

Разработка технологии функционального продукта питания, обогащенного источниками йода и селена

Юлия Ю. Денисович¹ dienisovich.78@mail.ru  0000-002-3022-8810

¹ Дальневосточный государственный аграрный университет, ул. Политехническая, 86, г. Благовещенск, 675005, Россия

Аннотация. Разработана технология функционального мясорастительного полуфабриката, обогащённого природными источниками йода и селена – ламинарией (морская капуста) и бразильским орехом. В качестве модельного мясного сырья выбрано мясо цыплят-бройлеров, обладающее оптимальными органолептическими, физико-химическими и технологическими характеристиками, включая низкую жирность, сбалансированный витаминно-минеральный состав и высокую влагосвязывающую способность. В ходе экспериментальных исследований обоснован выбор растительных компонентов на основании их химического состава и физиологической значимости содержащихся микроэлементов. Разработана рецептура мясорастительного полуфабриката (котлеты «Русалочка») с вариативным содержанием ламинарии (20, 25, 30%) и бразильского ореха (2, 4, 6%). Определение оптимального соотношения ингредиентов проведено с использованием органолептической оценки, по результатам которой наивысшие баллы получили образцы с добавлением 25% ламинарии и 4% ореха. Проведён комплексный анализ готового продукта по показателям микробиологической безопасности, физико-химическим свойствам и токсикологической чистоте. Установлено, что значения всех показателей соответствуют нормативным требованиям ТР ТС 021/2011. Уровень содержания белка в полуфабрикате составил 15,2%, содержание жира – 9,3%. Определено содержание йода – 0,66 мг/кг и селена – 0,26 мг/кг, что при потреблении 100 г продукта обеспечивает до 44% суточной потребности в йоде и до 47% – в селене для взрослого населения. Разработанный полуфабрикат может быть классифицирован как функциональный продукт питания с целевым действием, способствующим частичной коррекции йодной и селеновой недостаточности. Продукт рекомендован к применению в системе лечебно-профилактического и диетического питания, особенно в регионах с установленным дефицитом йода и селена, с целью снижения риска развития нарушений функций щитовидной железы и сопутствующих метаболических расстройств.

Ключевые слова: функциональные продукты питания, мясорастительный полуфабрикат, йод, селен, ламинария, бразильский орех.

Development of technology for a functional food product enriched with iodine and selenium sources

Yulia Y. Denisovich¹ dienisovich.78@mail.ru  0000-002-3022-8810

¹ Far Eastern State Agrarian University, street Politechnicheskaya, 86 Blagoveshchensk, 675005, Russia

Abstract. A technology has been developed for a functional meat-vegetable semi-finished product enriched with natural sources of iodine and selenium – kelp (seaweed) and Brazil nuts. The meat of broiler chickens was chosen as the model meat raw material, as it has optimal organoleptic, physicochemical and technological characteristics, including low fat content, balanced vitamin and mineral composition and high moisture-binding capacity. During the experimental studies, the choice of plant components was substantiated based on their chemical composition and the physiological significance of the contained microelements. A recipe for a meat-vegetable semi-finished product with variable content of kelp (20, 25, 30%) and Brazil nuts (2, 4, 6%) was developed. The optimal ratio of ingredients was determined using organoleptic evaluation, according to the results of which the highest scores were given to samples with the addition of 25% kelp and 4% nuts. A comprehensive analysis of the finished product was conducted in terms of microbiological safety, physical and chemical properties and toxicological purity. It was established that the values of all indicators comply with the regulatory requirements of TR CU 021/2011. The protein content in the semi-finished product was 15,2%, the fat content was 9,3%. The iodine content was determined to be 0.66 mg/kg and selenium to be 0.26 mg/kg, which, when consuming 100 g of the product, provides up to 44% of the daily requirement for iodine and up to 47% for selenium for the adult population. The developed semi-finished product can be classified as a functional food product with a targeted effect, facilitating partial correction of iodine and selenium deficiency. The product is recommended for use in the system of therapeutic and preventive and dietary nutrition, especially in regions with established iodine and selenium deficiency, in order to reduce the risk of developing thyroid dysfunction and associated metabolic disorders.

Keywords: functional foods, meat and vegetable semi-finished product, iodine, selenium, kelp, Brazil nut.

Введение

Проблема йодной недостаточности у жителей РФ наблюдаются давно, и является актуальной [1].

Йоддефицитные заболевания представляют собой группу патологических состояний, обусловленных хроническим недостатком йода в рационе питания, развитие которых может быть полностью предотвращено при адекватном

восполнении данного микроэлемента. Данные заболевания характеризуются широким спектром клинических проявлений и затрагивают лиц всех возрастных категорий [2].

Дефицит йода сопровождается широким спектром неблагоприятных последствий для здоровья, поскольку данный микроэлемент является необходимым структурным компонентом тиреоидных гормонов, играющих ключевую роль

Для цитирования

Денисович Ю.Ю. Разработка технологии функционального продукта питания, обогащенного источниками йода и селена // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 1. С. 130–139. doi:10.20914/2310-1202-2025-1-130-139

For citation

Denisovich Y.Y. Development of technology for a functional food product enriched with iodine and selenium sources. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 1. pp. 130–139. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-1-130-139

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

в регуляции процессов роста, развития и общего функционирования организма человека [3].

Трошиной Е.А. отмечается динамика распространённости и заболеваемости ЙДЗ у детского и взрослого населения Российской Федерации [2].

