

Разработка технологии получения безлактозного альбумина

Алексей В. Вернер	1	werneralexey@mail.ru	 0000-0003-2086-5231
Ольга В. Чугунова	1	chugun.ova@ya.ru	 0000-0002-7039-4047
Дмитрий В. Гращенко	1	dmitriygr99@mail.ru	 0000-0001-8956-4934
Екатерина В. Пастушкова	1	pas-ekaterina@ya.ru	 0000-0001-6992-1201
Дмитрий И. Девяткин	1	devyatkdin@mail.ru	 0000-0002-5457-1613

1 Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия

Аннотация. К современной тенденции развития молочной промышленности относится поиск оптимальных способов производства безлактозной продукции в условиях стабильно высокого спроса у людей с непереносимостью лактозы и низких объемов отечественного производства. К экономически и технологически эффективному методу относится производство молочных аналогов с использованием вторичных ресурсов. Целью исследования является разработка способа получения безлактозной молочной продукции с получением безлактозного альбумина из молочной сыворотки. Оценивалась эффективность подобранной технологии ферментативного гидролиза β -галактозидазы лактозы образцов подсырной и творожной сыворотки по показателю степени гидролиза и влияние данного процесса на органолептические, микробиологические и физико-химические показатели выделяемого альбумина, проводилось сравнение показателей с изготовленным в лабораторных условиях безлактозным творогом. В результате проведенных исследований установлено, что вид используемой молочной сыворотки не влияет на качество выделяемого безлактозного альбумина, имеющего лучшие показатели структуры по сравнению с безлактозным творогом, таким образом его можно использовать в производстве вязких или липких компонентов без потери структурно-механических свойств готовой продукции, с момента получения срок годности альбумина составляет 72 часа при температуре 4 ± 2 °C и влажности не менее 95%. Сравнение с безлактозным творогом показало, что альбумин имеет более рыхлую структуру, меньшую жирность (< 1%) и сопоставимое содержание белка (~10%). При этом его влагосвязывающая способность на 5–6% ниже, а вязкость позволяет использовать его в производстве продуктов с добавлением фруктовых или овощных пюре без потери структурных свойств. На основании проведенных исследований разработана и запатентована (№ 2023106023 от 13.03.2023) технология производства безлактозного альбумина, который может применяться в пищевой промышленности для создания специализированных продуктов для людей с лактазной недостаточностью.

Ключевые слова: безлактозный альбумин, безлактозная продукция, безлактозный творог, молочная сыворотка, β -галактозидаза.

Development of technology for the production of lactose-free albumin

Alexey V. Werner	1	werneralexey@mail.ru	 0000-0003-2086-5231
Olga V. Chugunova	1	chugun.ova@ya.ru	 0000-0002-7039-4047
Dmitry V. Grashchenkov	1	dmitriygr99@mail.ru	 0000-0001-8956-4934
Ekaterina V. Pastushkova	1	pas-ekaterina@ya.ru	 0000-0001-6992-1201
Dmitry I. Devyatkin	1	devyatkdin@mail.ru	 0000-0002-5457-1613

1 Ural State University of Economics, 8 Marta str./Narodnaya Volya, 62/45, Yekaterinburg, 620144, Russia

Abstract. The current trend in the development of the dairy industry includes the search for optimal ways to produce lactose-free products in conditions of consistently high demand from people with lactose intolerance and low volumes of domestic production. The economically and technologically effective method includes the production of dairy analogues using secondary resources. The aim of the study is to develop a method for producing lactose-free dairy products with the production of lactose-free albumin from whey. The effectiveness of the selected technology of enzymatic hydrolysis of beta-galactosidase lactose of samples of subcutaneous and curd whey was evaluated according to the degree of hydrolysis and the effect of this process on the organoleptic, microbiological and physico-chemical parameters of the released albumin, and the indicators were compared with lactose-free cottage cheese made in the laboratory. As a result of the conducted research, it was found that the type of whey used does not affect the quality of the lactose-free albumin released, which has better structural parameters compared to lactose-free cottage cheese, thus it can be used in the production of viscous or sticky components without loss of structural and mechanical properties of the finished product, from the moment of receipt, the shelf life of albumin is 72 hours at a temperature of 4 ± 2 °C and humidity of at least 95%. Comparison with lactose-free cottage cheese showed that albumin has a looser structure, lower fat content (< 1%) and comparable protein content (~10%). At the same time, its moisture-binding capacity is 5–6% lower, and its viscosity allows it to be used in the production of products with the addition of fruit or vegetable puree without losing its structural properties. Based on the research conducted, a technology for the production of lactose-free albumin was developed and patented (No. 2023106023 dated 13.03.2023), which can be used in the food industry to create specialized products for people with lactase deficiency.

