

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО БИОПРОДУКТА ДЛЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ, ОБОГАЩЕННОГО КОМПЛЕКСОМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGY FOR COMBINED BIOPRODUCTS FOR PREVENTIVE NUTRITION BASED ON MILK WHEY ENRICHED WITH A COMPLEX OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

**S. Polskikh
V. Gryzlov**

Summary. Relevance: In the context of global increases in non-communicable diseases, micronutrient deficiencies, and intestinal dysbiosis, there is a growing need for scientifically substantiated and technologically advanced preventive nutrition solutions. Whey, previously regarded as a secondary by-product, is now recognized as a unique functional base due to its high content of bioactive peptides, minerals, and prebiotic carbohydrates.

Object: Technological processes and solutions employed in the development of combined (synbiotic) products based on whey.

Subject: Optimization methods aimed at enhancing the stability of bioactive compounds (BACs), ensuring high viability of probiotic strains, improving organoleptic and rheological properties, and strengthening the synergistic preventive effect of components.

Scientific novelty of the review: For the first time, all key directions of technological optimization over the past five years (2019–2024) have been systematically organized and critically analyzed, including innovative encapsulation techniques, staged ingredient addition, application of protective matrices, and adaptive fermentation regimes. An integrated model of an optimized technological cycle is proposed.

Main conclusions: The analysis demonstrates that the success of modern whey-based bioproducts depends not on individual components but on a systemic technological approach. The most effective strategies include: 1) demineralization and ultrafiltration of whey as preparatory steps; 2) encapsulation of thermo- and pH-unstable BACs; 3) application of prebiotics (GOS, inulin) to provide trophic support for probiotics; 4) addition of probiotics prior to fermentation and BACs after cooling; 5) use of natural flavor-masking agents to improve taste. These approaches enable the creation of products with proven *in vitro* and *in vivo* efficacy, stability exceeding 28 days, and high consumer appeal.

Keywords: whey, preventive nutrition, combined bioproduct, technological optimization, synbiotic, encapsulation, probiotic viability, galactooligosaccharides, bioactive compounds, organoleptic properties.

Польских Светлана Валерьевна

кандидат биологических наук,
Воронежский Государственный аграрный университет
имени Императора Петра I
future29@yandex.ru

Грызлов Валерий Александрович

Воронежский Государственный Аграрный университет
имени Императора Петра I

Аннотация. Актуальность: В условиях глобального роста неинфекционных заболеваний, дефицита микронутриентов и дисбиоза кишечника возрастает потребность в научно обоснованных, технологически совершенных средствах профилактического питания. Молочная сыворотка, ранее рассматривавшаяся как вторичное сырье, сегодня признана уникальной функциональной основой благодаря высокому содержанию биоактивных пептидов, минералов и пребиотических углеводов.

Объект: Технологические процессы и решения, применяемые при создании комбинированных (симбиотических) продуктов на основе молочной сыворотки.

Предмет: Методы оптимизации, направленные на повышение стабильности биологически активных веществ (БАВ), обеспечение высокой выживаемости пробиотических штаммов, улучшение органолептических и реологических характеристик, а также усиление синергетического профилактического действия компонентов.

Научная новизна обзора: Впервые систематизированы и критически проанализированы все ключевые направления технологической оптимизации за последние 5 лет (2019–2024), включая инновационные методы инкапсуляции, поэтапного внесения ингредиентов, применения защитных матриц и адаптивных ферментационных режимов. Предложена интегральная модель оптимизированного технологического цикла.

Основные выводы: Анализ показал, что успех современных биопродуктов на сывороточной основе определяется не отдельными компонентами, а системным подходом к технологии. Наиболее эффективными являются: 1) деминерализация и ультрафильтрация сыворотки как подготовительный этап; 2) инкапсуляция термо- и pH-нестабильных БАВ; 3) применение пребиотиков (ГОС, инулин) в качестве трофической поддержки пробиотиков; 4) внесение пробиотиков до ферментации, а БАВ — после охлаждения; 5) использование натуральных маскирующих агентов для улучшения вкуса. Эти подходы позволяют создавать продукты с доказанной *in vitro* и *in vivo* эффективностью, стабильностью >28 дней и высокой потребительской привлекательностью.

