

Создание ассоциаций пробиотиков для пищевых продуктов и кормов

Галина С. Волкова¹ galina.volkova@bk.ru  0000-0003-4051-1828

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия

Аннотация. Целью исследования являлось конструирование ассоциаций пробиотических бактерий с использованием комплекса современных методов микробиологических исследований с целью использования в функциональных пищевых продуктах и кормовых добавках. Подобраны штаммы молочнокислых и пропионовокислых бактерий по биологической совместимости и отсутствию конкурентных взаимодействий. Культивирование и количественный учет микроорганизмов проводили на среде MRS. По результатам сконструировано 2 консорциума бактерий, содержащих *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 24/48, *Lactobacillus plantarum* 578/25, *Lactobacillus helveticus* 842 (D)-2, *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* Ac-103/12, *Propionibacterium shermanii* K-16. Исследование биологической совместимости молочнокислых бактерий проводили по капельной методике. Получены новые экспериментальные данные по показателям роста ассоциаций и количеству накопленной биомассы на 20 часов роста, что является научной новизной данного исследования. Показано, что характер межштаммовых взаимодействий имеет важное значение при отборе штаммов в состав пробиотических ассоциаций. Установлено, что изучаемые штаммы молочнокислых и пропионовокислых бактерий в ассоциации должны присутствовать в соотношении 2:1, ферментация при периодическом перемешивании в анаэробных условиях при 37°C и pH 5,9-6,0. Последовательное внесение культур бактерий целесообразно проводить после 3-4 часа предварительной инкубации молочнокислых бактерий. Экспериментальные данные содержат установленные новые закономерности. Отмечено, что для лечебно-профилактического эффекта концентрация пробиотиков в сухих препаратах должна составлять не менее 10 в степени 10-12 КОЕ/г препарата, поэтому при накоплении биомассы бактерий в технологическом процессе следует учитывать 10-20%-ную гибель популяции в процессе сушки или концентрирования.

Ключевые слова: пробиотики, молочнокислые бактерии, ассоциация, биологическая совместимость, культивирование, биомасса.

Establishment of probiotic associations for foods and feeds

Galina S. Volkova¹ galina.volkova@bk.ru  0000-0003-4051-1828

¹ All-Russian Research Institute of Food Biotechnology, 4B Samokatnaya St., Moscow, 111033, Russia

Abstract. The aim of the study was to design associations of probiotic bacteria using a set of modern methods of microbiological research for the purpose of use in functional food products and feed additives. Strains of lactic acid and propionic acid bacteria were selected according to biological compatibility and absence of competitive interactions. Cultivation and quantification of microorganisms were carried out on MRS medium. Based on the results, 2 consortia of bacteria were constructed containing *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 24/48, *Lactobacillus plantarum* 578/25, *Lactobacillus helveticus* 842 (D)-2, *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* As-103/12, *Propionibacterium shermanii* K-16. The study of biological compatibility of lactic acid bacteria was carried out by drop method. New experimental data on the growth rates of associations and the amount of accumulated biomass at 20 hours of growth were obtained, which is a scientific novelty of this study. It is shown that the character of interstrain interactions is important in the selection of strains for probiotic associations. It was established that the studied strains of lactic acid and propionic acid bacteria in the association should be present in the ratio of 2:1, fermentation with periodic stirring in anaerobic conditions at 37°C and pH 5.9-6.0. Sequential introduction of bacterial cultures is advisable after 3-4 hours of pre-incubation of lactic acid bacteria. Experimental data contain established new regularities. It is noted that for therapeutic and prophylactic effect the concentration of probiotics in dry preparations should be not less than 10 to the extent of 10-12 CFU/g of preparation, so the accumulation of bacterial biomass in the technological process should take into account 10-20% death of the population in the process of drying or concentrating.

Keywords: probiotics, lactic acid bacteria, association, biocompatibility, cultivation, biomass..

