Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2026-1-26-31 Оригинальная статья/Research article
УДК 637.146:547.978.1 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Влияние алкалоида берберина на развитие пробиотических микроорганизмов в ферментированных молочных продуктах

Дмитрий О. Каплан [1] do.kaplan2124@omgau.org 0009-0003-7038-939X
Наталья Б. Гаврилова [1] nb.gavrilova@omgau.org 0000-0001-6704-0339
Сергей А. Коновалов [1] sa.konovalov@omgau.org 0000-0003-3537-8081
Анна А. Дерканосова [2] aa-derk@ya.ru 0000-0002-9726-9262
Константин К. Полянский [2,3] mto.vrn@mail.ru 0000-0002-8817-1466

1 Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, ул. Институтская пл., 1, г. Омск, 644008, Россия
2 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
3 Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, Россия

Аннотация. В настоящее время основной ассортимент функциональных продуктов питания представляют ферментированные молочные продукты. Целью исследования послужила оценка воздействия алкалоида берберина в нативной, а также в инкапсулированной форме на пробиотические свойства молочных продуктов. Применение алкалоида берберина расширяет ассортимент функциональных молочных продуктов питания, но есть вероятность его непредсказуемого влияния на жизнедеятельность пробиотических микроорганизмов. В качестве функционального ингредиента в исследовании использовался алкалоид берберина, который вносили в обезжиренное молоко перед процессом сквашивания. Вносимый алкалоид берберина представлен в нативной порошкообразной форме, а также инкапсулированный в полисахарид β–глюкан. При ферментации использовались следующие закваски: «БК-Углич-ЛД», «БК-Углич-№6» и «Бифилакт-Б». Для проведения оценки влияния используемых в исследовании форм берберина на пробиотические свойства ферментированного молочного продукта определяли содержание пробиотических микроорганизмов согласно стандартной методике в свежеприготовленных образцах, а также по истечению 5 суток хранения. При определении степени воздействия берберина на рост пробиотических микроорганизмов использовался метод масс-спектрометрии лазерной десорбции. Определено положительное влияние нативной порошкообразной и инкапсулированной форм берберина на развитие пробиотических микроорганизмов ферментированного молочного продукта. Результаты исследования помогли установить отсутствие негативного влияния обоих форм алкалоида берберина на развитие пробиотических микроорганизмов в ферментированном молочном продукте. По истечению 5 суток хранения в исследуемых образцах наблюдалось снижение числа пробиотических микроорганизмов, однако в образце с инкапсулированной формой берберина число пробиотиков оставалось на допустимом уровне для функциональных молочных продуктов питания.

Ключевые слова: пробиотики, функциональные молочные продукты, алкалоид, берберин, антагонизм..

The effect of berberine alkaloid on the development of probiotic microorganisms in fermented dairy products

Dmitry O. Kaplan [1] do.kaplan2124@omgau.org 0009-0003-7038-939X
Natalia B. Gavrilova [1] nb.gavrilova@omgau.org 0000-0001-6704-0339
Sergey A. Konovalov [1] sa.konovalov@omgau.org 0000-0003-3537-8081
Anna A. Derkanosova [2] aa-derk@ya.ru 0000-0002-9726-9262
Konstantin K. Polyansky [2,3] mto.vrn@mail.ru 0000-0002-8817-1466

1 Omsk State Agrarian University named after. P.A. Stolypina, st. Institutskaya sq., 1, Omsk, 644008, Russia
2 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia
3 Voronezh Branch of the Plekhanov Russian University of Economics, Karl Marx. 67A, Voronezh, 394030, Russia

