

Переработка молочной сыворотки как вторичного молочного сырья для разработки функциональных пищевых продуктов*

Анна Дмитриевна Веснина, канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории биотестирования природных нутрицевтиков

E-mail: koledockop1@mail.ru

Анастасия Михайловна Федорова, канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории биотестирования природных нутрицевтиков

E-mail: anastasija.fedorova-af2014@yandex.ru

Ирина Сергеевна Милентьева, д-р техн. наук, доцент, заведующий лабораторией биотестирования природных нутрицевтиков

E-mail: irazumnikova@mail.ru

Лариса Александровна Проскурякова, д-р биол. наук, доцент, заведующий кафедрой психологии и общей педагогики

E-mail: lora-al@yandex.ru

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

Молочная сыворотка и продукты ее переработки (белки, пептиды, лактоза и т. д.) являются перспективными компонентами функциональных пищевых продуктов. Несмотря на высокий биологический потенциал молочной сыворотки, в ее составе отсутствуют растительные полифенолы. В связи с этим актуальной является разработка продукции, биоактивность которой обусловлена синергическим действием компонентов молочной сыворотки и растительных метаболитов. Целью данной работы является систематический обзор научной литературы, посвященной использованию молочной сыворотки и растительных метаболитов в качестве функциональных пищевых ингредиентов. В обзор включено 32 источника. Анализ литературы показал, что в большинстве исследований в качестве функциональных ингредиентов используются сывороточные белки, преимущественно в системах инкапсулирования для сохранения биоактивности и повышения биодоступности растительных экстрактов. Молочная сыворотка в нативном виде в основном применяется при разработке функциональных напитков. Установлено, что доказательная база биоактивности рассматриваемой продукции преимущественно основана на исследованиях *in vitro*, при этом биологический потенциал самой молочной сыворотки часто игнорируют. Кроме того, в качестве источников биоактивных соединений чаще всего используются растительные экстракты, а не индивидуальные соединения. Проведенный систематический обзор позволил обобщить актуальные на начало 2026 г. данные об использовании молочной сыворотки и растительных метаболитов в функциональных пищевых продуктах, а также определить перспективные направления дальнейших исследований *in vitro* и *in vivo*. К таким направлениям относится изучение совместного применения молочной сыворотки и ее компонентов с индивидуальными биоактивными веществами растительного происхождения. Представляется актуальным исследование не только антиоксидантного потенциала разрабатываемой продукции, но и возможных синергических эффектов, связанных со снижением уровня глюкозы и холестерина в крови, а также с нормализацией состояния кишечной микробиоты.

Ключевые слова: молочная сыворотка, растительные метаболиты, функциональные пищевые ингредиенты, биологически активные вещества, сывороточные белки, биодоступность

Для цитирования: Переработка молочной сыворотки как вторичного молочного сырья для разработки функциональных пищевых продуктов / А. Д. Веснина, А. М. Федорова, И. С. Милентьева, Л. А. Проскурякова // Сыроделие и маслоделие. 2026. № 1. С. 61–66. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2026-1-48>

Введение

На сегодняшний день одним из эффективных способов утилизации молочной сыворотки, побочного продукта молочной промышленности, является ее переработка. Молочная сыворотка и продукты ее переработки, например сывороточные белки, востребованы в различных отраслях промышленности. В пищевой промышленности они используются в качестве компонентов функциональных пищевых

продуктов [1], в детском и спортивном питании [2]. Сывороточные белки можно использовать при диетическом вмешательстве, направленном на профилактику сахарного диабета 2 типа. Имеются исследования, в которых показана активность белков сыворотки в стимулировании выработки инсулина, регулировании уровня сахара в крови [3, 4]. Сывороточные белки можно использовать в фармацевтических целях – в качестве систем доставки различных

*Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Разработка биологически активных добавок, состоящих из метаболитов растительных объектов *in vitro*, для защиты населения от преждевременного старения» (проект FZSR-2024-0008) с использованием оборудования ЦКП «Инструментальные методы анализа в области прикладной биотехнологии» на базе КемГУ.

биологически активных веществ (БАВ), повышая их биодоступность инкапсулированием [5, 6]. Исследования по повышению биодоступности БАВ растительного происхождения актуальны [7]. Исследования по взаимодействию «полифенолов-белков и сахаров молочной сыворотки» позволяют установить стабильность, внешний вид, текстуру, вкус, биоактивность новой разрабатываемой пищевой продукции [8].