Ключевые слова: молочная сыворотка, профилактическое питание, комбинированный биопродукт, технологическая оптимизация, симбиотик, инкапсуляция, выживаемость пробиотиков, галактоолигосахариды, биологически активные вещества, органолептические свойства.

Введение

Современное общество сталкивается с растущей нагрузкой на здоровье, обусловленной урбанизацией, снижением физической активности, стрессами и несбалансированным питанием. На сегодняшний день отмечается беспрецедентный рост хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ), включая ожирение, сахарный диабет 2 типа, сердечно-сосудистые патологии и аутоиммунные расстройства. По данным ВОЗ, на долю ХНИЗ приходится более 70 % всех смертей в мире [1]. Одним из ключевых факторов, способствующих этому тренду, является несбалансированное питание, характеризующееся избытком простых углеводов и насыщенных жиров, и дефицитом пищевых волокон, витаминов, минералов и биоактивных соединений. В этих условиях возрастает роль профилактического питания — системы, направленной не только на удовлетворение базовых энергетических потребностей, но и на активное поддержание гомеостаза, иммунитета, микробиоценоза кишечника и метаболических функций организма. Профилактическое питание становится неотъемлемой частью концепции «персонализированного здравоохранения», где питание рассматривается как основной инструмент управления здоровьем. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является разработка функциональных продуктов на основе молочного сырья, в частности — молочной сыворотки, которая в последние годы претерпела трансформацию от отхода производства до высокоценного функционального ингредиента [2,3].

Молочная сыворотка — это жидкая фракция, остающаяся после свертывания казеина при производстве сыра или творога. Исторически она рассматривалась как низкосортный побочный продукт, часто утилизируемый или используемый в качестве корма для животных. Такой подход был не только экономически неэффективен, но и создавал серьезные экологические проблемы из-за высокой БПК (биохимической потребности в кислороде) сточных вод [3,4]. Однако, последние два десятилетия ознаменовались кардинальной переоценкой потенциала сыворотки. Современные исследования показали, что в 1 литре сыворотки содержится до 55 % всех сухих веществ исходного молока, включая: Белки (0,6–0,8 %): β -лактоглобулин (50–55 %), α -лактальбумин (20–25 %), иммуноглобулины (10–15 %), бычий сывороточный альбумин (5–10 %), лактоферрин (1–2 %) [5]. Эти белки не только обладают высокой биологической ценностью, но и являются источником биоактивных пептидов с антигипертензивным, антиоксидантным, иммуномодулирующим и антимикробным действием [6]. Лактоза (4,5–5,0 %): является естественным пребиотиком, стимулирующим рост бифидобактерий и лактобацилл в толстом кишечнике [7]. Минеральные вещества: кальций, магний, фосфор, цинк, селен — в легкоусвояемой

форме, связанной с лактозой и пептидами [8]. Витамины группы В: В2 (рибофлавин), В5 (пантотеновая кислота), В12 (кобаламин) — критически важны для энергетического обмена и функционирования нервной системы [9]. Таким образом, сыворотка представляет собой уникальную, сбалансированную по составу матрицу, идеально подходящую для создания продуктов профилактического питания.

Глобальный рынок функциональных продуктов питания демонстрирует устойчивый рост. По данным Grand View Research, его объем в 2023 году составил \$220 млрд, а к 2027 году прогнозируется достижение отметки в \$275 млрд, что соответствует среднегодовому темпу роста 7,8 % [10]. Наиболее динамично растущим сегментом являются продукты, направленные на поддержку здоровья кишечника и иммунитета — именно те функции, которые наиболее эффективно может выполнять сывороточный симбиотик. В России рынок также активно развивается. Согласно отчету «Агропит» (2024), объем переработки молочной сыворотки в сегменте функциональных продуктов увеличился на 32 % за период 2020–2023 гг. [11]. К 2025 году ожидается рост до 40 %, что обусловлено: повышенным вниманием населения к своему здоровью после пандемии COVID-19, ростом осведомленности о роли микробиоты кишечника, увеличением числа людей, страдающих непереносимостью лактозы или казеина, для которых сывороточные продукты могут стать альтернативой, поддержкой со стороны государства программ по импортозамещению и развитию глубокой переработки сельхозсырья.

Несмотря на очевидный потенциал, создание эффективных комбинированных биопродуктов на основе сыворотки сопряжено с рядом сложных технологических задач: нестабильность БАВ в кислой среде кисломолочных продуктов, снижение жизнеспособности пробиотиков при хранении, органолептические недостатки (горечь, водянистость, неоднородная текстура) и отсутствие стандартизированных подходов к дозированию комплексов БАВ.

