Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Том 77, № 3. С. 57–65.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья
УДК 66-933.4/66-965 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2026-77-05 EDN: HRTZLW

Обогащение хлебобулочных изделий йодом с использованием *Saccharina japonica*: сравнительная эффективность порошка селенизированной водоросли и гидротермического экстракта

Кристина Александровна Космачёва [1], Владимир Алексеевич Лях [2]
Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
[1] kosmacheva.ka@dvfu.ru, ORCID: 0009-0004-4936-5921
[2] lyah.va@dvfu.ru, ORCID: 0000-0001-6999-2210

Аннотация. Проблема йододефицита остаётся актуальной для значительной части населения России, где хлеб традиционно занимает ключевую позицию в ежедневном рационе. В рамках разработки функциональных хлебобулочных изделий исследована возможность обогащения хлеба йодом с применением природных компонентов. Объектами изучения выступили порошок селенизированной бурой водоросли *Saccharina japonica* и гидротермический экстракт – их вводили в рецептуру хлеба и оценивали влияние на итоговую концентрацию йода. Экспериментальная часть включала приготовление серии образцов с различными дозировками добавок и последующее определение содержания йода. Установлено, что оба компонента способны существенно повышать йодную ценность продукта, что обосновывает их целесообразность для использования в производственных технологиях. Полученные данные открывают возможности для создания хлебобулочных изделий, способствующих коррекции йодной недостаточности в рационе населения.

Дополнительно в ходе работы проведена сравнительная оценка эффективности добавок: выявлено, что гидротермический экстракт демонстрирует более высокую степень перехода йода в продукт по сравнению с порошковой формой. Учтены технологические аспекты – введение компонентов не ухудшает органолептические характеристики хлеба и не нарушает стандартные параметры выпечки. Результаты подтверждают потенциал масштабирования подхода: предложенные решения совместимы с действующими производственными линиями и не требуют кардинальной перестройки технологических процессов. Это делает разработку практически применимой для предприятий хлебопекарной отрасли.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, селен и йод, *Saccharina japonica*, бурые водоросли, вольтамперометрия, йододефицит, экстракт и порошок, суточная норма потребления

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект №FZNS-2025-0008 «Разработка отечественных композиций нутрицевтиков и нутрицевтических продуктов с использованием новых видов биологических ресурсов и оценка их применимости в пищевых системах»).

Для цитирования: Космачёва К. А., Лях В. А. Обогащение хлебобулочных изделий йодом с использованием *Saccharina japonica*: сравнительная эффективность порошка селенизированной водоросли и гидротермического экстракта // Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Т. 77, № 3. С. 57–65.

© Космачева К. А., Лях В. А., 2026

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2026. Vol. 77, no. 3. P. 57–65.

FOOD SYSTEMS

Original article

Iodine enrichment of bakery products using *Saccharina japonica*: comparative effectiveness of selenium-enriched algal powder and hydrothermal extract

Kristina A. Kosmacheva [1], Vladimir A. Lyakh [2]
Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
[1] kosmacheva.ka@dvfu.ru, ORCID: 0009-0004-4936-5921
[2] lyah.va@dvfu.ru, ORCID: 0000-0001-6999-2210

Abstract. The problem of iodine deficiency remains relevant for a significant part of the Russian population, where bread traditionally occupies a key place in the daily diet. As part of the development of functional bakery products, the possibility of enriching bread with iodine using natural components was investigated. The study focused on the powder of selenium-enriched brown alga *Saccharina japonica* and a hydrothermal extract — these were incorporated into the bread formulation, and their effect on the final iodine concentration was evaluated. The experimental stage involved preparing a series of samples with different additive dosages and subsequently determining the iodine content. It was found that both components can significantly increase the iodine value of the product, which justifies their feasibility for use in production technologies. The obtained data open up opportunities for creating bakery products that help correct iodine deficiency in the population's diet. In addition, a comparative assessment of the additives' effectiveness was carried out during the work: it was revealed that the hydrothermal extract demonstrates a higher degree of iodine transfer into the product compared to the powder form. Technological aspects were taken into account — the introduction of the components does not impair the organoleptic characteristics of the bread and does not disrupt standard baking parameters. The results confirm the scalability potential of the approach: the proposed solutions are compatible with existing production lines and do not require a radical restructuring of technological processes. This makes the development practically applicable for bakery enterprises.