Abstract. Currently, the main range of functional food products is fermented dairy products. The aim of the study was to evaluate the effect of the berberine alkaloid in native as well as in encapsulated form on the probiotic properties of dairy products. The use of berberine alkaloid expands the range of functional dairy products, but there is a possibility of its unpredictable effect on the vital activity of probiotic microorganisms. The berberine alkaloid, which was added to skimmed milk before the fermentation process, was used as a functional ingredient in the study. The introduced berberine alkaloid is presented in its native powdered form, as well as beta–glucan encapsulated in the polysaccharide. The following starter cultures were used during fermentation: BK-Uglich-LD, BK-Uglich-No. 6 and Bifilact-B. To assess the effect of the forms of berberine used in the study on the probiotic properties of the fermented dairy product, the content of probiotic microorganisms was determined according to a standard procedure in freshly prepared samples, as well as after 5 days of storage. The method of laser desorption mass spectrometry was used to determine the degree of effect of berberine on the growth of probiotic microorganisms. The positive effect of native powdered and encapsulated forms of berberine on the development of probiotic microorganisms in fermented dairy products has been determined. The results of the study helped to establish the absence of negative effects of both forms of the berberine alkaloid on the development of probiotic microorganisms in fermented dairy products. After 5 days of storage, a decrease in the number of probiotic microorganisms was observed in the studied samples, however, in the sample with the encapsulated form of berberine, the number of probiotics remained at the acceptable level for functional dairy products.

Keywords: probiotics, functional dairy products, alkaloid, berberine, antagonism.

Для цитирования
Каплан Д.О., Гаврилова Н.Б., Коновалов С.А., Дерканосова А.А., Полянский К.К. Влияние алкалоида берберина на развитие пробиотических микроорганизмов в ферментированных молочных продуктах // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 1. С. 26–31. doi:10.20914/2310-1202-2026-1-26-31

For citation
Kaplan D.O., Gavrilova N.B., Konovalov S.A., Derkanosova A.A., Polyansky K.K. The effect of berberine alkaloid on the development of probiotic microorganisms in fermented dairy products. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 1. pp. 26–31. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-1-26-31

© 2026, Каплан Д.О. и др. / Kaplan D.O. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В настоящее время наблюдается положительная тенденция роста ассортимента ферментированных молочных продуктов питания за счёт активного использования пробиотических микроорганизмов. Согласно государственным нормативным документам в сфере продовольственной безопасности пробиотики – это полезные для человеческого организма непатогенные живые микроорганизмы, обеспечивающие развитие полезной микрофлоры кишечника человека [1]. Оптимальное количество пробиотических микроорганизмов способствует созданию резистентной микробиоты, которая является антагонистом патогенных микроорганизмов.

В классификации биотиков выделяют пробиотики, пребиотики, синбиотики, метабиотики, постбиотики и психобиотики [2]. Наиболее распространённые микроорганизмы в качестве пробиотиков – это штаммы, принадлежащие к родам *Bifidobacterium, Lactobacillus, Lactococcus, Streptococcus, Bacillus и др*. Установлены также пробиотические свойства у некоторых штаммов дрожжей, в том числе *Saccharomyces boulardii*, а также *Clostridium butyricum*. По данным Института питания РАМН, наиболее распространённым источником пробиотиков являются молочные продукты. Такое предпочтение молочному сырью отдано из-за состава молока, которое является благоприятной средой для роста и активности пробиотических микроорганизмов.

Расширение ассортимента ферментированных молочных продуктов возможно за счёт обогащения алкалоидами, одним из таких является берберин. Однако, использование берберина в качестве функционального ингредиента, может непредсказуемо влиять на рост пробиотических микроорганизмов. Ряд литературных источников предоставляют данные о влиянии берберина на развитие пробиотиков. В некоторых исследованиях демонстрируется роль берберина в улучшении пробиотических свойств, также есть данные об отсутствии влияния берберина на рост пробиотических микроорганизмов [3–4].

Ряд учёных в своих научных работах указывают на эффективность технологии инкапсуляции как эффективный метод улучшения пробиотических свойств алкалоидов [5–8]. Цель данного исследования – это определение влияния алкалоида берберина в исходном и инкапсулированном виде на пробиотические свойства молочных продуктов.

Материалы и методы

При получении пробиотического молочного продукта использовалось обезжиренное пастеризованное молоко производства «ВНИМИ-Сибирь» г. Омск, Россия.

Для осуществления процесса заквашивания использовались закваски:

– «БК-Углич– № 6» в составе: *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis, Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris, Lactococcus lactis subsp. diacetylactis;*

– «Бифилакт-Б» в составе: *Bifidobacterium bifidum*, производства «Экспериментальной биофабрики ВНИИМС Россельхозакадемии», г. Углич, Россия.

При фортификации молочного продукта использовался алкалоид берберина, который вносили в обезжиренное молоко перед процессом сквашивания. В процессе исследования были использованы две формы берберина:

– порошкообразного, производства «ЮНИЭКО» г. Москва, Россия;

– берберин, инкапсулированный в β–глюкан разработанный на кафедре продуктов питания и пищевой биотехнологии Омского ГАУ.