В исследовании И.И. Дедова представлена статистика заболеваемости, которая демонстрирует не только преобладание заболеваний щитовидной железы (ЩЖ) в общей структуре эндокринной патологии, но и тенденцию к значительному увеличению частоты заболеваний ЩЖ среди населения Российской Федерации, что проявляется в двукратном росте заболеваемости за последние десять лет [4].

Однако, эффективное функционирование щитовидной железы требует не только коррекции йодного дефицита, но и последующей нормализации уровня селена, учитывая его ключевую роль в метаболизме тиреоидных гормонов и антиоксидантной защите тканей железы.

Селен является эссенциальным микроэлементом, необходимым для нормального функционирования организма человека, в том числе центральной нервной системы [5].

Биологические функции селена, включая его антиоксидантную активность, участие в регуляции иммунного ответа, функционировании щитовидной железы и других физиологических процессов, подробно рассмотрены в ряде исследований отечественных и зарубежных авторов [6–13].

Таким образом, йод и селен выполняют критически важные функции в организме человека, дефицит которых способен нарушать метаболические процессы и способствовать развитию функциональных и органических нарушений в организме.

Анализ представленных данных свидетельствует о высокой распространённости йододефицитных состояний и растущей заболеваемости патологией щитовидной железы в России, а также подчёркивает взаимосвязанную роль йода и селена в поддержании эндокринного и общего здоровья человека. Учитывая широкую распространённость дефицита этих микроэлементов и доказанную эффективность их профилактического и терапевтического применения, особую актуальность приобретает разработка и внедрение в рацион функциональных продуктов питания, обогащённых биодоступными формами йода и селена. Такие продукты представляют собой перспективное направление в системе общественного здоровья, способное обеспечить долгосрочную коррекцию микронутриентной недостаточности и снизить риски, связанные с нарушением функций щитовидной железы и иммунной дисрегуляцией.

Анализ работ отечественных и зарубежных ученых показывает, что перспективным растительным сырьём для производства пищевых продуктов, обогащённых йодом, является морская капуста (ламинария).

Шевченко Н.П. с коллегами обосновали эффективность применения сухой ламинарии (*Laminaria thalli*) в качестве функционального ингредиента в мясных продуктах. Экспериментальные исследования на модельных фаршевых системах показали, что добавление 300 г. ламинарии на 100 кг мясного сырья обеспечивает содержание йода, соответствующее 25% суточной потребности человека в 100 г. готового изделия [14].

В работе Ю.В. Шокиной представлены результаты исследований, направленных на разработку рецептуры мучного изделия «Хлебцы ржанные, обогащённые йодом». Экспериментально установлено, что содержание йода в применяемой ламинарии составляет от 0,38 до 0,42% в пересчёте на сухое вещество, что позволяет отнести полученный продукт к категории обогащённых по содержанию данного микроэлемента [19].

Зарубежными учеными установлено положительное влияние ламинарии на структурно-механические, микроструктурные и хлебопекарные свойства замороженного теста для производства хлебобулочных изделий [15].

Новожиловой Е.А. доказана целесообразность применения ламинарии в технологии кисломолочных продуктов (йогуртов). Анализ, полученных авторами данных, позволяет сделать вывод о высокой биологической ценности и наличии функциональных свойств разработанных продуктов [17].

В качестве природного источника органического селена, обладающего функциональными свойствами, используется бразильский орех (*Bertholletia excelsa*).

По количеству микронутриентов, имеющих важное пищевое и физиологическое значение для организма человека, орехи бразильские отличаются высоким содержанием Ca, Fe, Se, Mg, P и Zn, а так же Cu, Mn, Co, Mo и др. [20].

По результатам исследований Лукина А.А. применение ядер бразильского ореха в технологии фаршированных мясных изделий в количестве 10% улучшает вкусоароматические свойства, повышает содержание микроэлементов пищевых волокон [21].

Целью исследований Агутовой С.И. и др. послужило – обоснование технологии соевого белкового напитка обогащенного состава за счет сочетания соевого молока и орехового сырья, как источника селена. В результате применения технологии обогащения соевого белкового напитка селеном с использованием

тонкоизмельченного порошка бразильского ореха (размер частиц около 0,55 мкм) была получена стабильная коллоидная пищевая система что, предотвратило расслоение и осаждение твердых фракций. Введение порошка на заключительном этапе позволило сохранить активность и равномерность распределения селенсодержащего компонента в напитке, обеспечив его точное дозирование. Кроме того, напиток приобрел улучшенные органолептические характеристики [22].

Учёные Южно-Уральского государственного университета разработали технологию производства сыра, обогащённого микроэлементами селена и марганца путём введения в рецептуру смеси фундука и бразильского ореха. Проведённые исследования показали, что потребление 100 г экспериментальных образцов способствует значительному удовлетворению суточной потребности в селене и марганце. Кроме того, установлено увеличение содержания цинка, фосфора и магния в готовом продукте [23].

В работах зарубежных исследователей также представлены данные о разработке функциональных пищевых продуктов с использованием ядер бразильского ореха в качестве обогащающего компонента [24, 25].

Таким образом, представленные данные отечественных и зарубежных исследований убедительно свидетельствуют о высокой актуальности разработки функциональных продуктов питания, обогащённых йодом и селеном. Высокая распространенность йододефицитных состояний и заболеваний щитовидной железы среди населения Российской Федерации, доказанная важная роль йода и селена в поддержании метаболического равновесия, иммунной функции и общего состояния здоровья, а также перспективность использования растительного сырья в качестве источников данных микроэлементов подчеркивают необходимость активного поиска и внедрения инновационных пищевых решений. Создание функциональных продуктов на основе ламинарии и бразильского ореха не только позволяет эффективно устранять микронутриентную недостаточность, но и вносит значительный вклад в формирование современных стратегий профилактики и укрепления здоровья населения.