Keywords: bakery products, selenium and iodine, *Saccharina japonica*, brown algae, voltammetry, iodine deficiency, extract and powder, daily-recommended intake

Funding: this work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Project No. FZNS-2025-0008: "Development of domestic nutraceutical compositions and products using novel biological resources and assessment of their applicability in food systems").

For citation: Kosmacheva K. A., Lyakh V. A. Iodine enrichment of bakery products using *Saccharina japonica:* comparative effectiveness of selenium-enriched algal powder and hydrothermal extract. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2026; 77(3):57–65. (In Russ.).

Введение

Производство хлебобулочных изделий в России имеет глубокие исторические корни и остается значимой отраслью экономики. Традиционные сорта хлеба и булочек пользуются устойчивым спросом, однако рынок испытывает давление со стороны изменяющихся потребительских предпочтений и роста популярности здорового образа жизни. Современные тенденции требуют от производителей разработки инновационных продуктов, способных удовлетворить запросы различных категорий покупателей, включая тех, кто предпочитает натуральные и функциональные продукты.

Многочисленные данные говорят о тесной связи между рационом питания и функционированием организма человека. Сегодня продукты питания выполняют более широкую роль, чем просто удовлетворение потребностей в пище и восполнение дефицита нутриентов: продукты питания рассматриваются как фактор укрепления здоровья, снижения алиментарно-зависимых патологий, а также поддержания физического и психоэмоционального благополучия [1].

За последние годы отмечается устойчивый спрос у потребителей к функциональным и специализированным продуктам питания. Это связано с тем, что все больше людей стараются придерживаться здорового образа жизни и заботятся о поддержании хорошей физической формы. На сегодняшний день мировой рынок подобной пищевой продукции оценивается примерно в 7 млрд долл. Он активно расширяется и, по прогнозам специалистов, уже в течение следующего десятилетия его объем может превысить 94 млрд долл. [2].

Под функциональными продуктами питания понимают пищу, содержащую ингредиенты, которые могут применяться для терапии заболеваний и их симптомов. В связи с увеличением распространенности хронических болезней все более востребованными становятся как действенное лечение, так и профилактика [3].

Чтобы пищевой продукт можно было отнести к функциональному, на одну потребляемую порцию должно приходится не менее 15 % суточной потребности в соответствующих функциональных пищевых ингредиентах. Такие продукты питания рассчитаны на постоянное включение в рацион питания здоровых людей любых возрастных групп [4].

Обычные продукты питания обладают двумя ключевыми характеристиками – пищевой ценностью и вкусовыми характеристиками. Функциональные пищевые продукты дополнительно воздействуют на физиологию: поддерживают работу одной или нескольких систем организма, замедляют старение и снижают вероятность болезней [2].

Самый распространенный и применимый способ производства функциональных продуктов питания – обогащение на этапе изготовления. Специалисты и ученые советуют вводить те нутриенты, недостаток которых действительно наблюдается, широко распространен и представляет риски для здоровья. Это, например, аскорбиновая кислота, витамины группы В, йод, железо, кальций, пищевые волокна. Витаминами, минеральными веществами и другими активными компонентами целесообразно обогащать продукт питания массового спроса, доступные всем группам населения: хлеб и хлебобулочные изделия, молоко и молочные продукты, соль, напитки, детское питание [5].

Перспективным направлением считается создание функциональных пищевых продуктов с растительными добавками. Они выгодно отличаются от препаратов химического происхождения и смесей: ценные активные компоненты содержатся в естественной форме и лучше усваиваются организмом [6].

Расширить линейку продуктов функционального и специализированного назначения и сделать здоровое питание более доступным для населения можно за счет добавления в хлеб и хлебобулочные изделия растительного сырья морского происхождения, в частности, морскими водорослями, которые как пищевой ресурс используются человеком с давних пор. Не только в азиатских, но и в западных странах употребляют в пищу морские водоросли как в свежем виде, так и в составе готовых продуктов [7, 8].