Количество вносимой закваски в расчёте на объём обезжиренного молока в процессе получения ферментированного продукта выполнялось согласно рекомендации производителя, объём вносимого берберина определялся согласно ГОСТ 55577–2013 [3]. Процесс сквашивания молока происходил в условиях термостата (при температуре 30 °С) в течение 8 часов, с последующими технологическими операциями для получения биотворога, исходя из этого, составлен перечень объектов исследования представленных на рисунке 1.

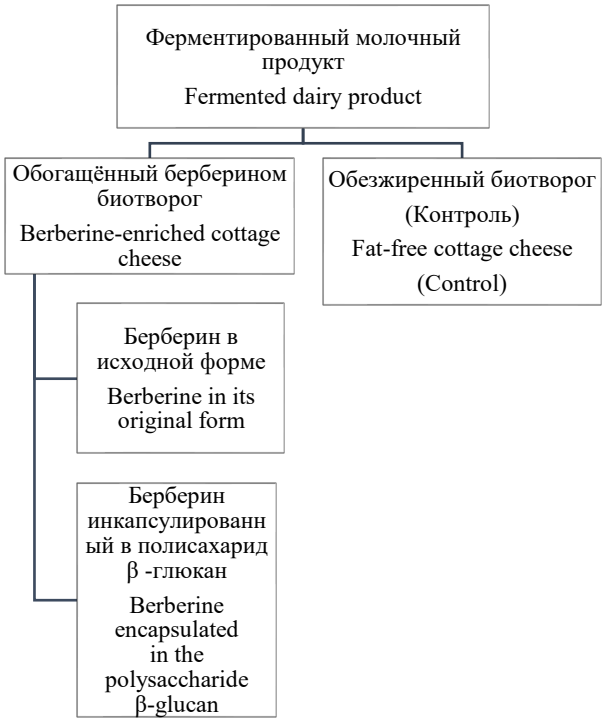


Рисунок 1. Объекты исследования

Figure 1. Objects of research

Полученные ферментированные молочные продукты биотворог и фортифицированный алкалоидом берберином биотворог исследовались следующими методами:

– оценка количественного содержания пробиотических микроорганизмов по методу наиболее вероятного числа (КОЕ/г) согласно ГОСТ Р 56139–2014[2];

– анализ степени воздействия берберина на рост пробиотических микроорганизмов производился с использованием метода масс-спектрометрии лазерной десорбции (MALDI). Данный метод позволяет проанализировать реакцию пробиотических микроорганизмов на присутствие алкалоида берберина, путём дифференциации экспрессируемых белков.

Исследуемые показатели определяли в свежеприготовленных опытных образцах и по истечению 5 суток хранения при температуре 4 ± 1 °С.

Результаты и обсуждение

В соответствии требованиям действующей нормативной технической документации содержание пробиотических микроорганизмов в функциональном молочном продукте регламентируется в количестве не менее 10^6 КОЕ/г, для бифидобактерий – не менее 5×10^8 КОЕ/г в суточном потреблении. Неотъемлемой частью технологического процесса является осуществление жизнеспособности пробиотических микроорганизмов в течение срока хранения ферментированного молочного продукта. Полученные результаты количественного содержания пробиотческих микроорганизмов в изготовленных опытных образцах представлены на рисунке 2.

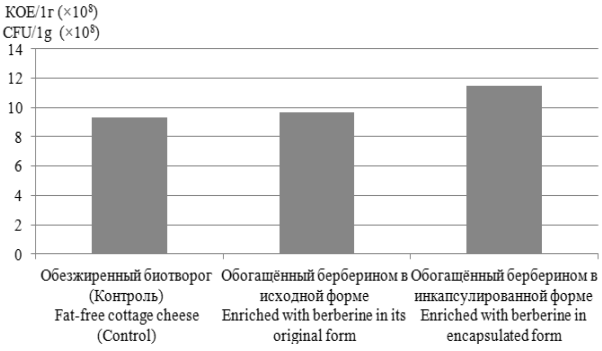


Рисунок 2. Количественное содержание пробиотических микроорганизмов в полученных опытных образцах