Несмотря на богатый нутриентный состав, молочная сыворотка не содержит полифенолов (антоцианов, флавоноидов, дубильных и прочих веществ). В связи с этим актуальны разработки по совместному включению молочной сыворотки / продуктов ее переработки с растительными метаболитами при создании различных функциональных продуктов питания. Данные продукты благодаря добавлению растительных компонентов будут иметь более обширный биопотенциал в сравнении с продуктами, содержащими только молочную сыворотку [9].

Использование растительных метаболитов востребовано в пищевой и фармацевтической промышленности. Это связано с растущим спросом потребителей в профилактике здорового состояния организма путем употребления натуральных, безопасных и биоактивных средств [10].

Установлено, что растительные метаболиты сохраняют свою биоактивность в сыворотке. Комбинирование различных растительных компонентов с молочной сывороткой обеспечивает синергетическое усиление антиоксидантной активности, открывая перспективы для создания multifunctional продуктов с комплексным положительным воздействием на здоровье [11]. Группа ученых исследовала использование молочной сыворотки как нетрадиционного экстрагента для извлечения флавоноидов и других БАВ из лекарственных растений. Оптимизация параметров экстракции (температура, время, соотношение растительного сырья к сыворотке) позволила повысить концентрацию БАВ в экстрактах, сохраняя их активность. Установлено, что сыворотка не только выступала как экстрагент, но и как матрица, способствующая стабилизации метаболитов во время хранения и обработки экстракта. Это открывает перспективы для разработки функциональных напитков и биодобавок, в которых интеграция растительных метаболитов и молочной сыворотки обеспечивает синергетическое действие на антиоксидантную активность продукта [12].

О. А. Гуляева и соавторы [13] оценивали влияние антоцианосодержащих фитобиотиков на функциональные свойства сывороточных напитков. Результаты показали, что растительные антоцианы усиливают антиоксидантный потенциал продукта, не влияя на вкус и текстуру, что подтверждает возможность создания напитков с повышенной биологической активностью и устойчивостью активных соединений.

В работе С. А. Ивановой и др. [14] изучалась интеграция БАВ из лекарственных растений Сибири в функциональные напитки на основе молочной сыворотки. Использование экстрактов, богатых флавоноидами, фенольными кислотами и антоцианинами, повышало антиоксидантную активность напитков без ухудшения вкусовых характеристик. Молочная сыворотка обеспечивала стабильность метаболитов и их биодоступность, что делает такие напитки перспективными для разработки функциональных продуктов питания.

Научная новизна настоящего обзора заключается в комплексном рассмотрении молочной сыворотки как вторичного молочного сырья не только в качестве источника сывороточных белков, но и как функциональной матрицы для стабилизации и повышения биодоступности растительных метаболитов. В работе обобщены современные данные о направлениях переработки молочной сыворотки, формах ее комбинирования с растительными экстрактами и индивидуальными биологически активными веществами, а также о перспективах создания функциональных пищевых продуктов профилактической направленности.

Целью данной работы являлся систематический обзор научной литературы, посвященной использованию молочной сыворотки и растительных метаболитов в качестве функциональных пищевых ингредиентов.

Объекты и методы исследования

Данный обзор осуществлялся с использованием баз данных – PubMed, Scopus и eLIBRARY.RU. Критерии поиска: доступный полный текст, язык поиска – русский и английский, глубина поиска – 10 лет (с 2015 до 1 января 2026 г.), исключались препринты, материалы тезисов, монографии и диссертационные работы.

Ключевые слова поиска: молочная сыворотка / whey, молочная сыворотка и экстракты растений / whey and plant extracts, молочная сыворотка и растительные метаболиты / whey and plant metabolites.

Дополнительно оценивались объекты интеллектуальной собственности с помощью поисковой системы ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» (<https://fips.ru/>).

Результаты и их обсуждение

Молочная сыворотка – побочный продукт переработки молока, производства сыра и т. д. Сыворотка составляет примерно 80–90 % от общего объема перерабатываемого молока, сохраняя примерно 55 % всех нутриентов молока [15]. Сыворотка содержит более 200 органических и минеральных компонентов [1]: сывороточные белки и пептиды [16], лактозу, липиды, минералы и витамины.