Например, нори, вакамэ и комбу используют в качестве сырья или ароматизаторов для других продуктов. Эти водоросли считаются наиболее идеальными пищевыми источниками [9]. Измельчение водорослей в порошок и добавление их в выпечку или крахмалистые продукты может повысить питательную ценность пищи, а также улучшить её вкус [10, 11].

Кроме того, морские водоросли могут придавать пищевым продуктам физико-химические и текстурные характеристики, например, содержащиеся полисахариды могут улучшать структуру и прочность пищевых продуктов [11]. Употребление в пищу продуктов с высоким содержанием пищевых волокон усиливает чувство насыщения, снижает уровень глюкозы, холестерина и инсулина в крови после приема пищи [12].

Некоторые микроэлементы отсутствуют или присутствуют в низких концентрациях в наземных овощах, что делает морские водоросли важным источником минералов в обычном

рационе. Недавнее исследование также показало, что морские водоросли могут снизить риск аллергических реакций, вызванных употреблением в пищу белков [13]. Поэтому морские водоросли предпочтительны в качестве функционального питания и нутрицевтиков для улучшения здоровья человека.

Морские водоросли также богаты множеством ценных микроэлементов: железо, марганец, медь, цинк, кобальт, селен и йод, который играет ключевую роль в поддержании нормальной функции щитовидной железы и метаболизма [14].

Среди промысловых ресурсов Дальнего Востока важное место занимают бурые водоросли [15]. Исторически их добывают в нескольких районах: в заливе Анива, относящемуся к Охотскому морю и расположенному у южного побережья острова Сахалин; в Авачинском заливе на юго-востоке Камчатки; а также в прибрежных водах Приморского края, относящихся к Японскому морю [16].

В бурых водорослях Дальнего Востока максимальное количество органических веществ могут накапливать ламинариевые, произрастающие в прибрежных водах Камчатки и Приморского края. *Saccharina japonica* богата минеральным составом и содержит значительное количество органически связанного йода в своем составе [17].

Среди эссенциальных микроэлементов особое место занимает йод. Он уникален тем, что лишь он один участвует в синтезе гормонов и является их компонентом. Биологическая роль йода прежде всего определяется его вкладом в деятельность щитовидной железы и построением тироксина. Пока именно йод – единственный достоверно известный микроэлемент, задействованный в создании этого гормона [18].

В организме взрослого человека присутствует порядка 20–30 мг йода. Из этого количества примерно 8 мг, или 30 %, сосредоточено в щитовидной железе. Еще около 35 % находится в плазме крови в виде органических соединений, прежде всего тироксина – гормона щитовидной железы [19].

Сегодня патологии, вызванные нехваткой йода, входят в число самых массовых в мире. Россия также относится к государствам, где эта проблема стоит достаточно остро. По сведениям ВОЗ, с йодным дефицитом живут свыше 2 млрд человек. Почти у 700 млн из них диагностирован эндемический зоб, а у 43 млн наблюдается умственная отсталость, а более 6 млн человек страдают кретинизмом – наиболее тяжелой формой умственной отсталости [20].

Ключевая биологическая роль йода связана с выработкой гормонов щитовидной железы – тироксина и трийодтиронина. Через эти гормоны реализуется целый ряд эффектов: ускоряет рост и развитие организма; учувствует в регуляции роста и дифференцировки тканей; способствует повышению артериального давления, усилению и учащению сердечных сокращений; влияет на скорость многих биохимических реакций, увеличивая её; регулирует энергетический обмен и способствует повышению температуры тела; контролирует обмен белов, жиров, воды и электролитов; участвует в обмене витаминов; увеличивает потребление кислорода тканями [21].

Согласно позиции Всемирной организации здравоохранения, йододефицитные состояния относятся к неинфекционным заболеваниям и являются наиболее распространенными в этой группе.

Если йода организму не хватает, могут возникнуть серьезные осложнения: нарушается деятельность нервной системы и головного мозга, страдают половые и молочные железы. Появляются слабость в суставах и мышечные боли, развивается анемия. Возникают сбои репродуктивной функции, проблемы с ростом и восстановлением кожи, волос, зубов. Замедляются преобразование энергии и обменные процессы [22].