Введение

Создание новых пищевых продуктов и кормов с пробиотическими свойствами требует современного научного подхода к выбору микроорганизмов и их ассоциаций с учетом показателей симбиотической сочетаемости и отсутствия антагонизма. За последние годы проведен целый ряд исследований по изучению механизма межштаммовых взаимодействий пробиотических бактерий [1–3]. Разработаны принципы эффективности пробиотических штаммов в части

выживаемости в условиях желудочно-кишечного тракта и достижения антагонистической активности [4–6], расширяется применение методов молекулярно-генетической идентификации штаммов для обеспечения показателей безопасности пищевой и кормовой продукции [7–8]. Имеются результаты исследований по изучению новых вариантов бактериальных ассоциаций на основе использования их технологически ценных свойств [9–10].

Для цитирования

Волкова Г.С. Создание ассоциаций пробиотиков для пищевых продуктов и кормов // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 1. С. 103–107. doi:10.20914/2310-1202-2024-1-103-107

For citation

Volkova G.S. Establishment of probiotic associations for foods and feeds. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 1. pp. 103–107. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-1-103-107

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Несмотря на все увеличивающийся массив научных публикаций, остается актуальной получение современной информации о вновь селекционированных пробиотических штаммах и сконструированных на их основе ассоциациях, использующихся в качестве пробиотиков. Требуют научного и экспериментального обоснования вопросы повышения биосинтеза биологически активных веществ.

Цель работы – конструирование ассоциаций пробиотических бактерий с использованием комплекса современных методов микробиологических исследований для использования в функциональных пищевых продуктах и кормовых добавках. Задачи исследования – подобрать симбиотические сочетания штаммов молочнокислых и пропионовокислых бактерий с высоким уровнем накопления биомассы.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись культуры бактерий из коллекции ВНИИПБТ, полученные методом многоступенчатой селекции: *Lactococcus lactis subsp. lactis* 24/48, *Lactobacillus plantarum* 314/7, *L. plantarum* 578/25, *L. acidophilus* 1660/15, *L. helveticus* 842 (D) – 2, *L. casei subsp. rhamnosus* M 536/12, *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii* Ac-103/12, *Pr. shermanii* K-16. Культивирование и количественный учет микроорганизмов проводили на среде MRS, в анаэробных условиях при 37 °С после внесения 10% посевной культуры от объема питательной среды. Исследование биологической совместимости молочнокислых бактерий проводили по капельной методике [11]. Количество биомассы определяли методом взвешивания, количество живых микроорганизмов – путем высева на плотные питательные среды после приготовления разведений.

Результаты

Выбранные штаммы молочнокислых бактерий имеют определенную схожесть физиолого-биохимических свойств и являются активными продуцентами молочной кислоты. Проведены исследования штаммов на биологическую совместимость, результаты представлены на рисунке 1.

На фотографии видны четкие границы между каплями культуральной жидкости штаммов под номерами 1, 3 и 5, что свидетельствует об отсутствии биосовместимости пар штаммов-продуцентов. У пар штаммов под номерами 2 и 4 выраженная граница роста практически отсутствует, что свидетельствует о симбиотических взаимодействиях культуры *Lactococcus lactis subsp. lactis* 24/48 с культурами *L. plantarum* 578/25 и *L. helveticus* 842 (D) – 2. Проведена серия ферментаций на среде MRS, что позволило

подтвердить парную совместимость штаммов: *Lactococcus lactis subsp. lactis* 24/48 с *Lactobacillus plantarum* 578/25 и *Lactobacillus helveticus* 842 (D) – 2.