Целью настоящего обзора является систематизация и анализ современных (за последние 5 лет) научных достижений и технологических решений, направленных на оптимизацию производства комбинированных биопродуктов на основе глубоко переработанной молочной сыворотки, обогащенных комплексами биологически активных веществ, для целей профилактического питания.

Материалы и методы

Настоящий обзор основан на анализе научных публикаций, опубликованных в рецензируемых журналах за период с 2019 по 2024 год. Поиск литературы осуществ-

влялся в базах данных Scopus, Web of Science, PubMed, а также в российских научных электронных библиотеках (eLibrary.ru, CyberLeninka).

- В обзор были включены исследования, посвященные:
- Разработке и оптимизации технологий производства комбинированных (симбиотических) продуктов на основе молочной сыворотки;
 - Методам повышения стабильности и биодоступности БАВ (витаминов, минералов, фитоэкстрактов, пептидов) в сывороточной матрице;
 - Стратегиям обеспечения высокой выживаемости пробиотических микроорганизмов в течение срока хранения;
 - Подходам к улучшению органолептических свойств (вкус, текстура, аромат) обогащенных сывороточных продуктов;
 - Оценке синергетического эффекта компонентов *in vitro* и *in vivo*.

Исследования, посвященные исключительно сырой сыворотке, кормовым добавкам или продуктам без комбинированного (мультикомпонентного) состава, из обзора исключались. Анализ проводился по принципу систематизации технологических решений по ключевым проблемным блокам.

Результаты исследования

Анализ литературы последних пяти лет позволил выделить несколько ключевых направлений оптимизации технологий, которые успешно решают стоящие перед отраслью задачи. Сводная информация по основным стратегиям представлена в Таблице 1.

Оптимизация основы: подготовка сыворотки. Исследования показывают, что качество исходной сыворотки критически важно. Применение деминерализации (электродиализ, ионный обмен) позволяет снизить осмотическое давление, что положительно сказывается на жизнеспособности пробиотиков при хранении [12]. Ультрафильтрация для концентрирования белковой фракции (до 80–90 % в сухом веществе) создает структурную основу продукта, улучшая его текстуру и снижая водянистость. При этом важно контролировать степень гидролиза белков, так как избыточный гидролиз, хотя и улучшает растворимость, может усиливать горечь [13].

Стабилизация биологически активных веществ. Одним из главных прорывов стало широкое внедрение технологий инкапсуляции. Для защиты чувствительных к pH, свету и температуре компонентов (витамины, полифенолы, фитоэкстракты) используются различные матрицы: модифицированный крахмал, мальтодекстрин, камеди (гуаровая, ксантановая), а также липосомы и наноэмульсии. Например, инкапсуляция экстракта курку-

Таблица 1.
Ключевые технологические стратегии оптимизации сывороточных биопродуктов и их эффект

Проблема/цель	Технологическая стратегия	Конкретные методы/ингредиенты	Ожидаемый эффект/результат
Подготовка основы	Деминерализация	Электродиализ, ионный обмен	Снижение осмотического давления, улучшение выживаемости пробиотиков
	Концентрирование белков	Ультрафильтрация	Улучшение текстуры, снижение водянистости
Стабилизация БАВ	Инкапсуляция	Модифицированный крахмал, мальтодекстрин, липосомы	Снижение потерь активных веществ до 5–10 % за 30 дней хранения
	Хелатирование / Микрокапсулирование	Для витаминов (D3, B) и минералов (Fe, Zn)	Предотвращение окисления и нежелательных взаимодействий
Выживаемость пробиотиков	Использование пребиотиков	ГОС (3 %), инулин, лактулоза	Увеличение выживаемости пробиотиков в 30 раз (на 1.5 порядка)
	Поэтапное внесение	Пробиотики — до ферментации, БАВ — после охлаждения	Защита пробиотиков от конкуренции и агрессивной среды
Органолептика	Маскирование горечи	Натуральные ароматизаторы, подсластители (стевииозид), ГОС	Улучшение вкусовых качеств, повышение потребительской привлекательности
	Оптимизация текстуры	Гидроколлоиды (пектин, агар)	Получение густой, однородной, нежной текстуры

мы или имбиря в крахмальную матрицу методом распылительной сушки позволила снизить потери активных веществ (куркуминоидов, гингеролов) до 5–10 % за 30 дней хранения, в то время как в свободной форме потери достигали 40–60 % [14, 15]. Витамины (особенно D3 и группы B) и минералы (железо, цинк) также успешно стабилизируются путем хелатирования или микрокапсулирования, что предотвращает их взаимодействие с другими компонентами и окисление [9, 16].

