

ПЕРСПЕКТИВЫ ОБОГАЩЕНИЯ МОЛОЧНЫХ КОНСЕРВОВ ЙОДИРОВАННЫМИ СЫВОРОТОЧНЫМИ БЕЛКАМИ

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

Ирина Александровна Барковская, аспирант, младший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, г. Москва
E-mail: i_barkovskaya@vniimi.org

Йод – эссенциальный микроэлемент, участвующий в синтезе гормонов щитовидной железы. Нехватка элемента в организме ведет к формированию патологий различного вида для всех возрастных групп. Согласно медицинским исследованиям последних 20 лет в мире у 2 млрд человек диагностированы йододефицитные состояния, в России – у 14 млн. Для решения проблемы адекватного потребления йода ВОЗ в 1994 году было предложено внедрение программ всеобщего йодирования соли, что привело к значительному снижению уровня йододефицитов и связанных с ними заболеваний. Однако, данные о неравномерности потребления йода из йодированной соли в некоторых странах и сниженной устойчивости неорганических форм йода при транспортировке и приготовлении пищи не позволяют охарактеризовать подобную методику профилактики нехватки микронутриента как универсальную. Представленные сведения актуализируют разработку новых подходов в профилактике, основным из которых является диета с высоким содержанием йода. Цель работы – анализ рынка йодированных молочных продуктов, в том числе молочных консервов. В результате проведенного литературного обзора описаны существующие технологии обогащенных цельномолочных продуктов и консервов, а также представлены их недостатки, среди которых большая длительность приготовления препаратов органического йода, а также отсутствие микроэлементов, участвующих в метаболизме элемента в организме (например, цинка). В связи с этим, актуализируется создание новых пищевых добавок для йодирования молочной продукции. В качестве перспективного сырья для иммобилизации эссенциальных микроэлементов (йода и цинка) предлагается применять частично гидролизованные белки молочной сыворотки.

Ключевые слова: йодированные молочные продукты, йод, цинк, обогащение, дефицит йода

Для цитирования: Барковская, И. А. Перспективы обогащения молочных консервов йодированными сывороточными белками / И. А. Барковская // Молочная промышленность. 2024. № 2. С. 35–39. <https://www.doi.org/10.21603/1019-8946-2024-2-6>

Йод – важный микроэлемент, участвующий в синтезе гормонов щитовидной железы, которые являются ключевыми регуляторами клеточных процессов (рост, метаболизм, дифференциация и др.) [1]. По данным медицинских исследований, дефицит йода влечет формирование патологий различного вида [2–4]. Так, установлена корреляция между нехваткой йода в рационе беременных женщин и нарушениями в соматическом росте и когнитивном развитии ребенка [2]. Дети до 12 лет и взрослые аналогичным образом подвержены влиянию недостатка йода в питании, способного индуцировать различные формы зоба, тиреоидит, гипотериоз, кретинизм и другие интеллектуальные нарушения [3, 4]. Статистические данные по развитию йододефицитных состояний, приведенные ВОЗ, показывают, что более 2 млрд человек нуждаются в повышении уровня потребления микроэлемента, в том числе – 14 млн. человек в России [4]. При этом, специалисты института эндокринологии заявляют о глобальном росте числа регистрируемых случаев йододефицитных заболеваний [5].

Всемирной организацией здравоохранения рекомендовано суточное потребление йода: 90 мкг/сутки для детей дошкольного возраста, 120 мкг/сутки для детей школьного возраста, 150 мкг/сутки

для взрослых и детей старше 12 лет, 100 мкг/сутки для пожилых людей и 250 мкг/сутки для беременных женщин. Это также отражено в Методических рекомендациях МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Ввиду того, что дефицит йода приводит к развитию ряда неинфекционных алиментарно-зависимых заболеваний, а его восполнение в организме человека возможно только из продовольственных ресурсов и/или лекарственных средств, в 1994 году ВОЗ призвала все государства внедрить программы всеобщего йодирования соли на законодательном уровне. Реализация масштабного распространения йодированной соли (с 1993 по 2019 год) показала резкое сокращение числа стран, классифицируемых как йододефицитные: со 116 стран в 1993 году до 19 в 2019 году [6, 7]. Несмотря на это, все еще существуют страны с низким потреблением йода (согласно результатам измерения медианной концентрации йода в моче [мкг/л] в 2021–2023 гг.): Норвегия (75 мкг/л), Финляндия (96 мкг/л), Германия (89 мкг/л), Российская Федерация (среднее значение по всей территории страны – 78 мкг/л) [8, 9], при оптимальном диапазоне уровня йода в моче (согласно нормативным показателям ВОЗ) – 100–300 мкг/л [10].