Цель исследования – разработка технологии мясорастительного полуфабриката, обогащенного источниками йода и селена.

Материалы и методы

Объекты исследования: мясо цыпленка-бройлера (производитель ООО «Амурский бройлер», г. Благовещенск), морская капуста (ламинария японская) – производитель ООО «Остров»,

Сахалинская область, г. Невельск, бразильский орех (производитель «ПримФуд», г. Владивосток), лабораторный образец (контроль), приготовленный по стандартной рецептуре № 608 «Котлеты, биточки, шницели» и технологической схеме, опытные образцы мясорастительного полуфабриката из мяса цыплят-бройлеров, с добавлением 20, 25 и 30% морской капусты и 2, 4 и 6% бразильского ореха – котлеты «Русалочка» (опыт).

Отбор проб, подготовку сырья, определение показателей качества и безопасности проводили по стандартным методикам в соответствии с нормативной документацией. Физико-химические показатели определяли по ГОСТ 23042–2015 п. 7, ГОСТ 25011–2017 п. 6, ГОСТ 9957–2015 п. 7, ГОСТ 31470–2012 п. 5, ГОСТ 9794–2015 п. 7.; микробиологические показатели по ГОСТ 10444.15–94, ГОСТ 31747–2012, ГОСТ 31659–2012, ГОСТ 28560–90, ГОСТ 32031–2022, ГОСТ 31746–2012. Показатели безопасности по ГОСТ 33824–2016 п. 10 (1 способ), ГОСТ 33824–2016 п. 11 (1 способ), ГОСТ 31628–2012, ГОСТ 26927–86 п. 2. Полученные значения показателей сравнивали с ТР ТС 021/2011 приложение 3, ГОСТ 31936–2012. Значения йода (общего и селена) согласно МУ 31–21/07 (ФР.1.31.2008.05138) и МУ 31–07/04 (ФР.1.31.2004.01166) на анализаторе вольтамперометрическом ТА-4, (свидетельство о поверке № С-БА/06–05–2024/336781935 от 06.05.2024, действителен до 05.05.2026). Органолептическую оценку котлет «Русалочка» проводили после тепловой обработки по 5-балльной шкале в соответствии с ГОСТ 31986–2012.

Результаты

На первоначальном этапе исследований проведено обоснование выбора мясного и растительного сырья для создания функционального продукта, проведена оценка его качества и безопасности.

Для органолептической оценки были выбраны образцы мяса курицы, индейки и утки. Оценка органолептических характеристик мяса птицы различных видов проводилась по следующим критериям: внешний вид, цвет, консистенция, запах, сочность, прозрачность и аромат бульона (в соответствии с ГОСТ 31470–2012). Все образцы оценивались по 9-балльной шкале.

Результаты органолептической оценки показали, что мясо цыплят-бройлеров обладает лучшими потребительскими характеристиками, получив наивысшую общую оценку 8,5 балла («отлично» по ГОСТ), что сделало его предпочтительным сырьём для создания функционального продукта.

На следующем этапе исследований был проведён анализ химического состава мяса птицы различных видов (рисунок 1).

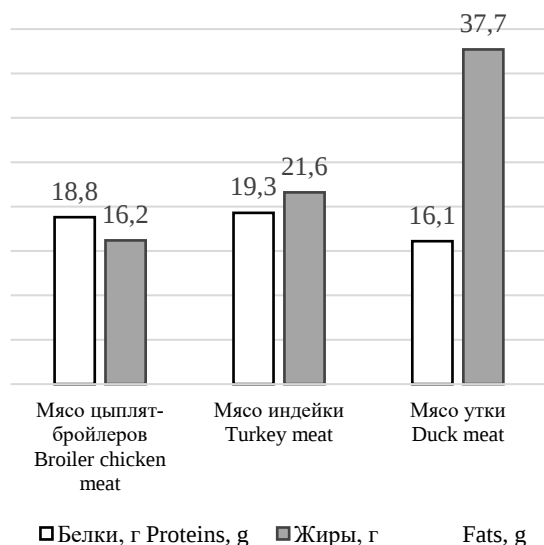


Рисунок 1. Химический состав различных видов птицы
Figure 1. Chemical composition of different types of poultry

Анализ химического состава мяса различных видов птицы свидетельствует о том, что максимальное содержание белка характерно для мяса индейки (19,3 г на 100 г продукта), тогда как минимальное содержание жира наблюдается в мясе цыплят-бройлеров (16,2 г на 100 г продукта). Мясо утки, напротив, отличается наиболее высоким уровнем жировой составляющей (37,7 г) при сравнительно низком содержании белка (16,1 г). Полученные результаты указывают на то, что мясо индейки и цыплят-бройлеров может рассматриваться как более предпочтительное с точки зрения диетологии и рационального питания за счёт оптимального соотношения белков и жиров.

Значение pH является одним из ключевых показателей качества мяса, так как от него в значительной степени зависят органолептические характеристики продукта, включая цвет, запах, свежесть, срок хранения, а также пригодность для дальнейшей переработки. В ходе проведённого исследования установлено, что значения pH всех исследуемых образцов соответствуют показателям, характерным для мяса свежей и здоровой птицы.