У здорового человека содержание йода в крови находится в диапазоне 30–60 мкг/л. Что касается суточной физиологической нормы, взрослым необходимом 150 мкг в сутки, а детям – от 60 до 150 мкг [23].

Согласно рекомендациям органов здравоохранения Российской Федерации, по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям

здорового питания рекомендуемый объем потребления хлеба и хлебобулочных изделий в год на человека составляет 95 кг [24].

Цель исследования заключалась в исследовании влияния порошка селенизированной бурой водоросли *Saccharina japonica* и гидротермического экстракта селенизированной водоросли на количество йода в хлебобулочных изделиях.

Объекты, материалы и методы исследований

Объектами исследования служили: хлеб пшеничный из муки высшего сорта (контрольный образец), хлеб с внесением 3 % порошка селенизированной бурой водоросли *Saccharina japonica* [25–27] и хлеб на основе гидротермического экстракта бурой водоросли *Saccharina japonica,* полностью заменившего воду, вносимую в тесто.

Содержание йода в хлебе из пшеничной муки высшего сорта с добавлением порошка селенизированной бурой водоросли *Saccharina japonica* и в хлебе из пшеничной муки высшего сорта с добавлением (заменой водной фазы) гидротермического экстракта бурой водоросли *Saccharina japonica,* исследовали методом инверсионной вольтамперометрии на вольтамперометрическом анализаторе Ta-Lab. Метод определения включает в себя предварительную подготовку проб путем минерализации и последующий анализ водного раствора минерализованной пробы на вольтамперометрическом анализаторе.

В основе метода вольтамперометрии лежит интерпретация поляризационных кривых, или вольтамперограмм. Их регистрируют в электролитической ячейке, содержащей поляризующийся индикаторный электрод и неполяризующийся электрод сравнения. Из вольтамперограмм можно извлечь как качественные, так и количественные сведения о веществах, которые восстанавливаются или окисляются на электроде, а также о том, как протекает электродный процесс [28].

Инверсионная вольтамперометрия включает несколько последовательных этапов:

1. Сначала определяемое вещество при неизменном потенциале электрохимически накапливают на поверхности электрода в форме труднорастворимого соединения. В ходе электролиза раствор перемешивают.

2. Спустя строго заданный промежуток времени перемешивание останавливают и дают раствору успокоиться. За это время массоперенос вещества к электроду ослабевает, из-за чего электролитический ток снижается до значения стационарного диффузионного тока.

3. После этого выделившееся вещество растворяют. Одновременно записывают, как ток через электрод зависит от потенциала, линейно изменяющегося во времени. Итоговая поляризационная кривая приобретает форму пика, по его положению, то есть по потенциалу пика, идентифицируют вещество, а ток в максимуме – измеренный как высота либо площадь пика – оказывается пропорционален концентрации аналита в растворе, если условия предэлектролиза поддерживаются постоянными [29].

Итоговая поляризационная кривая выглядит как пик. По его положению можно судить о природе определяемого вещества, а ток в максимуме, измеряемый по высоте пика, прямо пропорционален содержанию этого вещества в растворе.

Количественное содержание йода устанавливали методом стандартных добавок. На первом этапе снимали вольтамперограмму исследуемого раствора. Затем в ту же электрохимическую ячейку вводили добавку стандартного раствора определяемого иона с заранее известной концентрацией. Величину добавки подбирали так, чтобы аналитический сигнал увеличился примерно вдвое. Данный прием рекомендован для определения ионов в сложных многокомпонентных пищевых системах, где концентрация посторонних веществ достаточно велика.

Результаты и их обсуждение

Вольтамперометрический анализ исследуемых образцов хлеба (1–3), выявил различия в электрохимическом сигнале йода, что свидетельствует о разной степени его биодоступности. По результатам проведенной серии экспериментов и сделанных расчетов была определена

доля суточной потребности организма в йоде, которую обеспечивает контрольный образец. Такой же показатель был вычислен для хлеба, в состав которого входит 3 % порошка селенизированной бурой водоросли *Saccharina japonica* и 100 % гидротермического экстракта бурой водоросли *Saccharina japonica*. Полученные значения приведены в таблице.