В работе [11] также сообщается о недостаточном потреблении йода, определенном на выборке из 300 женщин (в возрасте 18–46 лет), при использовании йодированной соли беременными женщинами (медианная концентрация йода в моче составила в среднем менее 150 мкг/л), что в свою очередь создает риск развития патологий у новорожденного. Кроме того, в результате мониторинга выявлены страны с избыточным потреблением йода (может индуцировать аутоиммунные заболевания щитовидной железы), обоснованным высокими концентрациями йода в питьевой воде и пище, среди которых Южная Корея (449 мкг/л), Джибути (335 мкг/л), Камерун (> 300 мкг/л), Гондурас (356 мкг/л) и Колумбия (407 мкг/л) [8, 12].

Несмотря на то, что программы всеобщего йодирования соли способствовали значительному снижению уровня йододефицитных состояний в мире, нельзя достоверно сказать об универсальности данного подхода для ликвидации йододефицитов и связанных с ними патологий. Так, авторы работ [13–15] подчеркивают недостатки нивелирования дефицита йода за счет включения в рацион питания йодированной соли. Одним из недостатков йодированной соли считается слабая устойчивость неорганического йода в соли при транспортировке, хранении и приготовлении пищи [13]. Помимо этого, авторы обращают внимание на противопоказания к употреблению соли группам населения с нарушениями работы сердечно-сосудистой системы, подверженных повышению артериального давления при употреблении натрия [14]. Согласно работе [15], органические формы йода являются наиболее биодоступными, в сравнении с неорганическими, поскольку отсутствует вероятность передозировки микроэлементом (избыточные количества йода утилизируются почками), тогда как переизбыток неорганического йода может привести к формированию аутоиммунных заболеваний [12]. Помимо этого, в исследовании [16] представлены статистические данные, свидетельствующие о росте заболеваемости гипотиреозом в Дании (для выборки граждан в возрасте 20–59 лет) среди пациентов с предшествующим умеренным йодным дефицитом после введения обязательного йодирования соли в 1998 году. Вследствие этого, специалисты пищевой отрасли заявляют о необходимости создания новых нутрицевтических стратегий обогащения йодом продуктов массового спроса, доступных всем слоям населения. Важно, чтобы обогащенные продукты не вызывали побочных действий при употреблении [17–19].

Источник изображения: Freerik.com



В работе [17] авторы подчеркивают целесообразность обогащения йодом молочных продуктов, являющихся одной из категорий продуктов массового спроса, для борьбы с проблемой йододефицита. На данный момент существует ряд технологий производства йодированных молочных продуктов с внесением йодказеина: обогащенное стерилизованное и пастеризованное молоко, содержащее 17 мкг йода в 100 г продукта¹, творог – 50 мкг йода в 100 г продукта [20], кефир – 5–20 мкг йода в 100 г продукта [21]. Помимо цельномолочной продукции, перспективным является обогащение молочных консервов (сухое молоко, сгущенное стерилизованное молоко, сгущенное молоко с сахаром), ввиду их высокой биологической и пищевой ценности за счет повышенного содержания сухих веществ, а также длительного срока годности, что делает данную категорию молочных продуктов удобной в транспортировании и хранении в различных природно-климатических условиях [22]. Российскими исследователями разработан ряд технологий обогащения консервированных продуктов, например, обезжиренное сгущенное молоко с сахаром, производимое с использованием водного экстракта фукуса в количестве 0,3 %². Также специалистами ФГАНУ «ВНИМИ» разработаны сухое молоко, сгущенное стерилизованное молоко и сгущенное молоко с сахаром, обогащенные йодказеином. Однако, представленный перечень продуктов характеризуется рядом недостатков, сформированных внесимыми пищевыми добавками (экстрактом водорослей, йодказеином), заключающихся в длительности приготовления экстракта водорослей (4 часа), а также отсутствии микроэлементов, сопутствующих метаболизму йода в организме (например, цинка) [23]. В связи с тем, что молочные консервы имеют социальное и стратегическое значение, перспективным представляется совершенствование технологий их обогащения пищевыми добавками, содержащими эссенциальные микроэлементы (такие как йод, цинк и пр.).