Keywords: lactose-free albumin, lactose-free products, lactose-free cottage cheese, whey, β -galactosidase.

Для цитирования

Вернер А.В., Чугунова О.В., Гращенко Д.В., Пастушкова Е.В., Девяткин Д.И. Разработка технологии получения безлактозного альбумина // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 2. С. 85–92. doi:10.20914/2310-1202-2025-2-85-92

For citation

Werner A.V., Chugunova O.V., Grashchenkov D.V., Pastushkova E.V., Devyatkin D.I. Development of technology for the production of lactose-free albumin. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 2. pp. 85–92. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-2-85-92

Введение

Для разработки рационов питания для детей с непереносимостью лактозы необходимо либо исключать продукты, содержащие лактозу, либо заменять их на безлактозные молочные аналоги, так как альтернативные молоку растительные варианты не могут полноценно заменить по ряду технологических и пищевых характеристик [1–4]. Современные тренды здорового питания так же показывают интерес взрослого населения к безлактозным молочным продуктам, употребление которого исключает возникновение негативных последствий при отсутствии достаточного пищеварительного фермента для усвоения лактозы [5], при этом производимые аналоги не должны уступать по качеству традиционным наименованиям продукта [6].

Исходя из роста производства молочной сыворотки как побочного продукта при изготовлении различных молочных продуктов можно сделать вывод, что вопросы ее переработки занимают одни из лидирующих позиций и требуют разнообразных решений для ее использования [7–9].

На основании вышеперечисленных фактов разработка безлактозного альбумина из молочной сыворотки и изготовление из нее готовой безлактозной продукции с использованием современных информационных технологий является актуальной задачей [10,11].

Цель исследования – разработка способа получения безлактозного альбумина из молочной сыворотки и разработка рецептур безлактозных готовых блюд (изделий) на ее основе.

Для достижения поставленной цели исследований были поставлены следующие задачи:

1. изучить рынок безлактозной продукции представленный в торговых сетях города Екатеринбург;
2. разработать способ получения безлактозного альбумина из молочной сыворотки ферментативным способом, провести сравнение показателей с безлактозным творогом.

Материалы и методы.

Теоретические и экспериментальные исследования выполнялись в период с 2020 по 2024 г. на кафедре технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

Для разработки технологии изготовления безлактозного альбумина использовали следующие сырье и материалы:

– сыворотка молочная, полученная после изготовления твердого сыра типа «Российский» и после изготовления творога, соответствующие требованиям ГОСТ 34352–2017;

– ферментный препарат β -галактозидазы Mayalact® 5000 (изготовитель Mayasan biotech, Турция, импортер ООО «Эдванта», г. Екатеринбург, Россия).

Для проведения исследований, сравнения показателей с безлактозным альбумином и проектирования рецептур безлактозной молочной продукции в связи со сложностью приобретения было принято решение самостоятельно изготавливать безлактозный творог:

– молоко питьевое безлактозное ультрапастеризованное 3,5% жирности, соответствующее требованиям ТУ 10.51.11.070–00425662–2019 (АО «Белгородский молочный комбинат», г. Белгород, Россия);

– закваска для творога, соответствующая требованиям ТУ 10.89.19–001–18137828–2021 (ООО «ВИВО Индустрия», г. Москва, Россия).

При выполнении экспериментальной части работы использовали общепринятые методы физико-химических, органолептических, микробиологических исследований как в исходном сырье, так и в готовой продукции [12, 13].

Результаты и обсуждение

В рамках решения первой задачи проведен анализ ассортимента безлактозных продуктов в крупных торговых сетях города Екатеринбург. За 2020–2022 года был изучен ассортимент безлактозного молока в городе Екатеринбург (альтернативные, на основе растительных компонентов, виды молока не рассматривались), представлен на рисунке 1.

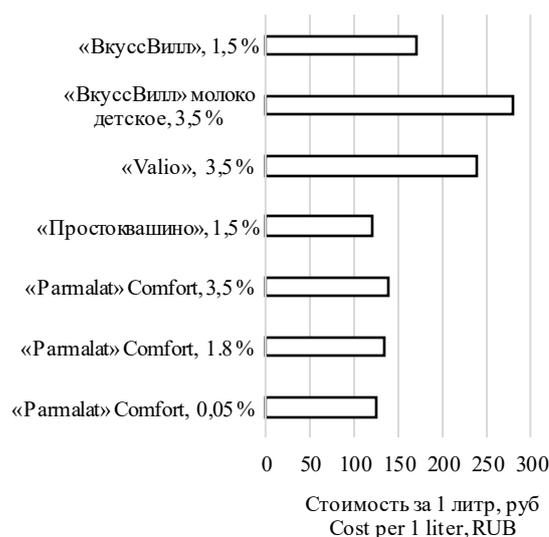


Рисунок 1. Ассортимент безлактозного молока, представленный в городе Екатеринбург