Figure 2. Quantitative content of probiotic microorganisms in the obtained experimental samples

Полученные результаты содержания пробиотических микроорганизмов в исследуемых образцах свидетельствуют о том, что количество пробиотиков соответствует требованиям нормативной документации. Между тем, полученные результаты помогают проанализировать минимальную степень влияния нативного порошкообразного берберина на количество пробиотических микроорганизмов, это обусловлено отсутствием необходимого субстрата для питания микробиоты, так как исходя из научных исследований эффективность берберина в купе с пробиотическими микроорганизмами связана с его способностью подавлять патогенную микрофлору человека, тем самым увеличение числа пробиотических микроорганизмов минимально [9–12]. Наиболее высокое количественное значение пробиотических микроорганизмов наблюдается в образце фортифицированном берберином инкапсулированным в β–глюкан. Применение полисахарида β–глюкана способствовало значительному росту числа пробиотических микроорганизмов, что обусловлено наличием дополнительной питательной среды.

При разработке и производстве пробиотических функциональных молочных продуктов особенную роль играет возможность сохранения пробиотических свойств в процессе срока регламентированного хранения. Для оценки количественного содержания пробиотических микроорганизмов в ферментированном молочном продукте после периода хранения в 5 суток при температуре 4 ± 1 °С, проведён повторный анализ, результаты которого представлены на рисунке 3.

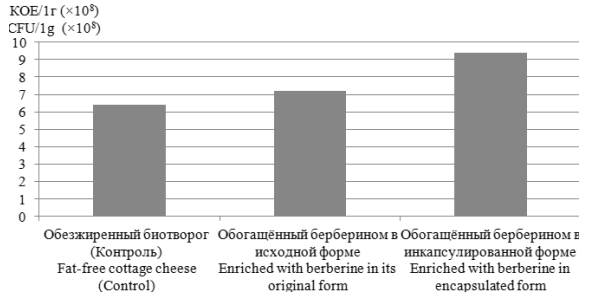


Рисунок 3. Количественное содержание пробиотических микроорганизмов в опытных образцах по истечению 5 суток хранения

Figure 3. Quantitative content of probiotic microorganisms in experimental samples after 5 days of storage

Полученные данные представленные на рисунке 3 свидетельствуют, что по истечении срока хранения число пробиотических микроорганизмов для всех опытных образцов снизилось, но осталось в допустимой норме. Так, для контрольного образца произошло снижение с $9{,}3\times10^8$ КОЕ/г до $6{,}4\times10^8$ КОЕ/г, для образца обогащённого исходной формой берберина снижение составило с $9{,}7\times10^8$ КОЕ/г до $7{,}2\times10^8$ КОЕ/г, однако само минимальное снижение наблюдается у опытного образца фортифицированного берберином в инкапсулированной форме – с $1{,}1\times10^9$ КОЕ/г до $9{,}4\times10^8$ КОЕ/г.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, о том, что, использование инкапсулированной формы берберина способствовало минимальному уменьшению числа пробиотических микроорганизмов в сравнении с другими образцами, за счёт присутствия полисахарида β–глюкана в двойной оболочке микрокапсулы, который создал благоприятную среду для развития и сохранения жизнеспособности пробиотических микроорганизмов закваски.

Неотъемлемой задачей исследования служила оценка цитотоксичности алкалоида берберина на пробиотическую микрофлору закваски. Для этого проведён анализ масс-спектрометрии лазерной десорбции «MALDI». Исследуемые образцы помещались на матрицу для определения стресс-белков выделяемых пробиотическими микроорганизмами после добавления алкалоида берберина, тем самым определялась степень влияния алкалоида на жизнедеятельность микроорганизмов закваски. Анализ проводился на масс-спектрометре «NUCMASS 2000» в диапазоне масс от 3000 до 10000 Да, результаты исследования сведены в общую диаграмму, где величина цитотоксичности выражена в процентном исчислении по соотношению исследуемых образцов к референтным спектрам белков штаммов микроорганизмов из базы данных S.A.R.A.M.I.S.^{TM}, полученные результаты представлены на рисунке 4.