Продукты переработки молочной сыворотки получают с использованием комплекса физико-химических и биотехнологических методов, направленных на фракционирование, концентрирование и модификацию ее компонентов. К числу наиболее значимых технологий относятся мембранные процессы – ультрафильтрация, нанофильтрация и обратный осмос, которые основаны на разделении компонентов сыворотки по молекулярной массе и способности к диффузии через полупроницаемые мембраны¹. Данные методы позволяют не только повысить пищевую и биологическую ценность конечных продуктов, но и обеспечить рациональное использование молочной сыворотки как вторичного молочного сырья.

Ультрафильтрация является наиболее широко применяемым методом переработки молочной сыворотки и используется для концентрации сывороточных белков и отделения белковой фракции от низкомолекулярных компонентов, таких как лактоза и минеральные соли. В результате получают белковые концентраты и изоляты с высоким содержанием полноценного белка, которые широко используются в функциональном, диетическом и спортивном питании [17, 18]. Нанофильтрация применяется для более глубокой очистки сыворотки за счет селективного удаления солей и лактозы, что позволяет существенно повысить чистоту и стабильность конечного продукта. Это особенно важно при производстве специализированных продуктов питания и ингредиентов с заданными функциональными свойствами². С помощью данного метода можно существенно повысить чистоту конечного продукта, что необходимо при производстве специализированных продуктов питания [19].

Дегидратация сыворотки методом распылительной сушки – самый распространенный способ получения порошков сывороточного белка с длительным сроком хранения [20]. Ферментация представляет собой биохимическую конверсию углеводных компонентов сыворотки (например, лактозы) с помощью микроорганизмов, таких как молочнокислые бактерии и дрожжи. Этот процесс приводит к образованию органических кислот, этанола, газов и других метаболитов, что позволяет создавать ферментированные продукты, снижать

¹Храмцов, А. Г. Технология продуктов из вторичного молочного сырья: учеб. пособие / А. Г. Храмцов [и др.]. – СПб.: Изд-во ГИОРД, 2022. – 632 с.

²Там же.



органическую нагрузку сточных вод и получать функциональные ингредиенты для пищевой и биотехнологической отраслей [21, 22]. Гидролиз сывороточных белков с использованием специфических ферментов направлен на расщепление крупных белковых молекул до пептидов и аминокислот. Полученные гидролизаты обладают высокой усвояемостью и функциональными свойствами, что делает их ценными ингредиентами для специализированного питания и фармацевтики [17].

Благодаря разнообразному биоактивному составу компонентов молочная сыворотка может использоваться в составе функциональных пищевых продуктов [23].

В таблице представлена информация о совместном использовании в различных видах продукции молочной сыворотки / продуктах ее переработки и растительных метаболитов.

Из таблицы видно, что в основном сухую молочную сыворотку (в частности, сывороточные белки) используют для инкапсулирования растительного объекта, проявляющего биоактивность, либо в качестве компонента биологически активных добавок / композиций. В нативном виде молочную сыворотку используют в качестве основы функциональных напитков.

Таблица. Публикации о совместном использовании молочной сыворотки / продуктов ее переработки и растительных метаболитов (экстрактов)