Figure 1. The range of lactose-free milk presented in the city of Yekaterinburg

Установлен узкий ассортимент безлактозных молочных продуктов, который представлен в основном в крупных торговых сетях, а также высокая стоимость (от 80 до 300%) по отношению к классическим вариантам, содержащим лактозу, что обосновывает целесообразность разработки безлактозного альбумина из молочной сыворотки. Безлактозные творог, сметана, сливочное масло были найдены только на полках магазина «ВкусВилл», безлактозный кефир найден не был [14].

В рамках решения второй задачи разработан способ получения безлактозного альбумина из свежей молочной сыворотки. За основу взята традиционная технология получения альбумина, включающая четыре этапа: нагрев до 93–95 °С, увеличение рН кислотной, например, лимонной до значения 4,5–4,6, выдержка в течение 60 минут, фильтрация полученных альбуминовых хлопьев. (схему)

Для гидролиза лактозы использовался жидкий фермент β-галактозидаза производства Mayasan biotech Mayalact® 5000 получаемый путем ферментации дрожжей *Kluuveromyces lactis* [15, 16]. Показана важность уровня рН

на протяжении всего процесса ферментации, молочная сыворотка в зависимости от происхождения обладает различной степенью рН, для поддержки и оценки оптимального уровня рН на уровне 6,6–6,8 для проведения ферментативного гидролиза использовалась автоматическая установка автотитратора с введением 20% раствора гидроксида кальция [17, 18].

В эксперименте варьировались количество вводимого фермента и время выдержки. Примеры образцов, взятых для исследования и результаты исследования степени гидролиза лактозы представлены в таблице 1 [19].

Исходя из полученных результатов установлены оптимальные параметры для проведения гидролиза лактозы в молочной сыворотке (степень гидролиза лактозы 95–96%):

- температура 37 ± 1 °С;
- продолжительность 4 часа;
- количество вносимого фермента 0,1 г на 100 г сыворотки.

Технологический процесс получения безлактозного альбумина из молочной сыворотки представлен на рисунке 2.

Таблица 1.

Модельные образцы молочной сыворотки, взятые для исследования

Table 1.

Model samples of whey taken for research

Вид исходного сырья Raw material	Подсырная сыворотка Cheese whey						Творожная сыворотка Curd whey													
	0,5		1,0		1,5		0,5		1,0		1,5									
Количество вносимого фермента на 1 литр сыворотки, г Amount of enzyme added per 1 liter of whey, g	0,5		1,0		1,5		0,5		1,0		1,5									
Температура выдержки, °С Holding temperature, °С	37		37		37		37		37		37									
Время выдержки, час Holding time, hours	3,5	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0								
Степень гидролиза лактозы, % Degree of lactose hydrolysis, %	73±1		89±1		95±1		90±1		95±1		70±1		90±1		96±1		89±1		96±1	

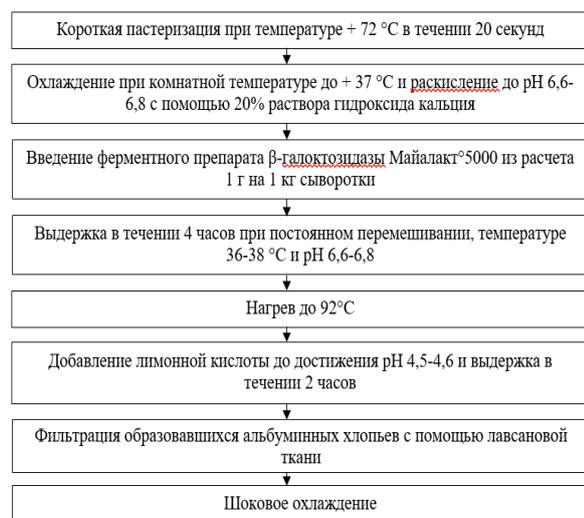


Рисунок 2. Технология получения безлактозного альбумина из молочной сыворотки

Figure 2. Technology to produce lactose-free albumin from whey

Предложенное технологическое решение позволяет получить безлактозный альбумин от 62 до 73% сухой массы молочной сыворотки, органолептическая оценка (таблица 3) и физико-химические показатели полученного безлактозного альбумина представлены на рисунке 3.

Проведенные исследования показывают, что вид молочной сыворотки не влияет на органолептические и физико-химические показатели, продукт можно отнести к безлактозному так как содержание лактозы не более 0,1 г на 1 кг продукта [20].

Результаты исследования органолептических и микробиологических показателей приведены в таблице 2 и 3.