Содержание йода в исследованных образцах хлеба

Iodine content in the studied bread samples

№ п/п	Образец	Содержание йода в образце, мкг/кг	Среднее значение йода в 200 г хлеба, мкг	Норма потребления, мкг/сут	Процент к норме, %
1	Хлеб (контрольный образец)	9,25±0,34	7,4	150	4,93
2	Хлеб с добавлением 3 % порошка селенизированной бурой водоросли *Saccharina japonica*	33,5±1,2	26,8		17,8
3	Хлеб, в состав которого входит гидротермический экстракт бурой водоросли *Saccharina japonica*	753±80	145		96,0

В ходе эксперимента была установлена взаимосвязь между массовой долей вносимой добавки и уровнем йода в исследуемых образцах хлеба. Так, при внесении 3 % порошка селенизированной *Saccharina japonica* сопровождалось повышением содержания йода в 3,6 раза, результат хороший, но этого недостаточно для покрытия суточной нормы. Добавление 100 % гидротермического экстракта *Saccharina japonica* обеспечило максимальное обогащение хлеба микроэлементом. Метод вольтамперометрии позволил зафиксировать стабильное присутствие йода в восстановленной форме, что обеспечивает его лучшую усвояемость. Порция хлеба с добавлением 3 % порошка селенизированной бурой водоросли *Saccharina japonica* по физиологическим нормам удовлетворяет суточную потребность в йоде на 17,8 %, а хлеб, в состав которого входит 100 % гидротермического экстракта *Saccharina japonica* – на 96,0 %. Разработанные рецептуры хлеба могут быть использованы для массового производства профилактических продуктов питания, что актуально для регионов с дефицитом хлеба.

Заключение

В ходе исследования были подобраны рациональные массовые доли селенизированного порошка бурой водоросли *Saccharina japonica,* которые целесообразно включать в рецептуры хлеба. В образце без обогащения (контрольный образец) концентрация йода не превышала 9,25 мкг/кг, что способствовало покрытию лишь 4,93 % суточной физиологической потребности в йоде. При введении 3 % селенизированного порошка бурой водоросли *Saccharina japonica* этот показатель возрастал до 33,5 мкг/кг, или до 17,8 % от суочной нормы. Наиболее выраженный результат получен для хлеба с 100 % гидротермического экстракта бурой водоросли *Saccharina japonica*: содержание йода достигало 753 мкг/кг, а степень удовлетворения суточной потребности составляла 96 %.

Сопоставление полученных данных в ходе эксперимента показывает, что между видом и количеством вводимой добавки и йодной ценностью готового изделия существует отчетли-

вая зависимость. Контрольный образец хлеба не может рассматриваться как значимый источник йода. Добавление 3 % порошка увеличивает содержание микроэлемента примерно в 3,6 раза, однако даже такой уровень покрывает менее пятой части суточной потребности. Использование гидротермического экстракта в массовой доле 100 % обеспечивает почти полное удовлетворение потребности организма в йоде, что позволяет отнести такое хлебобулочное изделие к функциональным продуктам.

Полученные результаты обосновывают перспективность применения бурой водоросли *Saccharina japonica* в качестве природного йодсодержащего компонента при производстве хлеба. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оценку сохранности йода в процессе хранения.

Список источников

1. Boggia, R. Functional Foods and Food Supplements / R. Boggia, P. Zunin, F. Turrini // Applied Sciences. 2020. Vol. 10, № 23. Article 8538. DOI: 10.3390/app10238538.

2. Ловкис, З. Функциональные продукты питания / З. Ловкис, Е. Моргунова // Наука и инновации. 2019. № 12 (202). С. 13–17.

3. Асякина, Л. К. Российский рынок функциональных продуктов питания для здорового образа жизни человека / Л. К. Асякина, А. А. Степанова, Т. В. Тамарзина [и др.] // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2022. № 3. С. 1–10.

4. ГОСТ Р 52349 2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. Введ. 2006 07 01. Москва : Стандартинформ, 2006. 12 с.