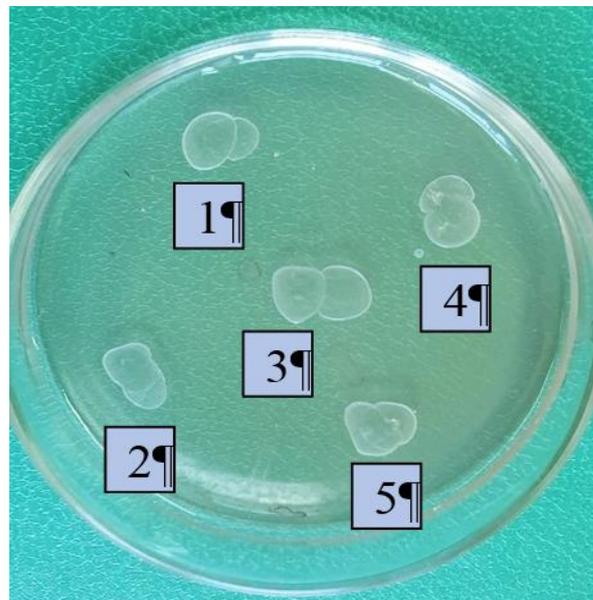


Рисунок 1. Проверка биосовместимости штамма *Lactococcus lactis subsp. lactis* 24/48: 1 – *Lactobacillus plantarum* 314/7, 2 – *L. plantarum* 578/25, 3 – *L. acidophilus* 1660/15, 4 – *L. helveticus* 842 (D) – 2, 5 – *L. casei subsp. rhamnosus* M 536/12

Figure 1. Biocompatibility testing of *Lactococcus lactis subsp. lactis* 24/48: 1 – *Lactobacillus plantarum* 314/7, 2 – *L. plantarum* 578/25, 3 – *L. acidophilus* 1660/15, 4 – *L. helveticus* 842 (D) – 2, 5 – *L. casei subsp. rhamnosus* M 536/12.

Аналогичным образом проводилось исследование по подбору биосовместимых пар пропионовокислых бактерий. Биосовместимыми являются штаммы *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii* Ac-103/12 и *Propionibacterium shermanii* K-16. Выбор этих штаммов пропионовокислых бактерий обоснован тем, что они обладают доказанными пробиотическими свойствами, а штамм K-16 – активным продуцентом витамина B₁₂.

Разработаны 2 варианта бактериальных ассоциаций, способные к совместному росту и развитию без проявления явлений антагонизма:

- *Lactococcus lactis subsp. lactis* 24/48, *Lactobacillus plantarum* 578/25, *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii* Ac-103/12, *Propionibacterium shermanii* K-16 (Ассоциация 1).

- *Lactococcus lactis subsp. lactis* 24/48 и *Lactobacillus helveticus* 842 (D) – 2, *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii* Ac-103/12, *Propionibacterium shermanii* K-16 (Ассоциация 2).

Проведено совместное культивирование бактериальных ассоциаций с контролем за накоплением биомассы. Результаты представлены на рисунках 2 и 3.

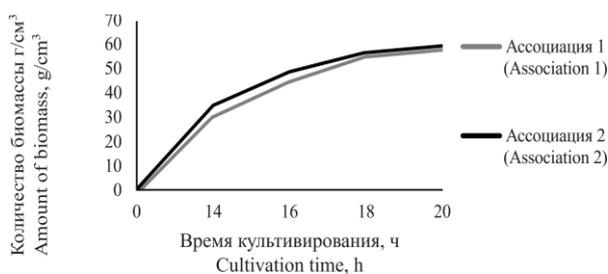


Рисунок 2. Накопление биомассы ассоциациями молочнокислых и пропионовокислых бактерий 1 и 2 при культивировании на жидкой питательной среде MRS и одновременном внесении культур

Figure 2. Biomass accumulation by associations of lactic acid and propionic acid bacteria 1 and 2 when cultured on MRS liquid nutrient medium and simultaneous culture application

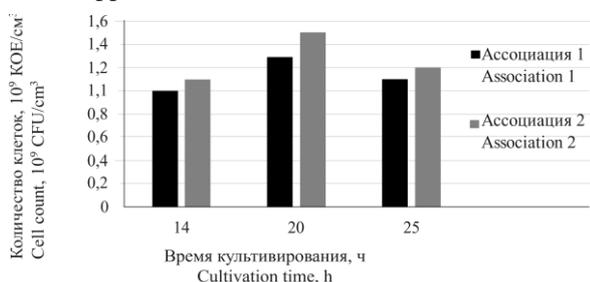


Рисунок 3. Количество живых клеток пробиотических бактерий в культуральной жидкости на конец культивирования

Figure 3. Number of live cells of probiotic bacteria in the culture liquid at the end of cultivation

Установлено, что пропионовокислые бактерии необходимо вносить после 3–4 часов роста молочнокислых бактерий, соотношение культур 2:1, ферментацию ведут при периодическом перемешивании в анаэробных условиях при 37 °С и рН 5,9–6,0. Максимальный титр жизнеспособных клеток пробиотических бактерий в активной фазе роста, целесообразно получать на 18–20 часа роста. Посев культуральной жидкости смешанной культуры из разведения, показал плотность популяции, отсутствие доминирования одной культуры над другой и сохранение заданного соотношения штаммов в составе ассоциации.