Проведённое исследование влагосвязывающей способности показало, что все образцы мясного сырья обладают высокой ВСС, что является положительным фактором для производства мясных полуфабрикатов. Максимальное значение ВСС наблюдается у мяса цыплят-бройлеров (78,3%), несколько ниже данный показатель у мяса индейки (78,1%) и мяса утки (77,9%), что свидетельствует о высоком

уровне качества исследуемых образцов и их соответствующей технологической пригодности для дальнейшей переработки.

Сведения о витаминном и минеральном составе мяса птицы приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1.
Витаминный состав мяса птицы

Table 1.
Vitamin composition of poultry meat

Витамин, мг Vitamin, mg	Содержание на 100 г продукта Content per 100 g of product		
	Цыплята-бройлеры Broiler chicken meat	Мясо индейки Turkey meat	Мясо утки Duck meat
A	40,00	10,00	50,00
B1	0,09	0,05	0,12
B2	0,15	0,22	0,17
B4	118,00	139,00	119,00
B5	0,79	0,65	0,60
B6	0,51	0,33	0,23
B9	3,30	9,60	3,50
B12	0,42	-	-
C	2,00	-	-
E	0,30	0,30	0,30
H	8,40	-	-
PP	11,10	13,30	8,70

Из таблицы 1 следует, что мясо птицы различных видов имеет различный витаминный состав. Цыплята-бройлеры характеризуются высоким содержанием витаминов группы В (B5, B6, B12), а также витаминов С и Н. Индейка выделяется повышенным уровнем витаминов В2, В4 и В9, в то время как утка имеет наибольшее содержание витамина А, но уступает по содержанию витаминов группы В.

Таблица 2.
Минеральный состав мяса птицы разных видов

Table 2.
Mineral composition of poultry meat of different types

Показатель Indicator	Содержание на 100 г продукта Content per 100 g of product		
	Цыплята-бройлеры Broiler chicken meat	Мясо индейки Turkey meat	Мясо утки Duck meat
1	2	3	4
Макроэлементы, Macronutrients			
Калий, мг Potassium, mg	236,0	210,0	156,0
Кальций, мг Calcium, mg	14,0	12,0	10,0
Магний, мг Magnesium, mg	19,0	19,0	15,0
Натрий, мг Sodium, mg	70,0	90,0	58,0
Фосфор, мг Phosphorus, mg	160,0	200,0	136,0
Хлор, мг Chlorine, mg	76,0	90,0	80,0

Продолжение таблицы 2 | Continuation of table 2

1	2	3	4
Микроэлементы, Microelements			
Железо, мг Iron, mg	1,30	1,40	1,90
Йод, мкг Iodine, mcg	4,00	-	4,00
Кобальт, мкг Cobalt, mcg	10,00	15,00	9,00
Марганец, мг Manganese, mg	0,02	0,01	0,02
Медь, мкг Copper, mcg	70,00	90,00	450,00
Молибден, мкг Molybdenum, mcg	5,00	29,00	9,00
Фтор, мкг Fluorine, mcg	130,00	-	128,00
Хром, мкг Chromium, mcg	8,00	11,00	15,00
Цинк, мг Zinc, mg	1,26	2,45	2,47

Анализ минерального состава мяса различных видов птицы демонстрирует значительные различия в содержании макро- и микроэлементов. Мясо цыплят-бройлеров является наиболее богатым источником калия (236 мг) и фосфора (160 мг), мясо индейки, в свою очередь, выделяется более высоким содержанием фосфора (200 мг), натрия (90 мг), цинка (2,45 мг) и кобальта (15 мкг), мясо утки характеризуется наибольшим содержанием меди (450 мкг) и железа (1,90 мг). Важным фактором является наличие йода и фтора в мясе цыплят-бройлеров и утки, что делает их полезными для поддержания функции щитовидной железы, в то время как индейка не содержит этих элементов. Можно заключить, выбор мясного сырья зависит от специфических потребностей организма в макро- и микроэлементах.

Анализ органолептических, физико-химических и технологических характеристик мяса различных видов птицы позволяет обоснованно заключить о целесообразности использования мяса цыплят-бройлеров в качестве модельной мясной системы.

В качестве источников растительного сырья, обогащённого селеном и йодом, были выбраны бразильский орех и ламинария японская (морская капуста). Обоснование выбора данных компонентов основано на их установленном физико-химическом составе, а также подтверждено результатами исследований, проведённых отечественными и зарубежными учеными.

На следующем этапе исследования была сформирована рецептура мясорастительного полуфабриката на основе мяса цыплят-бройлеров с добавлением функциональных ингредиентов: морской капусты в количестве 20, 25 и 30%, а также бразильского ореха в дозировке 2, 4 и 6% от массы мясного сырья (таблица 3).

Определение уровней введения данных компонентов осуществлялось с учётом их химического состава, а также в соответствии с нормативами, установленными «Нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». В качестве контрольного образца использовался полуфабрикат, приготовленный по стандартной рецептуре № 608 «Котлеты, биточки, шницели».

Таблица 3.

Вариации внесения функциональных компонентов к массе мясного сырья, %

Table 3.

Variations in the introduction of functional components to the mass of meat raw materials, %

Образец Sample	Капуста сушеная (ламинария) Dried cabbage (laminaria)	Бразильский орех Brazil nut
№ 1	20	2
№ 2	20	4
№ 3	20	6
№ 4	25	2
№ 5	25	4
№ 6	25	6
№ 7	30	2
№ 8	30	4
№ 9	30	6

Далее, была разработана технология мясорастительного полуфабриката – котлеты «Русалочка», приготовлены опытные образцы и проведена органолептическая оценка.