Таблица 2.
Органолептическая оценка полученного безлактозного альбумина из двух видов сыворотки

Table 2.
Organoleptic evaluation of the obtained lactose-free albumin from two types of serum

Показатель Index	Безлактозный альбумин Lactose-free albumin	
	из подсырной сыворотки cheese whey	из творожной сыворотки curd whey
Внешний вид Appearance	пастообразная масса pasty mass	
Консистенция Consistency	нежная, мажущаяся delicate, spreadable	
Цвет Color	белый, слегка с кремовым оттенком, равномерный	белый, равномерный
Запах Smell	характерный для альбумина, молочный, без посторонних запахов characteristic of albumin, milky, without foreign odors	
Вкус Taste	характерный для альбумина, слегка сладковатый, без посторонних привкусов characteristic of albumin, slightly sweet, without foreign flavors	характерный для альбумина, сладковатый, с небольшой кислинкой без посторонних привкусов characteristic of albumin, sweet, with a slight sourness without foreign flavors

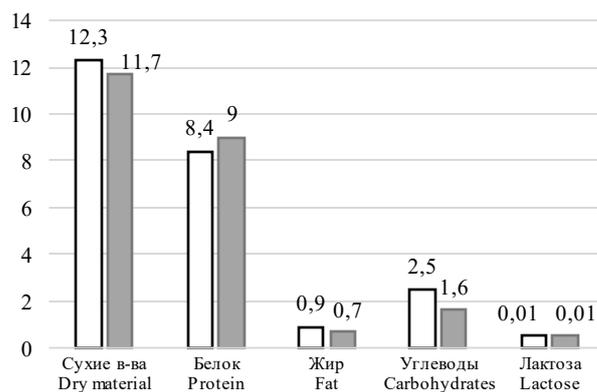


Рисунок 3. Физико-химические показатели безлактозного альбумина из двух видов сыворотки, %

Figure 3. Physico-chemical parameters of lactose-free albumin from two types of serum, %

Таблица 3.
Результаты микробиологического исследования безлактозного альбумина

Table 3.

Results of microbiological examination of lactose-free albumin

Показатель Index	Вид безлактозного альбумина Type of lactose-free albumin	День Day				Норма Norm
		1 (24 ч)	2 (48 ч)	3 (72 ч)	4 (96 ч)	
Микробиологические показатели Values						
КМАФАнМ, КОЕ/г QMAFAнМ, CFU/g	из подсырной сыворотки from cheese whey	1×10^2	$1,3 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$	$1,9 \times 10^2$	2×10^5
	из творожной сыворотки from curd whey	1×10^2	$1,1 \times 10^2$	$1,3 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$	
Бактерии группы кишечных палочек Bacteria of the coliform group	из подсырной сыворотки from cheese whey	в 0,1 г образца не обнаружены in 0.1 g of sample not detected				не допускается в 0,1 г продукта not allowed
	из творожной сыворотки from curd whey					
<i>S. aureus</i>	из подсырной сыворотки from cheese whey	в 25 г образца не обнаружены in 25 g of sample not detected				не допускается в 25 г продукта not allowed
	из творожной сыворотки from curd whey					
Бактерии рода <i>Proteus</i>	из подсырной сыворотки from cheese whey	в 0,1 г образца не обнаружены in 0.1 g of sample not detected				не допускается в 0,1 г продукта not allowed

Установлены сроки годности полученного безлактозного альбумина – 72 часа (3 суток) с момента окончания технологического процесса при температуре 4 ± 2 °C и влажности не менее 95%.

Для сравнения показателей качества безлактозного альбумина и безлактозного творога был изготовлен творог из безлактозного молока «Parmalat Comfort» жирностью 3,2% путем внесения закваски, согласно классической технологии. Химический состав и органолептические показатели полученного творога представлен в таблице 5 и 6 соответственно.

Таблица 4.
Химический состав безлактозного творога

Table 4.

Chemical composition of lactose-free cottage cheese

Массовая доля, % Mass fraction, %	Значение Value
Сухие вещества, % Dry matter, %	$24,80 \pm 0,02$
Белок, % Protein, %	$10,05 \pm 0,02$
Жир, % Fat, %	$10,26 \pm 0,04$
Углеводы, % Carbohydrates, %	$2,62 \pm 0,03$

Таблица 5.
Органолептические показатели
безлактозного творога

Table 5.
Organoleptic characteristics of lactose-free
cottage cheese

Показатель Index	Значение Value
Консистенция Consistency	Мягкая, мажущаяся Soft, spreadable
Цвет Color	Белый, равномерный White, uniform
Запах Smell	Характерный для кисломолочного продукта, без постороннего запаха Characteristic of a fermented milk product, without foreign smell
Вкус Taste	Характерный для творога, слегка сладковатый, без постороннего привкуса Characteristic of cottage cheese, slightly sweet, without foreign taste

Установлено что безлактозный творог, полученный из безлактозного молока классическим способом, имеет приятные органолептические показатели, которые можно приравнять к органолептическим показателям мягкого творога промышленного производства.