5. Кухаренко, А. А. Научные принципы обогащения пищевых продуктов микронутриентами / А. А. Кухаренко, А. Н. Богатырев, В. М. Короткий, М. Н. Дадашев // Пищевая промышленность. 2008. № 5. С. 62–64.

6. Артемова, Е. Н. Растительные добавки в технологии пищевых продуктов : монография / Е. Н. Артемова, З. В. Василенко. Орёл : ОрелГТУ, 2004. 243 с.

7. Leandro, A. Seaweed's bioactive candidate compounds to food industry and global food security / A. Leandro, D. Pacheco, J. Cotas [et al.] // Life (Basel, Switzerland). 2020. Vol. 10, № 8. Article 140. DOI: 10.3390/life10080140.

8. Løvdal, T., Lunestad, B. T., Myrmel, M., Rosnes, J. T., Skipnes, D. Microbiological food safety of seaweeds / T. Løvdal, B. T. Lunestad, M. Myrmel, J. T. Rosnes, D. Skipnes // Foods. 2021. Vol. 10, № 11. P. 2719–2741. DOI: 10.3390/foods10112719.

9. Zhang, L. Global seaweed farming and processing in the past 20 years / L. Zhang, W. Liao, Y. Huang [et al.] // Food Production, Processing and Nutrition. 2022. Vol. 4, Article 23. DOI: 10.1186/s43014-022-00103-2.

10. Prabhasankar, P. Edible Japanese seaweed, wakame (Undaria pinnatifida) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation / P. Prabhasankar, P. Ganesan, N. Bhaskar [et al.] // Food Chemistry. 2009. Vol. 115, № 2. P. 501–508. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.12.047.

11. Quitral, V. Seaweeds in bakery and farinaceous foods: A mini review / V. Quitral, M. Sepúlveda, G. Gamero Vega, P. Jiménez // International Journal of Gastronomy and Food Science. 2022. Vol. 28. Article 100403. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2021.100403.

12. Hall, A. C. Ascophyllum nodosum enriched bread reduces subsequent energy intake with no effect on post prandial glucose and cholesterol in healthy, overweight males. A pilot study / A. C. Hall, A. C. Fairclough, K. Mahadevan, J. R. Paxman // Appetite. 2012. Vol. 58, № 1. P. 379–386. DOI: 10.1016/j.appet.2011.11.002.

13. Yu, B. The inhibitory activity of alginate against allergic reactions in an ovalbumin induced mouse model / B. Yu, D. Bi, L. Yao [et al.] // Food & Function. 2020. Vol. 11, № 3. P. 2704–2713. DOI: 10.1039/D0FO00170H.

14. Corino, C. Seaweeds in pig nutrition / C. Corino, S. C. Modina, A. Di Giancamillo [et al.] // Animals. 2019. Vol. 9, № 12. Article 1126. DOI: 10.3390/ani9121126.

15. Суховеева, М. В. Промысловые водоросли и травы дальневосточных морей: биология, распространение, запасы, технологии переработки / М. В. Суховеева, А. В. Подкорытова. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2006. 243 с.

16. Евсеева, Н. В. К вопросу о рациональном промысле ламинариевых водорослей Сахалино-Курильского региона / Н. В. Евсеева // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : труды «СахНИРО». Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2019. Т. 15. С. 146–165.

17. Аминина, Н. М. Сравнительная характеристика бурых водорослей прибрежной зоны Дальнего Востока / Н. М. Аминмина // Известия ТИНРО (Тихоокеанский научно исследовательский рыбохозяйственный центр). 2015. № 182. С. 258–268.

18. Мохорт, Т. В. Современное состояние проблемы ликвидации йодной недостаточности в Республике Беларусь / Т. В. Мохорт, С. В. Петренко, Н. Д. Коломиец // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. 2007. Т. 3, № 3. С. 50–55. DOI: 10.14341/ket20073350-55.

19. Заболевания щитовидной железы у детей и подростков : учебное пособие / Ю. Г. Самойлова, О. А. Олейник, М. В. Матвеева, О. П. Лейман. Томск : Изд-во СибГМУ, 2019. 97 с.