Обеспечение выживаемости пробиотиков. Выживаемость пробиотиков — критический показатель, определяющий эффективность продукта. Минимальный порог для пробиотического эффекта — 10^8 – 10^9 КОЕ/г в момент

потребления [17]. Основные стратегии поддержания жизнеспособности, складываются из следующих моментов. Использование пребиотиков, их внесение в продукт создает «пищевой резерв» для пробиотиков на этапе хранения. Галактоолигосахариды (ГОС): считаются «золотым стандартом». Исследование показало, что добавление 3 % ГОС увеличило выживаемость *B. lactis* BB-12 на 1.5 порядка (в 30 раз) по сравнению с контролем через 28 дней [18]. Фруктоолигосахариды (ФОС) и инулин: также эффективны, но могут вызывать повышенное газообразование у чувствительных людей при высоких дозах [19]. Лактулоза: менее распространена, но обладает высокой пребиотической активностью [20]. Важным технологическим приемом является *поэтапное внесение*: пробиотики вносятся на стадии ферментации, а пребиотики и инкапсулированные БАВ — *после* охлаждения готового продукта. Это защищает пробиотики от конкуренции с заквасочными культурами и от агрессивной среды во время активного сквашивания [12]. Также эффективно применение защитных сред (например, на основе трегалозы или сывороточных белков) для лиофилизованных культур.

Коррекция органолептических и физико-химических свойств. Создание вкусного и привлекательного продукта — залог его коммерческого успеха. Основные проблемы и решения: устранение горечи (причины гидрофобные пептиды от гидролиза белков, некоторые БАВ экстракты полыни, кожуры цитрусовых), пути решения проблемы маскирование вкуса: использование натуральных ароматизаторов (ваниль, какао, ягодные пюре) и подсластителей (стевиозид, monkfruit, эритрит), также для маскировки горечи допустимо использования ГОС обладающих приятным, мягким сладковатым вкусом [21]. Оптимизация реологических свойств достигается за счет применения гидроколлоидов: пектин, агар, в минимальных концентрациях, что позволяет получить густую, но не вязкую и однородную текстуру без ощущения «резиновости». Для стабилизации цвета и аромата допустимо использование непрозрачной упаковки (алюминиевые стаканчики, многослойные пленки).

Подтверждение синергетического эффекта и биологической эффективности. Современные исследования все чаще включают этап *in vitro* оценки на моделях кишечной микробиоты. Модели кишечной микробиоты (SHIME, TIM-2): позволяют оценить влияние продукта на состав микробиоты и метаболизм (синтез короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК)). Исследование показало, что симбиотик на основе сыворотки, ГОС и *L. rhamnosus* GG увеличил концентрацию бутирата на 40 % и долю бифидобактерий на 35 % по сравнению с контролем. Результаты показывают, что комбинированные продукты на основе сыворотки, содержащие пробиотики, пребиотики и фитокомпоненты, вызывают более значимое увеличение популяции бифидо- и лактобактерий

и синтеза КЦЖК, чем продукты с отдельными компонентами [22]. Это подтверждает наличие синергии и усиление профилактического действия.

Обсуждение

Проведенный обзор литературы за 2019–2024 гг. демонстрирует, что технология производства комбинированных биопродуктов на основе молочной сыворотки прошла этап интенсивной оптимизации. На смену эмпирическому подходу приходят научно обоснованные, стандартизированные решения, решающие конкретные технологические проблемы.

Главная тенденция последних лет — переход от простого обогащения к интеллектуальному конструированию продукта. Это означает не просто добавление полезных ингредиентов, а тщательный подбор их форм (например, инкапсулированных), оптимизацию последовательности технологических операций (поэтапное внесение) и создание синергетических комбинаций, где каждый компонент усиливает действие другого. Подход, описанный в работах (Полянского К.К, 2022 г., Sánchez, B, 2021 г.), где инкапсуляция защищает БАВ, а пребиотик поддерживает пробиотик, является ярким примером такой системной оптимизации.