Полученный безлактозный творог содержит практически равное количество белка и жира – 10,05 и 10,26 г соответственно.

Полученный альбумин имеет низкое содержание жира < 1%, по отношению к творогу, содержание белка и углеводов находятся примерно на одинаковом уровне, разница по белку менее 1,7% по углеводам не более 1,1%.

На рисунке 5 приведено сравнение влаго-связывающей способности полученного безлактозного альбумина и безлактозного творога.

Установлено что влаго-связывающая способность безлактозного альбумина на 5–6% меньше чем в безлактозном твороге.

Исследование вязкости производили с помощью ротационного вискозиметра «Реотест-2», зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига для полученного безлактозного альбумина и безлактозного творога представлена на в таблице 6.

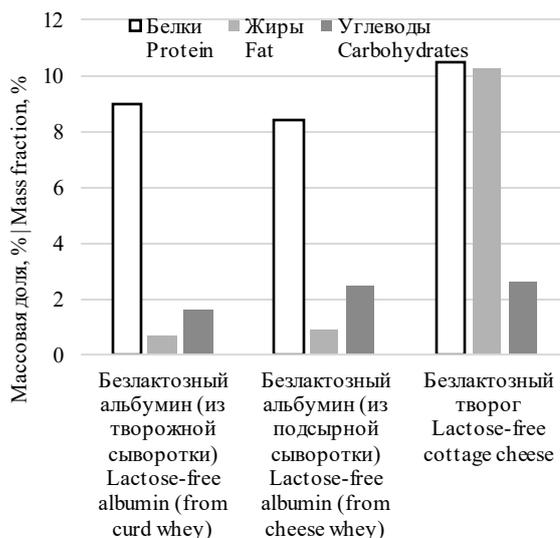


Рисунок 4. Сравнение массовой доли жира, полученного безлактозного альбумина и безлактозного творога
Figure 4. Comparison of the mass fraction of fat obtained from lactose – free albumin and lactose-free cottage cheese

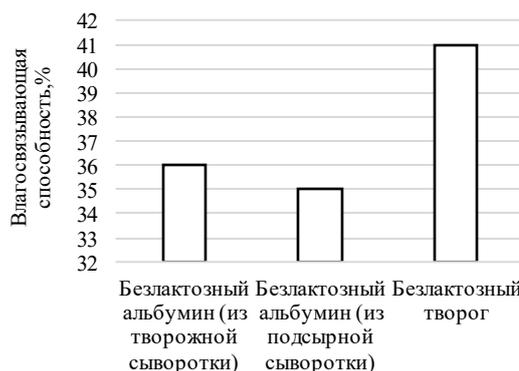


Рисунок 5. Сравнение влаго-связывающей способности безлактозного альбумина и безлактозного творога
Figure 5. Comparison of the moisture binding capacity of lactose-free albumin and lactose-free cottage cheese

Таблица 6.
Зависимость эффективной вязкости безлактозного альбумина и безлактозного творога от градиента скорости

Table 6.
Dependence of the effective viscosity of lactose-free albumin and lactose-free cottage cheese on the rate gradient

Значение градиента скорости, с ⁻¹ Velocity gradient value, s ⁻¹	Эффективная вязкость Effective viscosity, Па × с × 10 ⁻²		
	Безлактозный альбумин (из творожной сыворотки) Lactose-free albumin (from curd whey)	Безлактозный альбумин (из подсырной сыворотки) Lactose-free albumin (from cheese whey)	Безлактозный творог Lactose-free curd
0,0333	45,780 ± 2,100	43,560 ± 2,088	50,803 ± 2,246
1,0000	17,600 ± 0,833	17,130 ± 0,750	18,060 ± 0,870
3,0000	5,990 ± 0,278	5,890 ± 0,277	6,355 ± 0,310
9,0000	2,088 ± 0,125	2,010 ± 0,121	2,190 ± 0,105
27,0000	0,730 ± 0,045	0,700 ± 0,059	0,732 ± 0,066
48,6000	0,469 ± 0,018	0,436 ± 0,022	0,420 ± 0,020
81,0000	0,279 ± 0,015	0,277 ± 0,016	0,298 ± 0,013
145,8000	0,173 ± 0,007	0,172 ± 0,008	0,174 ± 0,008

Заключение

Установлено, что безлактозный альбумин имеет более рыхлую и воздушную структуру по отношению к безлактозному творогу, благодаря чему в альбумин можно добавлять большее количество вязких или липких компонентов, например, сладких фруктовых или овощных пюре без потери структурно-механических свойств готовых блюд (изделий) на его основе.