Продукт	Направленность
Добавка на основе экстракта ягод женьшеня и сывороточных белков (соотношение 1:8)	Исследование <i>in vivo</i> на мышцах показало, что добавка способствует улучшению состояния мышц, пораженных саркопенией [24, 25]
Комбинация из высушенного экстракта свеклы, инулина и сывороточных белков (в соотношении 2:1:1)	Исследования <i>in vitro</i> показали, что добавление инулина и сывороточных белков обеспечивало низкое содержание влаги, сохранение биоактивных веществ в высушенном экстракте свеклы, его антиоксидантную активность [26]
Композиция на основе экстракта чеснока, инкапсулированного сывороточными белками	Исследования <i>in vitro</i> показали, что инкапсуляция с помощью сывороточных белков позволила сохранить стабильность и антиоксидантную активность экстракта чеснока. Композиция пригодна в производстве мягких сыров [27]
Порошкообразная композиция, состоящая из экстракта черной смородины и молочнокислых бактерий, инкапсулированных сывороточными белками	Исследования <i>in vitro</i> показали, что инкапсуляция с помощью сывороточных белков позволила сохранить БАВ экстракта, жизнеспособность бактерий, стабильность и антиоксидантную активность при хранении в течение 3 мес. Данную композицию можно использовать при производстве йогуртов [28]
Композиция, содержащая мякоть / экстракт мякоти растения рода <i>Theobroma</i> и стабилизаторы, одним из которых может являться молочная сыворотка	Композиция создавалась для использования в кондитерской промышленности (Патент № 2829876 «Способ сушки композиции, содержащей мякоть из растений рода <i>Theobroma</i> и / или экстракт мякоти из растений рода <i>Theobroma</i> , композиция и продукт питания», М. Дюпа-Лангле, Р. И. Флери, В. Д. М. Менье, К. Вафейади)
Биологически активная добавка, состоящая из молочной сыворотки и экстракта тимьяна обыкновенного	Биологически активная добавка используется в пищевой и фармацевтической промышленности, проявляя антиоксидантную активность (Патент № 2792775 «Способ получения биологически активной добавки на основе молочной сыворотки и растительного экстракта» А. Ю. Просеков, Л. С. Дышлюк, И. С. Милентьева [и др.]
Функциональный тонизирующий напиток, состоящий из высушенной молочной сыворотки и экстрактов рябины обыкновенной, родиолы розовой, левзеи сафлоровидной	Напиток проявляет антиоксидантные и бактерицидные свойства, способствует укреплению иммунитета [14]
Винные напитки на основе виноградного материала, молочной сыворотки, метаболитов культуры гриба <i>Eurotium cristatum</i>	Напитки проявляют антиоксидантные, гепатопротекторные, антидиабетические, противовоспалительные, жиросжигающие свойства [29]
Молочно-фруктовый батончик, в состав которого входят сухое козье молоко, молочная сыворотка, растительное сырье (плодово-ягодное или зерновое), белки растительного и животного происхождения, штаммы микроорганизмов	Данная продукция подходит для питания спортсменов. В ходе клинического исследования установлено, что прием продукта в течение 21 дня способствовал увеличению уровня гемоглобина, альбумина, снижению скорости оседания эритроцитов, уровня холестерина [30]

Наличие антиоксидантной активности рассматриваемых исследований доказано в исследованиях *in vitro* (данные исследования преобладают) и *in vivo*. Следовательно, целесообразно проведение оценки биоактивности композиций на основе молочной сыворотки и растительных метаболитов, в частности, оценки их совместного влияния на микробиоту ЖКТ, наличие / отсутствие гипогликемической, гипохолестеринемической, гепатопротекторной активностей *in vitro*, например используя в качестве модельного объекта клеточные линии; исследования *in vivo* на грызунах, в перспективе клинические исследования.

Для получения продукции, обладающей не только антиоксидантной активностью, целесообразно расширить перечень анализируемых растительных объектов. Не ограничиваться растительными экстрактами, а исследовать выделенные из растений БАВ, например, кверцетин, рутин, байкалин, транс-коричную, хлорогеновую кислоты и прочие соединения. Формирование функциональных пище-

вых ингредиентов, состоящих из молочной сыворотки и растительных БАВ, позволит расширить ассортимент продукции, проявляющий большой биопотенциал, т. е. использующуюся в профилактическом, диабетическом, спортивном питании [33].

Выводы

В ходе данного систематического обзора установлено, что необходимо расширить ассортимент функциональных пищевых ингредиентов, функциональной пищевой продукции на основе молочной сыворотки и растительных метаболитов. Расширение ассортимента позволит создать продукцию, проявляющую не только антиоксидантный потенциал, но и гипогликемическую, гипохолестеринемическую активность, т. е. продукцию, направленную на профилактику метаболического синдрома. Необходимо проведение исследований *in vitro*, *in vivo*, использование не только растительных экстрактов, но и выделенных из них индивидуальных БАВ (полифенолов, витаминов и т. п.). ■

Поступила в редакцию: 09.01.2026

Принята в печать: 12.02.2026

Processing Whey as Secondary Dairy Raw Material in Functional Foods

Anna D. Vesnina, Anastasia M. Fedorova,
Irina S. Milentyeva, Larisa A. Proskuryakova
Kemerovo State University, Kemerovo

Whey, its proteins, peptides, and lactose hold great promise for the functional food industry. Whey has an excellent biological potential but lacks plant polyphenols. Whey-based functional foods rely on the synergistic action of whey components and plant metabolites. This review covers 32 articles regarding the use of whey and plant metabolites as functional food ingredients. Most studies used encapsulated whey proteins to preserve the bioactivity and enhance the bioavailability of plant extracts. Native whey was primarily used in functional beverages. The bioactive profile was studied *in vitro* while the biological potential of whey remained understudied. Plant extracts, not individual compounds, usually served as sources of bioactive compounds. Future research prospects lie in the combined application of whey and its components with plant-derived bioactive substances. While the antioxidant potential of such functional foods is obvious, the synergistic effects may be hypoglycemic, hypocholesterolemic, and prebiotic.