Технология приготовления мясорастительного полуфабриката: куриное филе нарезают на куски и пропускают через мясорубку, соединяют с черствым пшеничным хлебом, предварительно замоченным в молоке, добавляют соль и перемешивают. Сушеную морскую капусту промывают и замачивают в холодной воде на 5–6 часов в соотношении 1:6. Бразильский орех промывают, прокалывают в жарочном шкафу при температуре 180 °С в течение 5–8 минут и измельчают на мельнице (кофемолке). Котлетную массу соединяют с подготовленными капустой и орехами, дважды пропускают через мясорубку. Готовую котлетную массу разделяют на изделия овально-приплюснутой формы с заостренными концами (котлеты). Котлеты запекают без предварительного обжаривания при температуре 180 °С в течение 20–25 мин.

В лабораторных условиях по разработанной технологической схеме были приготовленные и контрольный образцы (рисунок 2 и 3).

По результатам органолептической оценки наивысшие баллы получили образцы № 5 (с добавлением 25% морской капусты и 4% бразильского ореха) и № 2 (при внесении 25% морской капусты и 2% ореха соответственно).

Добавление морской капусты в количестве 25% от массы мяса цыплят-бройлеров способствовало улучшению структурно-механических свойств продукции, обеспечивая нежную и сочную консистенцию, а также придавая изделиям лёгкий аромат и привкус морской капусты. При введении в рецептуру 20% морской капусты изменения показателей «внешний вид», «цвет» и «консистенция» были незначительными. Наименьшее количество баллов получили образцы № 3, 6 и 9, где уровень добавления морской капусты составлял 30%. Это сопровождалось выраженным изменением внешнего вида, интенсивным запахом и вкусом морской капусты, а также чрезмерным уплотнением консистенции изделия.

Таким образом, можно сделать вывод, что оптимальным считается внесение морской капусты к массе мяса цыплят-бройлеров в количестве 25%, бразильского ореха – в количестве 4% к массе мясного сырья.



Рисунок 2. Внешний вид мясорастительных полуфабрикатов

Figure 2. Appearance of meat and vegetable semi-finished products



Рисунок 3. Внешний вид котлет «Русалочка»

Figure 3. Appearance of the «Mermaid» cutlets

На завершающем этапе, определены показатели качества и безопасности мясорастительного полуфабриката – котлет «Русалочка». Данные представлены в таблицах 4–6.

Таблица 4.
Микробиологические показатели котлет
«Русалочка»

Table 4.
Microbiological indicators
of the «Mermaid» cutlets

Показатель Indicator	Результат испытаний Test result	Норматив Standard
<i>Listeria monocytogenes</i>	Не обнаружено Not found	Не допускается в 25 г. Not allowed in 25 g
<i>Staphylococcus aureus</i>	Не обнаружено Not found	Не допускается в 1,0 г Not allowed in 1,0 g
БГКП (колиформы) Coliform bacteria	Не обнаружено Not found	Не допускается в 1,0 г Not allowed in 1,0 g
Бактерии рода Proteus Bactria of the genus Proteus	Не обнаружено Not found	Не допускается в 0,1 г Not allowed in 1,0 g
КМАФАнМ, КОЕ/г QMAFAnM, The number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms CFU/g	5,8 x 10 ²	Не более 1 x 10 ³ No more than 1 x 10 ³
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы Pathogenic microorganisms, including salmonella	Не обнаружено Not found	Не допускается в 25 г. Not allowed in 25 g
* Примечание – по данным ФГБУ «Амурский референтный центр Россельхознадзора» (протокол лабораторных исследований № 7776 от 28.05.2024 г.).		

Анализ данных таблицы 4, свидетельствует о том, что микробиологические показатели котлет «Русалочка» не превышают допустимых значений, находятся в пределах нормы и соответствуют значениям, указанным в ТР ТС 021/2011.

Таблица 5.
Физико-химические показатели котлет
«Русалочка»

Table 5.
Physicochemical properties
of the «Mermaid» cutlets

Показатель Indicator	Результат испытаний Test result	Норматив Standard
Массовая концентрация хлористого натрия, % Mass concentration of sodium chloride, %	1,2	< 1,8
Массовая доля жира, % Mass fraction of fat, %	9,3	< 40
Массовая доля белка, % Mass fraction of protein, %	15,2	> 8
Общая кислотность, Т° Total acidity, Т°	0,9	< 4,0
Массовая доля общего фосфора, % Mass fraction of total phosphorus, %	0,4	< 0,4
* Примечание – по данным ФБУ «Амурский ЦСМ» (протокол лабораторных исследований № 405 от 24.05.2024 г.).		

Из таблицы 5 следует, что значения физико-химических показателей в разработанном полуфабрикate соответствуют требованиям ГОСТ 31936–2012 «Полуфабрикаты из мяса и субпродуктов птицы». Кроме того, следует отметить, что содержание жира в котлетах «Русалочка» ниже норматива на 76,75%, что позволяет отнести разработанный полуфабрикат к категории продукции с низким содержанием жира и позволяет рекомендовать его к употреблению при диетическом и лечебно-профилактическом питании. Содержание белка, напротив выше нормируемого показателя на 49%, что свидетельствует о наличии в продукте полноценного белка, который может обеспечить организм всеми незаменимыми аминокислотами. Особо стоит обратить внимание на показатель кислотности, который ниже норматива в 4 раза, т. к. употреблять необходимо продукты с более щелочными показателями, поскольку нормальная кислотно-щелочная среда крайне важна для состояния крови и общего состояния организма.