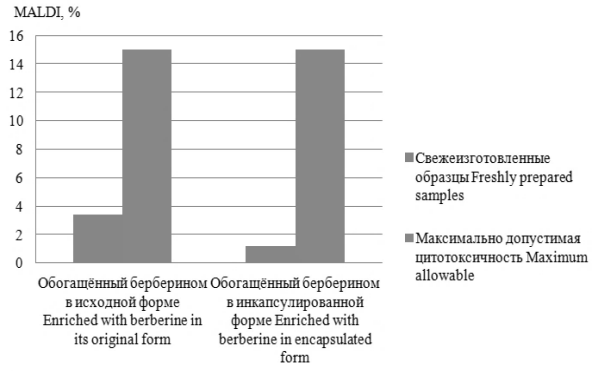


Рисунок 4. Исследование влияния алкалоида берберина на жизнедеятельность пробиотических микроорганизмов

Figure 4. Study of the effect of berberine alkaloid on the vital activity of probiotic microorganisms

Интерпретация полученных результатов указывает на минимальную цитотоксичноть берберина 3,4% для нативной формы и 1,2% для инкапсулированной формы берберина в отношении пробиотических микроорганизмов на всех этап проведения эксперимента. Цитотоксичность определяет степень воздействия алкалоида берберина на жизнедеятельность пробиотических микроорганизмов, согласно нормативным документам, данная величина не должна превышать 30% [4]. Исходя из полученных данных, можно установить, что инкапсулированная форма берберина на 2,2% менее вызывает цитотоксичность, что способствует сохранению пробиотической ценности ферментированного молочного продукта.

Заключение

Исходя из вышеперечисленной информации можно сделать вывод о том, что применение алкалоида берберина в инкапсулированной форме значительно увеличивает рост колониеобразующих пробиотических микроорганизмов за счёт использования в структуре микрокапсулы полисахарида β–глюкана. Также установлено, что использование инкапсулированной формы берберина позволяет увеличить время жизнедеятельности пробиотических микроорганизмов во время всего срока годности продукта, что способствует сохранению пробиотических свойств ферментированного молочного продукта в течение всего нормированного срока хранения. Низкая цитотоксичность берберина указывает на отсутствие отрицательного воздействия на пробиотические микроорганизмы, тем самым также сохраняется пробиотическая польза фортифицированного молочного продукта питания.

Для более подробного понимания воздействия алкалоида берберина на пробиотическую микрофлору необходимо добавить в исследование дополнительные штаммы микроорганизмов. Это позволит определить воздействие берберина на жизнедеятельность пробиотических микроорганизмов, установить наличие симбиотических или антагонистических взаимодействий с другими культурами микроорганизмов в составе заквасок.

Литература

1 Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: указ Президента РФ от 21.01.2020 № 20 (ред. от 10.03.2025). URL: http://pravo.gov.ru (дата обращения: 03.03.2026).

2 Асафов В.А., Танькова Н.Л., Искакова Е.Л., Добриян Е.И. Специализированные пищевые продукты функционального назначения // Идеи академика Владимира Дмитриевича Харитонова в наукоемких технологиях переработки молока. М.: ВНИИМП, 2021. С. 41–61.

3 Еремеева Н.Б. Методы исследования пищевых продуктов. СПб.: Университет ИТМО, 2022. 131 с.

4 О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания: ТР ТС 027/2012: принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 15 июня 2012 г. № 34. URL: https://docs.eaeunion.org (дата обращения: 03.03.2026).

5 Zhang L., Wu X., Yang R. et al. Effects of Berberine on the Gastrointestinal Microbiota // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. 2021. V. 10. P. 588517. doi: 10.3389/fcimb.2020.588517

6 Devarajan A., Mudgil P., Aldhaheri F. et al. Camel milk-derived probiotic strains encapsulated in camel casein and gelatin complex microcapsules: stability against thermal challenge and simulated gastrointestinal digestion conditions // Journal of Dairy Science. 2022. V. 105. № 3. P. 1862–1877. doi: 10.3168/jds.2021-20847

7 Prestes A.A., Verruck S., Vargas M.O. et al. Influence of guabiroba pulp (Campomanesia xanthocarpa O. Berg) added to fermented milk on probiotic survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions // Food Research International. 2021. V. 141. P. 110135. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110135

8 Wijesekara A., Weerasingha V., Jayarathna S., Priyashantha H. Quality parameters of natural phenolics and its impact on physicochemical, microbiological, and sensory quality attributes of probiotic stirred yogurt during the storage // Food Chemistry: X. 2022. V. 14. P. 100332. doi: 10.1016/j.fochx.2022.100332