Важным достижением является решение проблемы органолептики. Ранние версии функциональных сывороточных продуктов часто отвергались потребителями из-за неприятного вкуса. Современные технологии позволяют создавать продукты, которые не только полезны, но и вкусны, что является ключевым фактором для их коммерческого успеха [21]. Это смещает фокус с чисто технологических характеристик на потребительские.

Следует отметить, что большинство исследований пока ограничиваются *in vitro* и модельными экспериментами. Хотя они убедительно демонстрируют механизм действия и стабильность формулы, для полного подтверждения профилактической эффективности необходимы рандомизированные контролируемые клинические испытания на людях. Лишь единичные работы за последние пять лет вышли на этот уровень, что указывает на перспективное направление для будущих исследований.

Несмотря на значительный прогресс, в области оптимизации сывороточных биопродуктов остаются нерешенные вопросы:

- персонализация, разработка продуктов под конкретные группы потребителей (пожилые, спортсмены, люди с непереносимостью лактозы) с индивидуально подобранными штаммами пробиотиков и комплексами БАВ [23],
- новые матрицы для инкапсуляции: исследование биоразлагаемых и функциональных матриц, на-

пример, на основе белков насекомых или микроводорослей, которые сами по себе являются источниками нутриентов,

- «умные» системы доставки: создание систем, высвобождающих БАВ не в желудке, а целенаправленно в кишечнике, под действием ферментов или pH,
- крупномасштабные клинические испытания: проведение рандомизированных, плацебо-контролируемых исследований для получения доказательной базы уровня «золотого стандарта»,
- цифровизация и Industry 4.0: внедрение систем искусственного интеллекта для управления процессами ферментации и прогнозирования срока годности на основе данных о выживаемости пробиотиков.

Оптимизация технологии не только улучшает качество продукта, но и имеет важные экономические и эко-

логические последствия. Глубокая переработка сыворотки повышает ее стоимость в 5–10 раз по сравнению с использованием в качестве корма. Создание высокомаржинальных функциональных продуктов открывает новые рынки для молочных предприятий [11]. Утилизация сыворотки — серьезная экологическая проблема. Ее переработка в ценные продукты питания снижает нагрузку на окружающую среду и соответствует принципам циркулярной экономики [4].