Известно, что для лечебно-профилактического эффекта на организм и обеспечения условий для адгезии бактерий в кишечнике, их концентрация в сухих препаратах должна быть не менее 10^{10} – 10^{12} КОЕ/г препарата. Поэтому при накоплении биомассы бактерий в технологическом процессе следует учитывать 10–20%-ную гибель популяции в процессе сушки или концентрирования.

Обсуждение

Полученные в статье экспериментальные данные являются продолжением исследований по созданию многоштаммовых бактериальных

консорциумов для пробиотических препаратов пищевого и кормового назначения [9]. Актуальность направления исследований по созданию новых высокоэффективных бактериальных ассоциаций подтверждают ряд авторов [1, 9].

В ранее опубликованных материалах [3, 12, 13–20] отмечается, что молочнокислые бактерии в ассоциации с пропионовокислыми бактериями положительно влияют на микрофлору кишечника и могут использоваться в симбиозе. Опубликованы работы, подтверждающие преимущество ассоциаций биологически совместимых штаммов бактерий перед монокультурами [6].

Обзор литературных данных свидетельствует о недостаточности сведений о характере межштаммовых взаимодействий молочнокислых и пропионовокислых бактерий и применении их в практику отбора штаммов в состав пробиотических ассоциаций.

Результаты изучения биосовместимости штаммов *Lactococcus lactis subsp. lactis* 24/48 с *Lactobacillus. plantarum* 578/25 и *Lactobacillus helveticus* 842 (D) – 2, а также показатели роста ассоциаций и накопления биомассы являются оригинальными.

Заключение

Данное исследование свидетельствует о перспективе использования методики определения биосовместимости пробиотических штаммов для создания высокоэффективных ассоциаций молочнокислых и пропионовокислых бактерий, необходимых для разработки функциональных пищевых продуктов и кормовых добавок. Разработаны 2 ассоциации пробиотических бактерий с применением современных методов биотехнологии, таким образом задачи исследования выполнены.

Необходимыми стадиями разработки пробиотических ассоциаций являются: поиск новых высокоэффективных продуцентов, их генетическое типирование, поддержание активного состояния бактерий на конец времени ферментации, подбор защитных сред и режимов сушки для снижения уровня гибели бактерий, совершенствование выпускаемых форм препаратов.

Дальнейшие исследования будут проводиться в направлении получения функциональных пищевых ингредиентов на основе полученных ассоциаций.

Благодарности

Автор выражает благодарность старшему научному сотруднику лаборатории биотехнологии органических кислот ВНИИПБТ, к.т.н. Куксовой Е.В. за помощь в проведении экспериментальных исследований. Исследования выполнены в рамках государственного задания РАН № FGMF-2022-0006.