9 Usaga J., Barahona D., Arroyo L., Esquivel P. Probiotics survival and betalains stability in purple pitaya (Hylocereus sp.) juice // NFS Journal. 2022. V. 27. P. 47–53. doi: 10.1016/j.nfs.2022.04.001

10 Silva M.P., Martelli-Tosi M., Massarioli A.P. et al. Co-encapsulation of guaraná extracts and probiotics increases probiotic survivability and simultaneously delivers bioactive compounds in simulated gastrointestinal fluids // LWT. 2022. V. 161. P. 113351. doi: 10.1016/j.lwt.2022.113351

11 Yang S., Yan D., Zou Y. et al. Fermentation temperature affects yogurt quality: A metabolomics study // Food Bioscience. 2021. V. 42. P. 101104. doi: 10.1016/j.fbio.2021.101104

12 Suez J., Zmora N., Segal E. et al. The pros, cons, and many unknowns of probiotics // Nature Medicine. 2019. V. 25. № 5. P. 716–729. doi: 10.1038/s41591-019-0439-x

13 Бурак Л.Ч., Завалей А.П., Сапач А.Н. Влияние современных технологий обработки на эффективность пробиотиков и пребиотиков в пищевых продуктах // The Scientific Heritage. 2023. № 122. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sovremennyh-tehnologiy-obrabotki-na-effektivnost-probiotikov-i-prebiotikov-v-pischevyh-produktah (дата обращения: 03.03.2026).

14 Дмитрук Е.М., Ефимова Е.В., Вырина С.И. Технологические особенности производства жидких молочных продуктов из комбинированного молочного сырья различных видов сельскохозяйственных животных // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. 2021. № 15. С. 94–103. doi: 10.47612/2220-8755-2020-15-94-103

15 Ходжиева Г.У., Бурханова Г.Х. Обогащение молочных продуктов натуральными добавками и свойства фруктовых молочных напитков // Экономика и социум. 2025. № 5-2 (132). С. 1582–1585.

16 Юсупов М.М. Алкалоиды berberis XV. Изучение строения нового алкалоида // Экономика и социум. 2024. № 9 (124). С. 904–907.

17 Коновалов С.А., Рыбченко Т.В., Дерканосова А.А., Полянский К.К. Повышение экономической эффективности использования растительных компонентов при производстве молочных продуктов в современных условиях производства // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 4. С. 70–79. doi: 10.20914/2310-1202-2025-4-70-79

18 Макеева И.А., Стратонова Н.В., Пряничникова Н.С., Белякова З.Ю. Российские молочные продукты: эволюция идентификации // Известия вузов. Пищевая технология. 2021. № 2-3 (380-381). С. 10–13. doi: 10.26297/0579-3009.2021.2-3.2

19 Anjum V., Kadi A.M.Y., Potoroko I.Y. Berberine in emulsions: possibilities to stimulate GABA production in yogurt // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2024. Т. 12. № 3. С. 12–21.

20 Shori A.B., Al Zahrani A.J. Non-dairy plant-based milk products as alternatives to conventional dairy products for delivering probiotics // Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2022. V. 42. P. e101321. doi: 10.1590/fst.101321

21 Kumar D., Lal M.K., Dutt S. et al. Functional Fermented Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics from Non-Dairy Products: A Perspective from Nutraceutical // Molecular Nutrition and Food Research. 2022. V. 66. № 14. P. 2270037. doi: 10.1002/mnfr.202270037

22 Ali Md.A., Kamal Md.M., Rahman Md.H. et al. Functional dairy products as a source of bioactive peptides and probiotics: current trends and future prospectives // Journal of Food Science and Technology. 2022. V. 59. № 4. P. 1263–1279. doi: 10.1007/s13197-021-05091-8

References

1 On the Approval of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation dated January 21, 2020 No. 20 (as amended on March 10, 2025). Available at: http://pravo.gov.ru (accessed: 03.03.2026) (in Russian).

2 Asafov V.A., Tankova N.L., Iskakova E.L., Dobriyan E.I. Specialized Functional Food Products. In: Ideas of Academician Vladimir Dmitrievich Kharitonov in High-Tech Technologies of Milk Processing. Moscow: VNIIMP, 2021. pp. 41–61. (in Russian).