Keywords: whey, plant metabolites, functional food ingredients, bioactive substances, whey proteins, bioavailability

Список литературы

1. Лебедева, С. Н. Получение обогащенного белкового концентрата на основе молочной сыворотки / С. Н. Лебедева [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2025. Т. 54, № 2. С. 257-271. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-2-2571>; <https://elibrary.ru/vozpcy>
2. Masotti, F. Whey-based sports supplements: Heat damage and protein breakdown after *in vitro* gastrointestinal digestion / F. Masotti [et al.] // Food Research International. 2024. Vol. 191. Art. no. 114622. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114622>
3. Lesgards, J. F. Benefits of whey proteins on type 2 diabetes mellitus parameters and prevention of cardiovascular diseases / J. F. Lesgards // Nutrients. 2023. Vol. 15(5). Art. no. 1294. <https://doi.org/10.3390/nu15051294>
4. Агаркова, Е. Ю. Противодиабетическая активность белков молочной сыворотки / Е. Ю. Агаркова, К. А. Рязанцева, А. Г. Кручинин // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50, № 2. С. 306-318. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-306-318>; <https://elibrary.ru/njthxe>
5. Ha, H. K. Development and characterization of whey protein-based nano-delivery systems: a review / H. K. Ha [et al.] // Molecules. 2019. Vol. 24(18). Art. no. 3254. <https://doi.org/10.3390/molecules24183254>
6. Mansour, H. M. M. Comparative analysis of silver-nanoparticles and whey-encapsulated particles from olive leaf water extracts: Characteristics and biological activity / H. M. M. Mansour [et al.] // PLoS ONE. 2023. Vol. 18(12). Art. no. e0296032. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296032>
7. Vesnina, A. Antidiabetic potential of mangiferin: an *in silico* and *in vivo* approach / A. Vesnina [et al.] // Pharmaceutics. 2025. Vol. 17(10). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17101262>
8. Salleh, N. Complexation of anthocyanin-bound blackcurrant pectin and whey protein: effect of pH and heat treatment / N. Salleh [et al.] // Molecules. 2022. Vol. 27(13). Art. no. 4202. <https://doi.org/10.3390/molecules27134202>