Литература

- 1 Хамагаева И.С., Бояринаева И.В., Потапчук Н.Ю. Исследование пробиотических свойств комбинированной закваски // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 1 (28) С. 54–58.
- 2 Воробьева Л.И., Хасаева Ф.М., Василюк Н.В., Тренкуил Э. Характеристика пропионовокислых бактерий с использованием масс-спектрометрии матрично-активированной лазерной десорбции / ионизации (МАЛДИ). // Микробиология. 2011. Т. 80. № 5. С. 651–658.
- 3 Oleskin A.V., Shenderov B.A. Probiotics and Psychobiotics: the Role of Microbial Neurochemicals // Probiotics & Antimicro. 2019. № 11. P. 1071–1085. doi: 10.1007/s12602-019-09583-0
- 4 Шурхно Р.А. Микробиологический препарат на основе гомоферментативных штаммов *Lactobacillus plantarum*, выделенных из природных источников для биоконсервирования растительных ресурсов (обзор проведенных исследований в период с 2000 по 2015 г.) // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2016. Т. 158. № 1. С. 5–22.
- 5 Begunova A.V., Rozhkova I.V., Zvereva E.A., Glazunova O.A. et al. Lactic and propionic acid bacteria: the formation of a community for the production of functional products with bifidogenic and hypotensive properties // Applied Biochemistry and Microbiology. 2019. V. 55. № 6. P. 660–669. doi: 10.1134/S0003683819060048
- 6 Сультимова Т.Д., Стоянова Л.Г. Изучение антибактериальных свойств консорциума микроорганизмов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2018. № 2(22). С. 42–51. doi: 10.21685/2307-9150-2018-2-4
- 7 Шевелева С.А., Куваева И.Б., Ефимочкина Н.Р., Минаева Л.П. Микробиологическая безопасность пищи: развитие нормативной и методической базы // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 4. С. 125–145. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10048
- 8 Zimina M.I., Gazieva A.F., Pozo-Dengra J., Noskova S.Yu., Prosekov A.Yu. Determination of the intensity of bacteriocin production by strains of lactic acid bacteria and their effectiveness // Foods and Raw Materials. 2017. V. 5. № 1. P. 108–117. doi: 10.21179/2308-4057-2017-1-108-117
- 9 Орлова Т.Н., Отт Е.Ф., Функ И.А., Дорофеев Р.В. Региональные штаммы молочнокислых бактерий в составе бактериальных композиций // Молочная промышленность. 2020. № 5. С. 42–43. doi: 10.31515/1019-8946-2020-05-42-43
- 10 Волкова Г.С., Сербя Е.М. Создание многоштаммового бактериального консорциума для технологии пробиотических препаратов кормового назначения. // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 2. С. 260–269. doi: 10.21603/2074-9414-2021-2-260-269
- 11 Глушанова Н.А., Блинов А.И., Бахаев В.В. Об антагонизме пробиотических лактобацилл // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2004. № 6. С. 37–39.
- 12 Hedayati R., Hosseini M., Najafpour G.D. Optimization of semi-anaerobic vitamin B12 (cyanocobalamin) production from rice bran oil using *Propionibacterium freudenreichii* PTCC1674 // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2020. V. 23. doi: 10.1016/j.bcab.2019.101444
- 13 Martens J.H., Barg H., Warren M. et al. Microbial production of vitamin B12 // Applied Microbiology and Biotechnology. 2002. V. 58. № 3. P. 275–285. doi: 10.1007/s00253-001-0902-7
- 14 Markowiak P., Śliżewska K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition // Gut pathogens. 2018. V. 10. P. 1-20.
- 15 Binda S., Hill C., Johansen E., Obis D. et al. Criteria to qualify microorganisms as “probiotic” in foods and dietary supplements // Frontiers in microbiology. 2020. V. 11. P. 1662. doi: 10.3389/fmicb.2020.01662
- 16 Salminen S., Collado M.C., Endo A., Hill C. et al. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics // Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology. 2021. V. 18. № 9. P. 649-667.
- 17 Thomas L.V. Probiotics—the journey continues // International Journal of Dairy Technology. 2016. V. 69. № 4. P. 469-480. doi: 10.1111/1471-0307.12354
- 18 Uyeno Y., Shigemori S., Shimosato T. Effect of probiotics/prebiotics on cattle health and productivity // Microbes and environments. 2015. V. 30. № 2. P. 126-132. doi: 10.1264/jsme2.ME14176
- 19 Shokryazdan P., Faseleh Jahromi M., Liang J.B., Ho Y.W. Probiotics: from isolation to application // Journal of the American College of Nutrition. 2017. V. 36. № 8. P. 666-676. doi: 10.1080/07315724.2017.1337529
- 20 Alayande K.A., Aiyegoro O.A., Ateba C.N. Probiotics in animal husbandry: Applicability and associated risk factors // Sustainability. 2020. V. 12. № 3. P. 1087.