В качестве матрицы для создания пищевой добавки целесообразно применять сывороточные белки, благодаря наличию в них большого количества

аминокислотных остатков, способных связать йод и хелатировать цинк. Среди аминокислотных остатков белковой цепи, обладающих способностью связывать йод, в работе [24] выявлены тирозин, аланин, метионин, аргинин и другие. Аминокислотные сайты сывороточных белков, способные формировать хелаты с цинком с координационным числом 4, представлены гистидином, глутаминовой кислотой, аргинином и др.³ [25]. Кроме того, в исследовании [26] авторы отмечают возможность повышения степени связывания элементов с белковыми веществами посредством проведения частичного гидролиза, вероятно, ввиду повышения количества свободных реакционноспособных групп. Причем, химические связи, сформированные между белковыми фрагментами и эссенциальными микроэлементами, являются прочными, что обуславливает потенциальную технологическую устойчивость (к повышенным температурам и изменению значения pH) разрабатываемой добавки. Помимо этого, применение молочной сыворотки в качестве сырья позволяет расширить направления переработки вторичного молочного сырья, производство которого ежегодно увеличивается (в период 2014–2020 гг. объем производства молочной сыворотки вырос на 35 %) [27].

Таким образом, для профилактики и нивелирования проблемы дефицита йода в России необходимо создание новых нутрицевтических стратегий по обогащению продуктов массового спроса йодом и сопутствующими его метаболизму веществами. Исходя из представленных в статье данных, целесообразно совершенствовать подходы комплексного обогащения молочных продуктов, в том числе молочных консервов, пищевыми добавками, содержащими эссенциальные микроэлементы. В связи с этим, актуальным направлением исследований является обогащение гидролизованных белков молочной сыворотки йодом и цинком для получения пищевой добавки с высокой биодоступностью элементов и устойчивостью к технологическим факторам. Это сделает возможным ее внесение в молоч-

¹Донская, Г. А. Обогащение селеном молока для питания детей / Г. А. Донская, З. А. Бирюкова, О. Г. Пантелеева [и др.] // Переработка молока. 2015. Т. 189. № 7. С. 36–40.

²Голубева, Л. В. Обогащенный консервированный молочный продукт / Л. В. Голубева, Т. Н. А. Хо // Перспективные аграрные и пищевые инновации: Материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 06–07 июня 2019 года. Под общей редакцией И. Ф. Горлова. Том 2. – Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью "СФЕРА", 2019. – С. 3–6.

³Мавлонов, Г. Т. Активированный цинком бентонит–природный неорганический сорбент для гистидин содержащих пептидов / Г. Т. Мавлонов // Материалы международной научно-практической конференции (67-ой годичной), посвященной 80-летию ТГМУ им. Абуали ибни Сино и «Годам развития села, туризма и народных ремёсел (2019-2021)». – Душанбе, Таджикистан, 29 ноября 2019. – С. 185.



Источник изображения: Freepik.com

ные продукты, технология которых подразумевает применение высоких температур (сгущенные молочные консервы, стерилизованные молочные продукты), а также возможное изменение значения pH в результате протекания реакции Майяра (вареное сгущенное молоко с сахаром). С целью разработки технологии производства молочных консервов, обогащенных органическими формами эссенциальных микроэлементов, в последующих исследованиях планируется проведение ряда экспериментальных работ по оптимизации условий гидролиза сывороточных белков, процесса связывания йода и цинка с пептидами, получению пищевой добавки и изучению изменения качественных показателей обогащенных молочных консервов. ■

PROSPECTS FOR FORTIFYING PRESERVED DAIRY PRODUCTS WITH IODIZED WHEY PROTEINS

Irina A. Barkovskaya

All-Russian Dairy Research Institute, Moscow

REVIEW ARTICLE

Iodine is an essential trace element involved in the synthesis of thyroid hormones. Its deficiency may trigger pathologies of various kinds in all age groups. Over the last 20 years, two billion people in the world have been diagnosed with iodine deficiency. In Russia, this number is 14 million. In 1994, the World Health Organization introduced several salt iodization programs, and the global level of iodine deficiency and related diseases went down. However, some countries still experience social inequality in iodized salt intake. Moreover, inorganic forms of iodine get unstable during transportation and cooking. As a result, iodized salt cannot be considered a universal method. This article features new approaches to iodine deficiency prevention, e.g., high-iodine diets. The research objective was to analyze the market of iodized dairy foods, including canned dairy products. The review featured the existing technologies of fortifying whole-milk products and canned or otherwise preserved dairy foods with iodine. Such products have some disadvantages. For instance, production of organic iodine preparations is time-consuming, and the resulting products often lack trace elements that facilitate iodine metabolism, e.g., zinc. In this connection, the functional food industry needs new food additives to iodize dairy products. Partially hydrolyzed whey proteins seem a promising raw material for iodine and zinc immobilization.