9. **Deti, C.** Addition of polyphenolic extracts of *Myrtus communis* and *Arbutus unedo* fruits to whey: valorization of a common dairy waste product as a functional food / C. Deti [et al.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2024. <https://doi.org/10.1002/jsfa.14029>
10. **Жамсаранова, С. Д.** Оценка адаптогенных свойств фиточая на основе хвои и микростробилов сосен / С. Д. Жамсаранова [и др.] // *Пищевые системы*. 2025. Т. 8, № 1. С. 124–133. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-1-124-133>; <https://elibrary.ru/jtyouup>
11. **Черевач, Е. И.** Разработка технологии функциональных напитков на молочной сыворотке с растительными экстрактами / Е. И. Черевач, Л. А. Теньковская // *Техника и технология пищевых производств*. 2015. № 4(39). С. 99–105. <https://elibrary.ru/vbiurh>
12. **Величкович, Н. С.** Подбор параметров экстракции биоактивных веществ из лекарственных растений с применением молочной сыворотки / Н. С. Величкович [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. 2024. Т. 54, № 3. С. 633–644. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-3-2532>; <https://elibrary.ru/kmrqhk>
13. **Гуляева, О. А.** Антиоксидантные свойства антоцианосодержащих фитобиотиков при производстве функционального напитка на основе молочной сыворотки / О. А. Гуляева [и др.] // *Ползуновский вестник*. 2023. № 2. С. 37–46. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.005>; <https://elibrary.ru/xqpbgs>
14. **Иванова, С. А.** Использование биологически активных веществ лекарственных растений Сибири в функциональных напитках на основе молочной сыворотки / С. А. Иванова [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. 2019. Т. 49, № 1. С. 14–22. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-14-22>; <https://elibrary.ru/xqhwb0>
15. **Zotta, T.** Valorization of cheese whey using microbial fermentations / T. Zotta [et al.] // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2020. Vol. 104, No. 7. P. 2749–2764. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10408-2>
16. **Ситникова, П. Б.** Обоснование, направления и результаты использования продуктов переработки молочной сыворотки в производстве мороженого / П. Б. Ситникова, Н. В. Казакова // *Пищевые системы*. 2023. Т. 6, № 4. С. 531–538. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-531-538>; <https://elibrary.ru/ceppde>
17. **Mirzakulova, A.** Whey: Composition, processing, application, and prospects in functional and nutritional beverages – a review / A. Mirzakulova [et al.] // *Foods*. 2025. Vol. 14(18). Art. no. 3245. <https://doi.org/10.3390/foods14183245>
18. **Briao, V. B.** Integrating whey processing: ultrafiltration, nanofiltration, and water reuse from diafiltration / V. B. Briao [et al.] // *Membranes*. 2024. Vol. 14(9). Art. no. 191. <https://doi.org/10.3390/membranes14090191>
19. **Kowalik-Klimczak, A.** The possibilities of using membrane filtration in the dairy industry / A. Kowalik-Klimczak // *Journal of Machine Construction and Maintenance*. 2017. Vol. 105(2). Art. No. 99.
20. **Паладий, И. В.** Молочная сыворотка: обзор работ. Часть 2. Процессы и методы обработки / И. В. Паладий [и др.] // *Электронная обработка материалов*. 2021. № 57(3). С. 83–101. <https://doi.org/10.52577/eom.2021.57.3.83>
21. **Zeng, X.** The functionalities and applications of whey/whey protein in fermented foods: A review / X. Zeng [et al.] // *Food Science and Biotechnology*. 2024. Vol. 33(4) 4. P. 769–790. <https://doi.org/10.1007/s10068-023-01460-5>
22. **Просеков, А. Ю.** Получение ферментативных гидролизатов белков молочной сыворотки с использованием протеолитических ферментов / А. Ю. Просеков [и др.] // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 6–5. С. 1089–1093. <https://elibrary.ru/olloih>
23. **Irazaqui, J. M.** Enzymes for production of whey protein hydrolysates and other value-added products / J. M. Irazaqui [et al.] // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2024. Vol. 108(1). Art. no. 354. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13117-2>
24. **Han, M. J.** The panax ginseng berry extract and soluble whey protein hydrolysate mixture ameliorates sarcopenia-related muscular deterioration in aged mice / M. J. Han [et al.] // *Nutrients*. 2022. Vol. 14(4). Art. no. 799. <https://doi.org/10.3390/nu14040799>
25. **Han, M. J.** Synergetic effect of soluble whey protein hydrolysate and Panax ginseng berry extract on muscle atrophy in hindlimb-immobilized C57BL/6 mice / M. J. Han [et al.] // *Journal of Ginseng Research*. 2022. Vol. 46(2). P. 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.jjgr.2021.06.010>
26. **Carmo, E. L. D.** Stability of spray-dried beetroot extract using oligosaccharides and whey proteins / E. L. D. Carmo [et al.] // *Food chemistry*. 2018. Vol. 249. P. 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.076>
27. **Soliman, T. N.** Merging microencapsulated garlic extract as a bioactive ingredient into manufacturing functional soft cheese / T. N. Soliman [et al.] // *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15(1). Art. no. 14644. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97107-y>
28. **Enache, I. M.** Co-microencapsulation of anthocyanins from black currant extract and lactic acid bacteria in biopolymeric matrices / I. M. Enache [et al.] // *Molecules*. 2020. Vol. 25(7). Art. no. 1700. <https://doi.org/10.3390/molecules25071700>
29. **Нестеров, Е. Д.** Разработка способа получения винного напитка на основе молочной сыворотки с использованием гриба *E. cristatum* / Е. Д. Нестеров, З. А. Логинов, А. И. Калиновская // *Тенденции развития науки и образования*. 2022. № 85–8. С. 139–143. <https://doi.org/10.18411/trnio-05-2022-376>; <https://elibrary.ru/qfgyrk>
30. **Синявский Ю. А.** Влияние приема специализированного пищевого продукта на молочно-фруктовой основе на биохимические показатели крови и состояние антиоксидантного статуса спортсменов / Ю. А. Синявский [и др.] // *Вопросы питания*. 2024. Т. 93, № 5(555). С. 43–56. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-5-43-56>; <https://elibrary.ru/bbklpy>

Источник изображения: freerik.com