Таблица 6.
Показатели безопасности котлет «Русалочка»

Массовая концентрация, мг/кг Mass concentration, mg/kg	Результат испытаний Test result	Норматив Standard
Свинец Lead	0,1	0,5
Кадмий Cadmium	< 0,001	0,05
Ртуть Mercury	< 0,003	0,03
Мышьяк Arsenic	< 0,001	0,1
* Примечание – по данным ФБУ «Амурский ЦСМ» (протокол лабораторных исследований № 405 от 24.05.2024 г.)		

Результаты исследований, представленные в таблице 6, свидетельствуют о безопасности разработанных мясорастительных полуфабрикатов. Все показатели находятся в пределах допустимых значений и соответствуют требованиям нормативных документов ТР ТС 021/2011 (приложение 3) и ГОСТ 31936–2012.

О значимости таких химических элементов, как йод и селен упоминалось в нашей работе выше.

В соответствии с целью исследований, основной из задач являлось обогащение мясорастительного полуфабриката источниками йода и селена. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7.
Содержание йода и селена в котлетах «Русалочка»

Table 7.
Iodine and selenium content in «Mermaid» cutlets

Показатель Indicator	Результат испытаний ¹ Test result	Суточная норма потребления, мкг ² Daily intake rate
Селен, мг/кг Selenium, mg/kg	0,26 ± 0,14	55–70
Йод (общий), мг/кг Iodine (total), mg/kg	0,66 ± 0,31	150
* Примечание: 1 – по данным ФБУ «Амурский ЦСМ» (протокол лабораторных исследований № 405 от 24.05.2024 г.); 2 – Суточная норма потребления указана в соответствии с методическими рекомендациями МР 2.3.1.0253–21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»		

Результаты таблицы 7, свидетельствуют о наличии йода и селена в разработанных мясорастительных полуфабрикатах (готовом продукте) в количестве 0,26 ± 0,14 и 0,66 ± 0,31 мг/кг соответственно. Добавление морской капусты (ламинарии) способствовало обогащению полуфабриката йодом. В 100 граммах готового изделия содержится приблизительно 66 мкг йода, что составляет 44% от его суточной потребности для взрослого человека. Использование бразильского ореха в рецептуре позволило удовлетворить суточную потребность взрослого человека в селене на 37% для мужчин и 47% для женщин. Таким образом, количество микроэлементов в исследуемом образце позволяет отнести котлеты «Русалочка» к группе функциональных продуктов питания.

Обсуждение

Проведённое исследование продемонстрировало высокую актуальность разработки функциональных продуктов питания, обогащённых йодом и селеном, для коррекции микронутриентной недостаточности населения России. Использование в рецептуре мясорастительного полуфабриката морской капусты (источник йода) и бразильского ореха (источник органического селена) доказало свою эффективность как с точки зрения обеспечения суточной потребности в этих микроэлементах, так и по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям. Оптимальным признан состав с добавлением 25% ламинарии и 4%

бразильского ореха, обеспечивающий 44% от суточной потребности в йоде и до 47% – в селене.

Продукт отличается высоким содержанием белка, низким уровнем жира и безопасен по содержанию токсичных элементов. Таким образом, разработанные котлеты «Русалочка» можно отнести к группе функциональных продуктов с потенциалом использования

в лечебно-профилактическом питании. Данная технология представляет собой перспективное направление в области здорового питания и профилактики заболеваний щитовидной железы. Результаты подтверждают целесообразность расширения ассортимента продуктов, обогащённых биодоступными формами йода и селена.