На основании результатов исследований была составлена заявка и получен патент № 2023106023 от 13.03.2023 на разработку способа производства безлактозного альбумина, который может быть использован в качестве сырья для изготовления готовой продукции для питания людей с непереносимостью лактозы.

Литература

- 1 Looijesteijn E., JanssenDuijghuijsen L., van den Belt M., et al. Daily Lactose Supplementation in Lactase Non-Persistent Individuals Induces Colonic Adaptation and Reduces Intolerance Symptoms // The 14th European Nutrition Conference FENS 2023. 2023. Vol. 91. No. 1. Art. 47. doi: 10.3390/proceedings2023091047.
- 2 Рождественская Л.Н., Романенко С.П., Чугунова О.В. Перспективы нутриентного профилирования для профилактики заболеваний и укрепления здоровья // Индустрия питания | Food Industry. 2023. Т. 8. № 2. С. 63–72. doi: 10.29141/2500-1922-2023-8-2-7.
- 3 Darma A., Sumitro K.R., Jo J., Sitorus N. Lactose Intolerance versus Cows Milk Allergy in Infants: a Clinical Dilemma // *Nutrients*. 2024. Vol. 16. No. 3. Art. 414. doi: 10.3390/nu16030414.
- 4 Гращенков Д.В., Дубенко С.Э., Чугунова О.В. Применение методов математического моделирования при разработке рационов заданной пищевой ценности // Индустрия питания | Food Industry. 2023. Т. 8. № 1. С. 84–91. doi: 10.29141/2500-1922-2023-8-1-9.
- 5 Storhaug C.L., Fosse S.K., Fadnes L.T. Country, Regional, and Global Estimates for Lactose Malabsorption in Adults: a Systematic Review and Meta-Analysis // *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*. 2017. Vol. 2. Iss. 10. P. 738–746. doi: 10.1016/s2468-1253(17)30154-1.
- 6 Девяткин Д.И., Меренкова С.П. Технологические особенности применения нетрадиционных компонентов в рецептуре хлеба обновленного ассортимента // Молодой исследователь: материалы 9-й научной выставки-конференции научно-технических и творческих работ студентов, Челябинск, 18–19 мая 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2022. С. 91–96.
- 7 Andiç S., Oğuz Ş. Lactose and Lactose Derivatives // *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2022. Vol. 10. No. 6. P. 1130–1137. doi: 10.24925/turjaf.v10i6.1130-1137.4935.
- 8 Hodges J., Cao S., Cladis D., Weaver C. Lactose Intolerance and Bone Health: the Challenge of Ensuring Adequate Calcium Intake // *Nutrients*. 2019. Vol. 11, Iss. 4. Art. 718. doi: 10.3390/nu11040718.
- 9 Heyman M.B. Lactose Intolerance in Infants, Children, and Adolescents // *Pediatrics*. 2006. Vol. 118. Iss. 3. P. 1279–1286. doi: 10.1542/peds.2006-1721.
- 10 Горлова А.И., Ильина А.М. Физиологическая роль лактозы нативного и гидролизованного молока: обзор // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 2(92). С. 57–61. doi: 10.20914/2310-1202-2022-2-57-61.
- 11 Mukhanbetzhanov N.A., Mukhanbetzhanova Zh. Ye., Kozhakhmetov S.S., Kushugulova A.R. The Role of Probiotics in the Modulation of Intestinal Microbiota in Lactose Intolerance // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия: Биологические науки. 2023. No. 4(145). P. 86–96. doi: 10.32523/2616-7034-2023-145-4-86-96.
- 12 Li A., Zheng J., Han X., et al. Advances in Low-Lactose/Lactose-Free Dairy Products and Their Production // *Foods*. 2023. Vol. 12. Iss. 13. Art. 2553. doi: 10.3390/foods12132553.
- 13 Хелеф М.Э.А., Голубцова Ю.В., Иванова С.А. Безлактозные молочные продукты: перспективы производства // Новые технологии. 2022. Т. 18. № 3. С. 94–105. doi: 10.47370/2072-0920-2022-18-3-94-105.
- 14 Dekker P.J.T., Koenders D., Bruins M.J. Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits // *Nutrients*. 2019. Vol. 11. P. 551. doi: 10.3390/nu11030551.
- 15 Букуру Л.К., Скворцов Е.В., Багаева Т.В., Канарская З.А. Эффективность применения β-галактозидазы для получения низколактозного питания на основе молочной сыворотки // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 13. С. 117–119.
- 16 Hidalgo-Fuentes B., de Jesús-José E., Cabrera-Hidalgo A. de J., et al. Plant-Based Fermented Beverages: Nutritional Composition, Sensory Properties, and Health Benefits // *Foods*. 2024. Vol. 13. Iss. 6. Art. 844. doi: 10.3390/foods13060844.
- 17 Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Мосолова Н.И. и др. Физико-химические показатели молока, произведенного в условиях промышленной технологии // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1(69). С. 360–368. doi: 10.32786/2071-9485-2023-01-39.
- 18 Ходяшев Н.Б., Вихарева Е.А., Ратников Е.А. Исследование влияния отдельных факторов на ферментативный гидролиз лактозы молочной сыворотки // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2019. № 4. С. 26–35. doi: 10.15593/2224-9400/2019.4.03.
- 19 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019619332, Российская Федерация. Расчет лактозы в сырье и готовой продукции / Гращенков Д.В., Сова Е.В., Гляумбетова М.В.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный экономический университет" (УрГЭУ). № 2019618245; заявл. 05.07.2019; опубл. 16.07.2019.