Keywords: iodized dairy products, iodine, zinc, fortification, iodine deficiency

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Opazo, M. C.** The impact of the micronutrient iodine in health and diseases / M. C. Opazo [et al.] // *Critical reviews in food science and nutrition*. 2022. Vol. 62. № 6. P. 1466–1479. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1843398>
2. **Bertinato, J.** Iodine nutrition: Disorders, monitoring and policies / J. Bertinato // *Advances in Food and Nutrition Research*. Academic Press, 2021. Vol. 96. P. 365–415. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.01.004>
3. **Дедов, И. И.** Профилактика йододефицитных заболеваний: в фокусе региональные целевые программы / И. И. Дедов, Е. А. Трошина, Н. М. Платонова [и др.] // *Проблемы эндокринологии*. 2022. Т. 68. № 3. С. 16–20. <https://doi.org/10.14341/probl13119>
4. **Абдулхабирова, Ф. М.** Клинические рекомендации «Заболевания и состояния, связанные с дефицитом йода» / Ф. М. Абдулхабирова, О. Б. Безлепкина, Д. Н. Бровин [и др.] // *Проблемы эндокринологии*. 2021. Т. 67. № 3. С. 10–25. <https://doi.org/10.14341/probl12750>
5. **Трошина, Е. А.** Устранение дефицита йода – забота о здоровье нации. Экскурс в историю, научные аспекты и современное состояние правового регулирования проблемы в России / Е. А. Трошина // *Проблемы эндокринологии*. 2022. Т. 68. № 4. С. 4–12. <https://doi.org/10.14341/probl13154>
6. **Shaaban, E. S.** Iodine Deficiency and Anemia Levels of Urban and Rural Egyptian Children; Follow Up Study / E. S. Shaaban [et al.] // *Advances in Public Health, Community and Tropical Medicine*. 2022. № 6. P. 1–7. <http://doi.org/10.37722/APHCTM.2022601>
7. **Zimmermann, M. B.** The remarkable impact of iodisation programmes on global public health / M. B. Zimmermann // *Proceedings of the Nutrition Society*. 2023. Vol. 82. № 2. P. 113–119. <https://doi.org/10.1017/s0029665122002762>
8. **Vasiljev, V.** Overview of Iodine Intake / V. Vasiljev [et al.] // *Southeastern European Medical Journal*. 2022. Vol. 6, № 1. P. 12–20. <http://doi.org/10.26332/seemedj.v6i1.241>
9. **Адельмурзина, А. И.** Результаты скрининга на врожденный гипотиреоз и транзиторные формы гипотиреоза у новорожденных в условиях йододефицитного региона – Республики Башкортостан / А. И. Адельмурзина, В. В. Викторов, Ф. С. Билалов, Е. А. Тимофеева // *Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования*. 2023. № 2. С. 9–13.
10. **Герасимов, Г. А.** Моделирование потребления йода с пищевыми продуктами промышленного производства, изготовленными с йодированной солью, у взрослого населения и беременных в Армении и Молдове / Г. А. Герасимов, Л. Цуркан, Г. Асланян [и др.] // *Вопросы питания*. 2021. Т. 90. № 1. С. 49–56. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-1-49-56>; <https://www.elibrary.ru/sgbqgf>
11. **Trofimiuk-Müldner, M.** Current iodine nutrition status in Poland (2017): is the Polish model of obligatory iodine prophylaxis able to eliminate iodine deficiency in the population? / M. Trofimiuk-Müldner [et al.] // *Public Health Nutrition*. 2020. Vol. 23. № 14. P. 2467–2477. <https://doi.org/10.1017/s1368980020000403>
12. **Koukkou, E. G.** Effect of excess iodine intake on thyroid on human health / E. G. Koukkou, N. D. Roupas, K. B. Markou // *Minerva Med*. 2017. V. 108. № 2. P. 136–146. <https://doi.org/10.23736/S0026-4806.17.04923-0>