Литература

- 1 Пронь Е.А. К решению проблемы йоддефицита с помощью питания // Наука и молодежь: материалы XX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Барнаул, 17–21 апреля 2023 года. Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2023. С. 290–292.
- 2 Трошина Е.А., Мельниченко Г.А. Профилактика заболеваний, связанных с дефицитом йода – важное звено национальных проектов, посвященных сбережению здоровья нации // Вестник Российской академии медицинских наук. 2024. Т. 79. № 4. С. 366–372. doi: 10.15690/vtgm17970.
- 3 Абдулхабирова Ф.М., Безлепкина О.Б., Бровин Д.Н. и др. Клинические рекомендации «Заболевания и состояния, связанные с дефицитом йода» // Проблемы эндокринологии. 2021. Т. 67. № 3. С. 10–25. doi: 10.14341/probl12750.
- 4 Дедов И.И., Трошина Е.А., Платонова Н.М. и др. Профилактика йоддефицитных заболеваний: в фокусе региональные целевые программы // Проблемы эндокринологии. 2022. Т. 68. № 3. С. 16–20. doi: 10.14341/probl13119.
- 5 Мазилина А.Н., Скальный А.В., Ракитский В.Н. и др. Коррекция обеспеченности организма селеном как инструмент профилактической медицины // Здравоохранение Российской Федерации. 2021. Т. 65. № 5. С. 447–453. doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-5-447-453.
- 6 Бубнова Н.В., Тимофеева Н.Ю., Кострова О.Ю. и др. Биологическая роль селена (обзор литературы) // Acta Medica Eurasica. 2023. № 2. С. 114–123. doi: 10.47026/2413-4864-2023-2-114-123.
- 7 Жигайлов А.С., Козлова О.В. Роль селена в организме человека: обогащение продуктов питания и поддержание здоровья // Пищевые добавки: рынок, инновации и перспективы: материалы междунар. науч.-практ. интернет-конф., Донецк, 27 ноября 2024 года. Донецк: ДонНУЭТ им. М. Туган-Барановского, 2024. С. 50–53.
- 8 Учасов Д.С., Фролова О.Н. Селен в питании спортсменов: физиологические и гигиенические аспекты // Автономия личности. 2024. № 1(31). С. 143–150.
- 9 Golubkina N.A., Alfthan G.V. The human selenium status in 27 regions of Russia // J. Trace Elem. Med. Biol. 1999. Vol. 13. № 1–2. P. 15–20. doi: 10.1016/S0946-672X(99)80018-2.
- 10 Bai S., Zhang M., Tang S. et al. Effects and impact of selenium on human health: a review // Molecules. 2024. Vol. 30. № 1. P. 50. doi: 10.3390/molecules30010050.
- 11 Zhang D., Yang X., Li Q. et al. Research advance on the important role of selenoprotein in human health // Chinese Sci. Bull. 2022. Vol. 67. № 6. P. 473–480. doi: 10.1360/TB2021-1019.
- 12 Minich W.B. Selenium metabolism and biosynthesis of selenoproteins in the human body // Biochemistry (Moscow). 2022. Vol. 87. Suppl. 1. P. S168–S177. doi: 10.1134/S0006297922140139.
- 13 Hou J. et al. Association of selenium levels with the prevention and control of Keshan disease: a cross-sectional study // J. Trace Elem. Med. Biol. 2021. Vol. 68.
- 14 Шевченко Н.П., Каледина М.В., Байдина И.А. и др. Содержание селена в пищевых продуктах // Вестник КрасГАУ. 2023. № 9(198). С. 182–191. doi: 10.36718/1819-4036-2023-9-182-191.
- 15 Yang F., Liu X., Xie Q. et al. Effects of Laminaria japonica polysaccharides on frozen dough bread // LWT. 2021. Vol. 151. Article 112239. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112239.
- 16 Khramova A.V., Korolyov Ya.I., Khramova [et al.]. Development of iodine-enriched poultry products // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. Vol. 848. P. 012032. doi: 10.1088/1755-1315/848/1/012032.
- 17 Новожилова Е.А., Тащиенко Е.А., Шокина Ю.В., Кучина Ю.А. Моделирование и оптимизация рецептур функциональной кисломолочной продукции // Сборник тезисов науч.-практ. конф., Сочи, 23–27 января 2020 г. Сочи: КГМТУ, 2020. С. 193–197.
- 18 Шокина Ю.В., Савкина К.Н., Симутина Н.Н. Ламинария в продуктах, обогащённых йодом: опыт и перспективы // Рыбное хозяйство. 2023. № 1. С. 102–108. doi: 10.37663/0131-6184-2023-1-102-108.
- 19 Наумова Н.Л. Пищевая ценность бразильского ореха // Modern Science. 2021. № 3–1. С. 35–37.
- 20 Лукин А.А., Бец Ю.А., Наумова Н.Л. Использование ядер бразильского ореха в мясных изделиях // Вестник КамчатГТУ. 2021. № 56. С. 42–53. doi: 10.17217/2079-0333-2021-56-42-53.
- 21 Агутова С.И., Глотова И.А., Галочкина Н.А. Фортификация соевого напитка // Технологии пищ. и перераб. пром-сти АПК – продукты здорового питания. 2022. № 4. С. 100–106. doi: 10.24412/2311-6447-2022-4-100-106.
- 22 Меренкова С.П., Фильков А.А. Технология сыров, обогащенных орехами // Науч. ж. НИУ ИТМО. Сер.: Процессы и аппараты пищевых производств. 2021. № 1(47). С. 34–42. doi: 10.17586/2310-1164-2021-14-1-34-42.

23 Santos O.V., Azevedo G.O., Santos A.C., Lopes A.S. Nutraceutical from Brazil nut lipid by-products // *Foods*. 2023. Vol. 12, № 7. P. 1446. doi: 10.3390/foods12071446.

24 Vasquez-Rojas W.V., Martín D., Fornari T., Cano M.P. Brazil nut beverage by high-pressure homogenization // *Molecules*. 2023. Vol. 28, № 12. P. 4675. doi: 10.3390/molecules28124675.

References

1 Pron E.A. Towards solving the problem of iodine deficiency with the help of nutrition. Science and Youth: Materials of the XX All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists, Barnaul, April 17–21, 2023. Barnaul: Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, 2023. pp. 290–292.

2 Troshina E.A., Melnichenko G.A. Prevention of diseases associated with iodine deficiency – an important link in national projects dedicated to preserving the nation's health. *Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2024. vol. 79. no. 4. pp. 366–372. doi: 10.15690/vramn17970.

3 Abdulkhabirova F.M., Bezlepina O.B., Brovin D.N. et al. Clinical guidelines: Diseases and conditions associated with iodine deficiency. *Problems of Endocrinology*. 2021. vol. 67. no. 3. pp. 10–25. doi: 10.14341/probl12750.

4 Dedov I.I., Troshina E.A., Platonova N.M. et al. Prevention of iodine deficiency diseases: Focus on regional target programs. *Problems of Endocrinology*. 2022. vol. 68, no. 3. pp. 16–20. doi: 10.14341/probl13119.

