@mstu.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0521-0212>

Нормативные документы, использованные в статье

ГОСТ Р 51493-99	Рыба разделанная и неразделанная мороженая. Технические условия. URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/8751/?ysclid=lwq25qtvcv728550635 .
ГОСТ 814-2019	Рыба охлажденная. Технические условия. URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/71669/?ysclid=lwq272n3ks21319316 .
ГОСТ 31339-2006	Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/324/?ysclid=lwq2cggkdx902566287 .
ГОСТ 7636-85	Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200022224?ysclid=lwq2e679wl965046085 .
МУ 31-07/04 (ФР 1.31.2004.01166)	Методика выполнения измерений содержания йода в пищевых продуктах, продовольственном сырье, кормах и продуктах их переработки, лекарственных препаратах, витаминах, БАДах, биологических объектах методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА. URL: https://docs.cntd.ru/document/437151301?ysclid=lwq426ggkc553547770 .
ГОСТ 7631-2008	Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей. URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/47573/ .
ГОСТ 32366-2013	Межгосударственный стандарт. Рыба мороженая. Технические условия. https://docs.cntd.ru/document/1200105891 .
ГОСТ 814-2019	Межгосударственный стандарт. Рыба охлажденная. Технические условия. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200167776 .
СанПиН 2.1.3684-21	Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. URL: https://docs.cntd.ru/document/573536177 .
ГОСТ Р 51783	Лук репчатый свежий, реализуемый в розничной торговой сети. Технические условия. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200025429?ysclid=lwq2p0kimj679499605 .
ГОСТ 33540-2015	Морковь столовая свежая для промышленной переработки. Технические условия. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200127767?ysclid=lwq2q4i0bn490103033 .
ГОСТ Р 56768-2015	Перец сладкий свежий для промышленной переработки. Технические условия. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200127473?ysclid=lwq2r9mrjz443777055 .
ГОСТ 7977-87	Чеснок свежий заготавливаемый и поставляемый. Технические условия. URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/12049/?ysclid=lwq2stazpr178366116 .
ГОСТ 32883-2014	Зеленые культуры овощные свежие для промышленной переработки. Технические условия. URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/58345/?ysclid=lwq2tunp21435091482 .
ГОСТ 33823-2016	Зеленые культуры овощные свежие для промышленной переработки. Технические условия. URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/58345/?ysclid=lwq2tunp21435091482 .
ГОСТ Р 51574-2018	Соль пищевая. Общие технические условия. URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/69252/?ysclid=lwq2w82ube191751144 .
ТР ТС 022/2011	Пищевая продукция в части ее маркировки. URL: http://www.tsouz.ru/db/techreglam/documents/trtpishevkamarkirovka.pdf .
ГОСТ Р 52349-2005	Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200039951 .
ГОСТ 29050-91	Пряности. Перец белый и черный. Технические условия. URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/10262/?ysclid=lwq2x61ej730231526 .