3 Eremeeva N.B. Methods of Food Research. Saint Petersburg: ITMO University, 2022. 131 p. (in Russian).

4 On Safety of Certain Types of Specialized Food Products, Including Dietary Therapeutic and Dietary Preventive Nutrition: TR CU 027/2012: Adopted by the Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission dated June 15, 2012 No. 34 (as amended on May 10, 2024). Available at: https://docs.eaeunion.org (accessed: 03.03.2026) (in Russian).

5 Zhang L., Wu X., Yang R. et al. Effects of Berberine on the Gastrointestinal Microbiota. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. 2021. vol. 10. article 588517. doi: 10.3389/fcimb.2020.588517.

6 Devarajan A., Mudgil P., Aldhaheri F. et al. Camel milk-derived probiotic strains encapsulated in camel casein and gelatin complex microcapsules: stability against thermal challenge and simulated gastrointestinal digestion conditions. Journal of Dairy Science. 2022. vol. 105. no. 3. pp. 1862–1877. doi: 10.3168/jds.2021-20847.

7 Prestes A.A., Verruck S., Vargas M.O. et al. Influence of guabiroba pulp (Campomanesia xanthocarpa O. Berg) added to fermented milk on probiotic survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. Food Research International. 2021. vol. 141. article 110135. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110135.

8 Wijesekara A., Weerasingha V., Jayarathna S., Priyashantha H. Quality parameters of natural phenolics and its impact on physicochemical, microbiological, and sensory quality attributes of probiotic stirred yogurt during the storage. Food Chemistry: X. 2022. vol. 14. article 100332. doi: 10.1016/j.fochx.2022.100332.

9 Usaga J., Barahona D., Arroyo L., Esquivel P. Probiotics survival and betalains stability in purple pitaya (Hylocereus sp.) juice. NFS Journal. 2022. vol. 27. pp. 47–53. doi: 10.1016/j.nfs.2022.04.001.

10 Silva M.P., Martelli-Tosi M., Massarioli A.P. et al. Co-encapsulation of guaraná extracts and probiotics increases probiotic survivability and simultaneously delivers bioactive compounds in simulated gastrointestinal fluids. LWT. 2022. vol. 161. article 113351. doi: 10.1016/j.lwt.2022.113351.

11 Yang S., Yan D., Zou Y. et al. Fermentation temperature affects yogurt quality: A metabolomics study. Food Bioscience. 2021. vol. 42. article 101104. doi: 10.1016/j.fbio.2021.101104.

12 Suez J., Zmora N., Segal E. et al. The pros, cons, and many unknowns of probiotics. Nature Medicine. 2019. vol. 25. no. 5. pp. 716–729. doi: 10.1038/s41591-019-0439-x.

13 Burak L.Ch., Zavalei A.P., Sapach A.N. Influence of Modern Processing Technologies on the Effectiveness of Probiotics and Prebiotics in Food Products. The Scientific Heritage. 2023. no. 122. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sovremennyh-tehnologiy-obrabotki-na-effektivnost-probiotikov-i-prebiotikov-v-pischevyh-produktah (accessed: 03.03.2026) (in Russian).

14 Dmitruk E.M., Efimova E.V., Vyrina S.I. Technological Features of the Production of Liquid Dairy Products from Combined Milk Raw Materials of Various Types of Farm Animals. Current Issues in the Processing of Meat and Dairy Raw Materials. 2021. no. 15. pp. 94–103. doi: 10.47612/2220-8755-2020-15-94-103 (in Russian).

15 Khodzhieva G.U., Burkhanova G.Kh. Enrichment of Dairy Products with Natural Additives and Properties of Fruit Dairy Drinks. Economy and Society. 2025. no. 5-2 (132). pp. 1582–1585. (in Russian).

16 Yusupov M.M. Alkaloids of berberis XV. Study of the Structure of a New Alkaloid. Economy and Society. 2024. no. 9 (124). pp. 904–907. (in Russian).

17 Konovalov S.A., Rybchenko T.V., Derkanosova A.A., Polyansky K.K. Increasing the Economic Efficiency of Using Plant Components in the Production of Dairy Products in Modern Production Conditions. Bulletin of VSUET. 2025. vol. 87. no. 4. pp. 70–79. doi: 10.20914/2310-1202-2025-4-70-79 (in Russian).