13. **Деревицкая, О. К.** Новые стандарты на консервы для детского питания / О. К. Деревицкая, А. С. Дыдыкин, А. В. Устинова, М. А. Асланова // Пищевая промышленность. 2016. № 1. С. 22–25. <https://www.elibrary.ru/vpslxb>
14. **Туровина, Е. Ф.** Анализ потребления поваренной пищевой соли как фактора риска развития артериальной гипертензии / Е. Ф. Туровина, Е. Н. Мельникова // Вопросы науки и образования. 2019. Т. 46. № 1. С. 16–19. <https://www.elibrary.ru/zbmylj>
15. **Савлукова, Ю. О.** Получение функционального йогурта, обогащенного йодом в биодоступной форме / Ю. О. Савлукова, Е. Г. Ковалева // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2023. Т. 11, № 2. С. 83–92. <https://doi.org/10.14529/food230210>; <https://www.elibrary.ru/hmhnlc>
16. **Woodside, J. V.** Iodine status in UK—An accidental public health triumph gone sour / J. V. Woodside, K. R. Mullan // Clin Endocrinol. 2021. № 94. P. 692–699. <https://doi.org/10.1111/cen.14368>
17. **Бирюкова, З. А.** Сохранность йода в молоке при стерилизации и хранении / З. А. Бирюкова, О. Г. Пантелеева, Е. А. Юрова, А. Я. Гончарова // Молочная промышленность. 2014. № 10. С. 54–56. <https://www.elibrary.ru/sujojt>
18. **Зобкова, З. С.** Внедрение и коммерциализация результатов научно-исследовательских работ в цельномолочной отрасли / З. С. Зобкова // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. 2020. Т. 1. № 1. С. 199–204. <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-199-204>; <https://www.elibrary.ru/bnojwn>
19. **Донская, Г. А.** Алиментарные средства защиты от радиации / Г. А. Донская, Л. Г. Креккер, Е. В. Колосова, В. М. Дрожжин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2023. Т. 193. № 4. С. 172–179. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-4-172-179>
20. **Степычева, Н. В.** Творог, обогащенный йодказеином / Н. В. Степычева, С. А. Патронова // Молочная промышленность. 2020. № 8. С. 52–53. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-08-52-53>; <https://www.elibrary.ru/qrmnwc>
21. **Зобкова, З. С.** Внедрение и коммерциализация результатов научно-исследовательских работ в цельномолочной отрасли / З. С. Зобкова // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. 2020. Т. 1. № 1(1). С. 199–204. <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-199-204>; <https://www.elibrary.ru/bnojwn>
22. **Туровская, С. Н.** Безопасность молочных консервов как интегральный критерий эффективности их технологии. Российский опыт / С. Н. Туровская, А. Г. Галстян, А. Н. Петров [и др.] // Пищевые системы. 2018. Т. 1. № 2. С. 29–54. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-2-29-54>; <https://www.elibrary.ru/xslojf>
23. **Arias-Borrego, A.** Iodine deficiency disturbs the metabolic profile and elemental composition of human breast milk / A. Arias-Borrego, I. Velasco, J. L. Gómez-Ariza, T. García-Barrera // Food Chemistry. 2022. № 371. P. 131329. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131329>
24. **Sirimulla, S.** Halogen interactions in protein–ligand complexes: implications of halogen bonding for rational drug design / S. Sirimulla, J. B. Bailey, R. Vegesna, M. Narayan // Journal of chemical information and modeling. 2013. V. 53. № 11. P. 2781–2791. <https://doi.org/10.1021/ci400257k>
25. **Попов, И. А.** Определение минимального цинк-связывающего центра природных изоформ домена 1-16 бета-амилоида методом ESI-MS / И. А. Попов, М. И. Индейкина, А. С. Кононихин [и др.] // Молекулярная биология. 2013. Т. 47. № 3. С. 498–498. <https://doi.org/10.7868/S0026898413020122>; <https://www.elibrary.ru/qaxkap>
26. **Ибрагимова, З. Р.** Получение и аспекты рационального применения йодированных белков в технологии функциональных продуктов питания / З. Р. Ибрагимова, Е. И. Цопанова, Д. Д. Симеониди // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2015. Т. 34. № 5. С. 73–77. <https://www.elibrary.ru/umqzxn>
27. **Кручинин, А. Г.** Современное состояние рынка вторичных сырьевых ресурсов молочной промышленности / А. Г. Кручинин, А. В. Бигаева, С. Н. Туровская, Е. Е. Илларионова // Ползуновский вестник. 2022. № 4. С. 140–149. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.018>; <https://www.elibrary.ru/uhsmdm>