20 Welna M., Szymczycha-Madeja A., Lesniewicz A., et al. The Nutritional Value of Plant Drink against Bovine Milk – Analysis of the Total Concentrations and the Bio-Accessible Fraction of Elements in Cow Milk and Plant-Based Beverages // Processes. 2024. Vol. 12. Iss. 1. Art. 231. doi: 10.3390/pr12010231.

References

- 1 Looijesteijn E., Janssen Duijghuijsen L., van den Belt M. et al. Daily Lactose Supplementation in Lactase Non-Persistent Individuals Induces Colonic Adaptation and Reduces Intolerance Symptoms. The 14th European Nutrition Conference FENS 2023. 2023. vol. 91. no. 1. Art.47. doi:10.3390/proceedings2023091047
- 2 Rozhdestvenskaya L.N., Romanenko S.P., Chugunova O.V. Prospects of nutrient profiling for disease prevention and health promotion. Food industry. 2023. vol. 8. no. 2. pp. 63–72. doi:10.29141/2500–1922–2023–8–2–7 (in Russian)
- 3 Darma A., Sumitro K.R., Jo J., Sitorus N. Lactose Intolerance versus Cows Milk Allergy in Infants: a Clinical Dilemma. Nutrients. 2024. vol. 16. no. 3. Art. 414. doi:10.3390/nu16030414
- 4 Grashchenkov D.V., Dubenko S.E., Chugunova O.V. Application of mathematical modeling methods in the development of diets of a given nutritional value. Food industry. 2023. vol. 8. no. 1. pp. 84–91. doi:10.29141/2500–1922–2023–8–1–9 (in Russian)
- 5 Storhaug C.L., Fosse S.K., Fadnes L.T. Country, Regional, and Global Estimates for Lactose Malabsorption in Adults: a Systematic Review and Meta-Analysis. The Lancet Gastroenterology & Hepatology. 2017. vol. 2. no. 10. pp. 738–746. doi: 10.1016/s2468–1253(17)30154–1
- 6 Devyatkin D.I., Merenkova S.P. Technological features of the use of non-traditional components in the formulation of bread of the updated assortment. Young researcher: materials of the 9th scientific exhibition-conference of scientific, technical and creative works of students. Chelyabinsk: SUSU Publishing Center, 2022. pp. 91–96. (in Russian)
- 7 Andiç S., Oğuz Ş. Lactose and Lactose Derivatives. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi. 2022. vol. 10. no. 6. pp. 1130–1137. doi:10.24925/turjaf.v10i6.1130–1137.4935
- 8 Hodges J., Cao S., Cladis D., Weaver C. Lactose Intolerance and Bone Health: the Challenge of Ensuring Adequate Calcium Intake. Nutrients. 2019. vol. 11. no. 4. Art. 718. doi:10.3390/nu11040718
- 9 Heyman M.B. Lactose Intolerance in Infants, Children, and Adolescents. Pediatrics. 2006. vol. 118. no. 3. pp. 1279–1286. doi:10.1542/peds.2006–1721
- 10 Gorlova A.I., Ilyina A.M. The physiological role of lactose in natural and hydrolyzed milk: a review. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2022. vol. 84. no. 2(92). pp. 57–61. doi:10.20914/2310–1202–2022–2–57–61 (in Russian)
- 11 Mukhanbetzhanov N.A., Mukhanbetzhanova Zh.Ye., Kozhakhmetov S.S., Kushugulova A.R. The role of probiotics in the modulation of intestinal microbiota in lactose intolerance. Bulletin of the Eurasian National University named after L.N. Gumilyov. Series: Biological Sciences. 2023. no. 4(145). pp. 86–96. doi:10.32523/2616–7034–2023–145–4–86–96 (in Russian)
- 12 Li A., Zheng J., Han X. et al. Advances in Low-Lactose/Lactose-Free Dairy Products and Their Production. Foods. 2023. vol. 12. no. 13. Art. 2553. doi:10.3390/foods12132553
- 13 Khelef M.E.A., Golubtsova Yu.V., Ivanova S.A. Lactose-free dairy products: production prospects. New technologies. 2022. vol. 18. no. 3. pp. 94–105. doi:10.47370/2072–0920–2022–18–3–94–105 (in Russian)
- 14 Dekker P.J.T., Koenders D., Bruins M.J. Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits. Nutrients. 2019. vol. 11. pp. 551. doi:10.3390/nu11030551
- 15 Bukuru L.K., Skvortsov E.V., Bagaeva T.V., Kanarskaya Z.A. The effectiveness of the use of β -galactosidase to produce a low-lactose drink based on whey. Bulletin of the Technological University. 2017. vol. 20. no. 13. pp. 117–119. (in Russian)
- 16 Hidalgo-Fuentes B., de Jesús-José E., Cabrera-Hidalgo A. de J. et al. Plant-Based Fermented Beverages: Nutritional Composition, Sensory Properties, and Health Benefits. Foods. 2024. vol. 13. no. 6. Art. 844. doi:10.3390/foods13060844
- 17 Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I. et al. Physico-chemical parameters of milk produced under the conditions of industrial technology. Izvestiya Nizhnevolzhskiy agrouniversitetskiy complex: Science and higher professional education. 2023. no. 1(69). pp. 360–368. doi:10.32786/2071–9485–2023–01–39 (in Russian)
- 18 Khodyashev N.B., Vikhareva E.A., Ratnikov E.A. Investigation of the influence of individual factors on the enzymatic hydrolysis of lactose in whey. Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Chemical technology and biotechnology. 2019. no. 4. pp. 26–35. doi:10.15593/2224–9400/2019.4.03 (in Russian)
- 19 Grashchenkov D.V., Sova E.V., Tlyumbetova M.V. Certificate of state registration of the computer program No. 2019619332 Russian Federation. Calculation of lactose in raw materials and finished products: No. 2019618245: application 05.07.2019: publ. 16.07.2019. applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ural State University of Economics" (USUE). (in Russian)
- 20 Welna M., Szymczycha-Madeja A., Lesniewicz A. et al. The Nutritional Value of Plant Drink against Bovine Milk – Analysis of the Total Concentrations and the Bio-Accessible Fraction of Elements in Cow Milk and Plant-Based Beverages. Processes. 2024. vol. 12. no. 1. Art. 231. doi:10.3390/pr12010231