18 Makeeva I.A., Stratonova N.V., Pryanichnikova N.S., Belyakova Z.Yu. Russian Dairy Products: Evolution of Identification. News of Universities. Food Technology. 2021. no. 2-3 (380-381). pp. 10–13. doi: 10.26297/0579-3009.2021.2-3.2 (in Russian).

19 Anjum V., Kadi A.M.Y., Potoroko I.Y. Berberine in emulsions: possibilities to stimulate GABA production in yogurt. Bulletin of SUSU. Series: Food and Biotechnology. 2024. vol. 12. no. 3. pp. 12–21. (in Russian).

20 Shori A.B., Al Zahrani A.J. Non-dairy plant-based milk products as alternatives to conventional dairy products for delivering probiotics. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2022. vol. 42. article e101321. doi: 10.1590/fst.101321.

21 Kumar D., Lal M.K., Dutt S. et al. Functional Fermented Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics from Non-Dairy Products: A Perspective from Nutraceutical. Molecular Nutrition and Food Research. 2022. vol. 66. no. 14. article 2270037. doi: 10.1002/mnfr.202270037.

22 Ali Md.A., Kamal Md.M., Rahman Md.H. et al. Functional dairy products as a source of bioactive peptides and probiotics: current trends and future prospectives. Journal of Food Science and Technology. 2022. vol. 59. no. 4. pp. 1263–1279. doi: 10.1007/s13197-021-05091-8.

Сведения об авторах

Дмитрий О. Каплан аспирант, кафедра продуктов питания и пищевой биотехнологии, Омский государственный аграрный университет имени П.А, Столыпина, ул. Институтская пл., 1, г. Омск, 644008, Россия, do.kaplan2124@omgau.org
https://orcid.org/0009-0003-7038-939X

Наталья Б. Гаврилова д.т.н., профессор, кафедра продуктов питания и пищевой биотехнологии, Омский государственный аграрный университет имени П.А, Столыпина, ул. Институтская пл., 1, г. Омск, 644008, Россия, nb.gavrilova@omgau.org
https://orcid.org/0000-0001-6704-0339

Сергей А. Коновалов к.т.н., доцент, кафедра продуктов питания и пищевой биотехнологии, Омский государственный аграрный университет имени П.А, Столыпина, ул. Институтская пл., 1, г. Омск, 644008, Россия, sa.konovalov@omgau.org
https://orcid.org/0000-0003-3537-8081

Анна А. Дерканосова д.т.н., профессор, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, ул. Революции, 19, г. Воронеж, 394030, Россия, aa-derk@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-9726-9262

Константин К. Полянский д.т.н., профессор, кафедра управления социально-экономическими системами и бизнеса, Воронежский филиал Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, г. Воронеж, 394030, Россия, mto.vrn@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-8817-1466

Information about authors

Dmitry O. Kaplan Graduate student, food and food biotechnology department, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Institutskaya Square, 1, Omsk, 644008, Russia, do.kaplan2124@omgau.org
https://orcid.org/0009-0003-7038-939X

Natalia B. Gavrilova Doctor of Engineering Sciences, professor, food and food biotechnology department, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Institutskaya Square, 1, Omsk, 644008, Russia, nb.gavrilova@omgau.org
https://orcid.org/0000-0001-6704-0339

Sergey A. Konovalov PhD, Associate Professor, engineer, food and food biotechnology department, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Institutskaya Square, 1, Omsk, 644008, Russia, sa.konovalov@omgau.org
https://orcid.org/0000-0003-3537-8081

Anna A. Derkanosova Dr. Sci.(Engin) professor, Department restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Avenue,19, Voronezh, 394030, Russia, aa-derk@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-9726-9262

Konstantin K. Polyansky Dr. Sci.(Engin) professor, Department of Management of socio-economic systems and business processes department, Voronezh branch of the Plekhanov Russian University of Economics, Karl Marx, st., 67A, Voronezh, 394030, Russia, mto.vrn@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-8817-1466

Вклад авторов

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

Contribution

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/11/2025	**После редакции** 18/12/2025	**Принята в печать** 20/01/2026
Received 01/11/2025	**Accepted in revised** 18/12/2025	**Accepted** 20/01/2026