20. Валдина, Е. А. Заболевания щитовидной железы / Е. А. Валдина. 3 е изд., перераб. и доп. СПб. : Питер, 2006. 368 с.

21. Дедов, И. И. Эндокринология : учеб. для мед. вузов / И. И. Дедов, Г. А. Мельниченко, В. В. Фадеев. – М. : ГЭОТАР Медиа, 2021. 631 с.

22. Мельниченко, Г. А. Заболевания щитовидной железы во время беременности: диагностика, лечение, профилактика : пособие для врачей / Г. А. Мельниченко, В. В. Фадеев, И. И. Дедов. – Москва : Медиасфера, 2015. 148 с.

23. МР 2.3.1.0253 21. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации : методические рекомендации. Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22.07.2021. Текст : электронный : Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140 (дата обращения : 10.07.2026).

24. Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания : утв. приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19.08.2016 № 614. Текст : электронный : Режим доступа: https://www.37fbuz.ru/o-tsentre/rekomendatsii-grazhdanam/746-rekomenduemye-ratsionalnye-normy-potrebleniya-pishchevykh-produktov-otvechayushchikh-sovremennym-trebovaniyam-zdorovogo-pitaniya (дата обращения : 10.07.2026).

25. Лях, В. А. Технологические аспекты использования селенизированной ламинарии в производстве хлеба / В. А. Лях, К. А. Космачева // Вестник научных конференций. 2026. № 5–1(129). С. 74–76.

26. Оценка общей биологической ценности обогащённых хлебобулочных изделий с добавлением бурых водорослей / К. А. Космачева, В. А. Лях, Н. Э. Струппуль [и др.] // Хлебопродукты. 2025. № 4. С. 46–52.

27. Космачева, К. А. Оценка технологических рисков применения продуктов переработки селенизированной ламинарии в технологии хлебобулочных изделий / К. А. Космачева, В. А. Лях // Инновации в пищевой промышленности: образование, наука, производство : материалы VII всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Благовещенск, 02 марта 2026 года. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2026. С. 106–111.

28. МУК 4.1.1481 03. Определение массовой концентрации йода в пищевых продуктах, продовольственном сырье, пищевых и биологически активных добавках вольтамперометрическим методом. Текст : электронный : Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200032528 (дата обращения : 10.07.2026).

29. Шрайбман, Г. Н. Вольтамперометрические методы анализа : методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Аналитическая химия» для студентов 2 курса

химического факультета / Г. Н. Шрайбман, Н. В. Серебряникова, П. Д. Халвина [и др.]. Кемерово : КемГУ, 2004. 31 с.

Сведения об авторах

К. А. Космачёва – младший научный сотрудник Молодежной научно-исследовательской лаборатории функционального, лечебного и спортивного питания Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», SPIN-код: 9570-7951, AuthorID: 1334936.

В. А. Лях – кандидат технических наук, доцент, декан Факультета агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», старший научный сотрудник Молодежной научно-исследовательской лаборатории функционального, лечебного и спортивного питания, Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», SPIN-код: 3803-9538, AuthorID: 633650.

Information about the authors

K. A. Kosmacheva – Junior Researcher of the Youth Scientific Research Laboratory for Functional, Therapeutic and Sports Nutrition, Advanced Engineering School «Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems», SPIN-code: 9570-7951, AuthorID: 1334936.

V. A. Lyakh – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Agro-Food Biotechnologies and Food Engineering, Advanced Engineering School «Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems», Senior Researcher at the Youth Scientific Research Laboratory for Functional, Therapeutic and Sports Nutrition, Advanced Engineering School «Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems», SPIN-code: 3803-9538, AuthorID: 633650.

Статья поступила в редакцию 15.09.2026; одобрена после рецензирования 22.09.2026; принята к публикации 22.09.2026.

The article was submitted 15.09.2026; approved after reviewing 22.09.2026; accepted for publication 22.09.2026.

© Космачёва К. А., Лях В. А., 2026.

«Обогащение хлебобулочных изделий йодом с использованием *Saccharina japonica*: сравнительная эффективность порошка селенизированной водоросли и гидротермического экстракта» [Космачёва К. А., Лях В. А.] распространяется под лицензией Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).