5 Mazilina A.N., Skalny A.V., Rakitsky V.N. et al. Correction of selenium supply in the body as a preventive medicine tool. *Healthcare of the Russian Federation*. 2021. vol. 65. no. 5. pp. 447–453. doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-5-447-453.

6 Bubnova N.V., Timofeeva N.Y., Kostrova O.Y. et al. The biological role of selenium (literature review). *Acta Medica Eurasica*. 2023. no. 2. pp. 114–123. doi: 10.47026/2413-4864-2023-2-114-123.

7 Zhigaylov A.S., Kozlova O.V. The role of selenium in the human body: Food fortification and health support. In: *Food Additives: Market, Innovations and Prospects. Proc. Intern. Sci.-Pract. Conf., Donetsk, November 27, 2024. Donetsk: DonNUET, 2024. pp. 50–53.*

8 Uchasov D.S., Frolova O.N. Selenium in athletes' diets: Physiological and hygienic aspects. *Autonomy of the Individual*. 2024. no. 1(31). pp. 143–150.

9 Golubkina N.A., Alftan G.V. The human selenium status in 27 regions of Russia. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 1999. vol. 13. no. 1–2. pp. 15–20. doi: 10.1016/S0946-672X(99)80018-2.

10 Bai S., Zhang M., Tang S. et al. Effects and impact of selenium on human health: A review. *Molecules*. 2024. vol. 30. no. 1. p. 50. doi: 10.3390/molecules30010050.

11 Zhang D., Yang X., Li Q. et al. Advances in the study of the critical role of selenoproteins in human health. *Chinese Sci. Bull.* 2022. vol. 67. no. 6. pp. 473–480. doi: 10.1360/TB2021-1019.

12 Minich W.B. Selenium metabolism and selenoprotein biosynthesis in the human body. *Biochemistry (Moscow)*. 2022. Vol. 87. Suppl. 1. pp. S168–S177. doi: 10.1134/S0006297922140139.

13 Hou J. et al. Association of selenium levels with Keshan disease prevention and control: A cross-sectional study. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2021. Vol. 68.

14 Shevchenko N.P., Kaledina M.V., Baidina I.A. et al. Selenium content in food products. *Bulletin of KrasGAU*. 2023. no. 9(198). pp. 182–191. doi: 10.36718/1819-4036-2023-9-182-191.

15 Yang F., Liu X., Xie Q. et al. Effects of *Laminaria japonica* polysaccharides on the quality of frozen dough bread. *LWT*. 2021. vol. 151. Article 112239. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112239.

16 Khramova A.V., Korolyov Ya.I., Khramova A. et al. Development of iodine-enriched semi-finished poultry products. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021. vol. 848. p. 012032. doi: 10.1088/1755-1315/848/1/012032.

17 Novozhilova E.A., Tatsienko E.A., Shokina Y.V., Kuchina Y.A. Modeling and optimization of formulations for functional fermented milk products. In: *Abstracts of Sci.-Pract. Conf., Sochi, Jan 23–27, 2020. Sochi: Kerch State Maritime Technological University, 2020. pp. 193–197.*

18 Shokina Y.V., Savkina K.N., Simutina N.N. *Laminaria* in iodine-enriched foods: Experience and commercialization. *Fish Industry*. 2023. no. 1. pp. 102–108. doi: 10.37663/0131-6184-2023-1-102-108.

19 Naumova N.L. Nutritional value of Brazil nuts. *Modern Science*. 2021. no. 3-1. pp. 35–37.

20 Lukin A.A., Bets Y.A., Naumova N.L. Use of Brazil nut kernels in stuffed meat products. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*. 2021. no. 56. pp. 42–53. doi: 10.17217/2079-0333-2021-56-42-53.

21 Agutova S.I., Glotova I.A., Galochkina N.A. Fortification of soy protein drinks with functional and nutritional properties. *Technol. Food Process. Agro-Ind. Complex – Healthy Foods*. 2022. no. 4. pp. 100–106. doi: 10.24412/2311-6447-2022-4-100-106.

22 Merenkova S.P., Filkov A.A. Cheese technology enriched with nut blends. *Sci. J. NRU ITMO. Ser.: Processes and Equipment of Food Production*. 2021. no. 1(47). pp. 34–42. doi: 10.17586/2310-1164-2021-14-1-34-42.

23 Santos O.V., Azevedo G.O., Santos A.C., Lopes A.S. Development of a nutraceutical product derived from Brazil nut lipid extraction by-products. *Foods*. 2023. vol. 12. no. 7. p. 1446. doi: 10.3390/foods12071446.

24 Vasquez-Rojas W.V., Martín D., Fornari T., Cano M.P. High-pressure homogenized Brazil nut beverage: Composition and antioxidant capacity during cold storage. *Molecules*. 2023. vol. 28. no. 12. p. 4675. doi: 10.3390/molecules28124675.

Сведения об авторах

Юлия Ю. Денисович к.т.н., доцент, кафедра менеджмента и сервиса, Дальневосточный государственный аграрный университет, ул. Политехническая, 86 г. Благовещенск, 675005, Россия, denisovich.78@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-002-3022-8810>

Information about authors

Yulia Y. Denisovich Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Management and Service, Far Eastern State Agrarian University, 86 Politeknicheskaya St., Blagoveshchensk, Russia, denisovich.78@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-002-3022-8810>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/03/2025	После редакции 28/03/2025	Принята в печать 10/04/2025
Received 01/03/2025	Accepted in revised 28/03/2025	Accepted 10/04/2025