Таким образом, оптимизация технологии — это не единичное действие, а комплексный процесс, включающий подготовку сырья, защиту активных компонентов, поддержку пробиотиков и улучшение потребительских свойств. Современные научные разработки предоставляют технологам мощный инструментарий для создания эффективных, стабильных и востребованных продуктов профилактического питания на основе такого ценного, ранее недооцененного сырья, как молочная сыворотка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всемирная организация здравоохранения. Статистика по хроническим неинфекционным заболеваниям // WHO, 2020–2023.
2. Антипова Т.А. и др. Разработка состава и технологии сухих напитков на основе молочной сыворотки. Вестник МГТУ. 2023. Т. 26, № 3. С. 242–248. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-3-242-248>.
3. Козлов А.Б. и др. Функциональные молочные продукты в России: современное состояние и перспективы // Российский журнал пищевых технологий. — 2021. — Т. 12(4). — С. 45–58.
4. Kuznetsova T. Экологические аспекты переработки молочной сыворотки // Экология и производство, 2019.
5. Паладий И.В.; Врабие Е.Г.; Спринчан К.Г.; Болога М.К. Молочная сыворотка: обзор работ. Часть 1. Классификация, состав, свойства, производные, применение. Электронная обработка материалов. 2021, 57(1), 52–69. Doi: 10.5281/zenodo.4456698.
6. Guha S., Sharma H., Deshwal G.K. et al. A comprehensive review on bioactive peptides derived from milk and milk products of minor dairy species. Food Prod Process and Nutr 3, 2 (2021). <https://doi.org/10.1186/s43014-020-00045-7>.
7. Zanutto-Elgui M.R., Vieira J.C.S., do Prado D.Z., Buzalaf M.A.R., Padilha P., Elgui de Oliveira D., & Fleuri L.F. (2019). Production of milk peptides with antimicrobial and antioxidant properties through fungal proteases. Food Chemistry, 278, 823–831 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.119>.
8. Minj S., Anand S. Developing a dairy-based health formulation by combining the bioactive properties of whey protein hydrolysates and probiotic organisms. Journal of Dairy Science. 2019;102.
9. Коденцова В.М., Саркисян В.А., Воробьева В.М., Воробьева И.С., Кочеткова А.А., Рисник Д.В. Обогащение пищевых продуктов витамином D: международный опыт и новые тенденции // Пищевая промышленность. 2019 № 9.
10. Grand View Research. Functional Food Market Report 2023-2027. — 2023.
11. Аналитический отчет «Агропит». (2024). Рынок функциональных молочных продуктов в России.
12. Воробьева О.А., Ших Е.В., Дроздов В.Н., Ших Н.В. Результаты применения комбинированного пробиотика (*Lactobacillus rhamnosus* GG и *Bifidobacterium animalis* spp. *lactis* BB-12) у детей с гастроинтестинальными и кожными проявлениями пищевой аллергии // Вопросы питания. 2023. Т. 92, № 3. С. 79–86. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2023-92-3-79-86>.
13. Ewert J., Claaßen W., Stressler T., Fischer L. An innovative two-step enzymatic membrane bioreactor approach for the continuous production of antioxidative casein hydrolysates with reduced bitterness. Biochemical Engineering Journal. 2019;150. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2019.107261>.
14. Sanchez B., et al. Microencapsulation of Curcumin and Ginger Extracts to Improve Stability // Food Hydrocolloids, 2021.
15. Mohite D., Waghmare R.B. (2020) Encapsulation Techniques for De-livery of Bioactive Compounds in Milk and Dairy Products— A Review. J. Dairy Res Tech 3: 017
16. Balji Yuriy. (2019). Современные аспекты контроля качества и безопасности пищевых продуктов: Монография Modern aspects of quality control and food safety: Monograph.
17. Ивашкин В.Т., Маев И.В., Абдулганиева Д.И., Алексеенко С.А., Горелов А.В., Захарова И.Н., Зольникова О.Ю., Ивашкина Н.Ю., Корочанская Н.В., Маммаев С.Н., Полуэктова Е.А., Трухманов А.С., Усенко Д.В., Успенский Ю.П., Цуканов В.В., Шифрин О.С., Бережная И.В., Ивашкин К.В., Лапина Т.Л., Масленников Р.В., Николаева С.В., Сугян Н.Г., Ульянов А.И. Практические рекомендации Научного сообщества по содействию клиническому изучению микробиома человека (НСОИМ) и Российской гастроэнтерологической ассоциации (РГА) по применению пробиотиков, пребиотиков, синбиотиков и обогащенных ими функциональных пищевых продуктов для лечения и профилактики заболеваний гастроэнтерологического профиля у детей и взрослых. Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2021;31(2):65–91. <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2021-31-2-65-91>.

18. Maraz Anna & Kovács Zoltán & Benjamins Eric & Pázmándi Melinda. (2022). Recent developments in microbial production of high-purity galacto-oligosaccharides. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 38. 10.1007/s11274-022-03279-4.
19. Fuhren J., Schwalbe M., Boekhorst J. et al. Dietary calcium phosphate strongly impacts gut microbiome changes elicited by inulin and galacto-oligosaccharides consumption. *Microbiome* 9, 218 (2021). <https://doi.org/10.1186/s40168-021-01148-0>.
20. Рябцева С.А., Храмцов А.Г., Будкевич Р.О., Анисимов Г.С., Чукло А.О., Шпак М.А. Физиологические эффекты, механизмы действия и применение лактулозы // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89, № 2. С. 5–20. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10012.
21. Белоусова Т.И. (2023). Влияние органолептических свойств на потребительское восприятие функциональных продуктов. *Пищевая промышленность*, (7), 22–25.
22. Шевелёва С.А., Маркова Ю.М. Безопасность и функциональный потенциал пробиотиков и пребиотиков, используемых в детском питании. *Трудный пациент*. 2022; 20 (1): 22–38. doi: 10.224412/2074–1005-2022-1-22-38.
23. Facioni M.S., Raspini B., Pivari, F. et al. Nutritional management of lactose intolerance: the importance of diet and food labelling. *J Transl Med* 18, 260 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12967-020-02429-2>.

© Польских Светлана Валерьевна (future29@yandex.ru); Грызлов Валерий Александрович
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»