Сведения об авторах

Алексей В. Вернер аспирант, кафедра технологии питания, Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия, werneralexey@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2086-5231>

Ольга В. Чугунова д.т.н., профессор, кафедра технологии питания, Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия, chugun.ova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7039-4047>

Дмитрий В. Гращенко к.т.н., доцент, кафедра технологии питания, Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия, dmitriygr99@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8956-4934>

Екатерина В. Пастушкова д.т.н., доцент, кафедра технологии питания, Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия, pas-ekaterina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6992-1201>

Дмитрий И. Девяткин аспирант, кафедра технологии питания, Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия, devyatkdin@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5457-1613>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Alexey V. Werner graduate student, Department of Food Technology, Ural State University of Economics, 8 Marta str./Narodnaya Volya, 62/45, Yekaterinburg, 620144, Russia, werneralexey@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2086-5231>

Olga V. Chugunova Dr. Sci. (Engin.), professor, Department of Food Technology, Ural State University of Economics, 8 Marta str./Narodnaya Volya, 62/45, Yekaterinburg, 620144, Russia, chugun.ova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7039-4047>

Dmitry V. Grashchenkov Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of Food Technology, Ural State University of Economics, 8 Marta str./Narodnaya Volya, 62/45, Yekaterinburg, 620144, Russia, dmitriygr99@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8956-4934>

Ekaterina V. Pastushkova Dr. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of Food Technology, Ural State University of Economics, 8 Marta str./Narodnaya Volya, 62/45, Yekaterinburg, 620144, Russia, pas-ekaterina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6992-1201>

Dmitry I. Devyatkin graduate student, Department of Food Technology, Ural State University of Economics, 8 Marta str./Narodnaya Volya, 62/45, Yekaterinburg, 620144, Russia, devyatkdin@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5457-1613>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/04/2025	После редакции 18/05/2025	Принята в печать 25/05/2025
Received 01/04/2025	Accepted in revised 18/05/2025	Accepted 25/05/2025