References

- 1 Khamagaeva I.S., Boyarinaeva I.V., Potapchuk N.Y. Research of probiotic properties of combined starter. Technics and technology of food production. 2013. no. 1 (28). pp. 54–58. (in Russian).
- 2 Vorobyeva L.I., Khasaeva F.M., Vasilyuk N.V., Trenkuil E. Characterisation of propionic acid bacteria using matrix-activated laser desorption/ionization (MALDI) mass spectrometry. Microbiology. 2011. vol. 80. no. 5. pp. 651–658. (in Russian).
- 3 Oleskin A.V., Shenderov B.A. Probiotics and Psychobiotics: the Role of Microbial Neurochemicals. Probiotics & Antimicro. 2019. no. 11. pp. 1071–1085. doi: 10.1007/s12602-019-09583-0
- 4 Shurkhno R.A. Microbiological preparation based on homofermentative strains of *Lactobacillus plantarum* isolated from natural sources for biopreservation of plant resources (review of research conducted in the period from 2000 to 2015). Scientific Notes of Kazan University. Series: Natural Sciences. 2016. vol. 158. no. 1. pp. 5–22. (in Russian).
- 5 Begunova A.V., Rozhkova I.V., Zvereva E.A., Glazunova O.A. et al. Lactic and propionic acid bacteria: the formation of a community for the production of functional products with bifidogenic and hypotensive properties. Applied Biochemistry and Microbiology. 2019. vol. 55. no. 6. pp. 660–669. doi: 10.1134/S0003683819060048
- 6 Sultimova T.D., Stoyanova L.G. Study of antibacterial properties of a consortium of microorganisms. Izvestia of higher educational institutions. Volga region. Natural Sciences. 2018. no. 2(22). pp. 42–51. doi: 10.21685/2307-9150-2018-2-4 (in Russian).

- 7 Sheveleva S.A., Kuvaeva I.B., Efimochkina N.R., Minaeva L.P. Microbiological safety of food: development of regulatory and methodological basis. *Nutrition Issues*. 2020. vol. 89. no. 4. pp. 125–145. doi: 10.24411/0042–8833–2020–10048 (in Russian).
- 8 Zimina M.I., Gazieva A.F., Pozo-Dengra J., Noskova S.Yu. et al. Determination of the intensity of bacteriocin production by strains of lactic acid bacteria and their effectiveness. *Foods and Raw Materials*. 2017. vol. 5. no. 1. pp. 108–117. doi: 10.21179/2308–4057–2017–1–108–117
- 9 Orlova T.N., Ott E.F., Funk I.A., Dorofeev R.V. Regional strains of lactic acid bacteria in bacterial compositions. *Dairy Industry*. 2020. no. 5. pp. 42–43. doi: 10.31515/1019–8946–2020–05–42–43 (in Russian).
- 10 Volkova G.S., Serba E.M. Creation of a multistrain bacterial consortium for the technology of probiotic preparations for feed purposes. *Technics and technology of food production*. 2021. vol. 51. no. 2. pp. 260–269. doi: 10.21603/2074–9414–2021–2–260–269. (in Russian).
- 11 Glushanova N.A., Blinov A.I., Bakhayev V.V. On the antagonism of probiotic lactobacilli. *Epidemiology and Infectious Diseases*. 2004. no. 6. pp. 37–39. (in Russian).
- 12 Hedayati R., Hosseini M., Najafpour G.D. Optimisation of semi-anaerobic vitamin B12 (cyanocobalamin) production from rice bran oil using *Propionibacterium freudenreichii* PTCC1674. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2020. vol. 23. doi: 10.1016/j.cbab.2019.101444
- 13 Martens J.H., Barg H., Warren M. et al. Microbial production of vitamin B12. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2002. vol. 58. no. 3. pp. 275–285. doi: 10.1007/s00253–001–0902–7
- 14 Markowiak P., Ślizewska K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut pathogens*. 2018. vol. 10. pp. 1–20.
- 15 Binda S., Hill C., Johansen E., Obis D. et al. Criteria to qualify microorganisms as “probiotic” in foods and dietary supplements. *Frontiers in microbiology*. 2020. vol. 11. pp. 1662. doi: 10.3389/fmicb.2020.01662
- 16 Salminen S., Collado M.C., Endo A., Hill C. et al. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. 2021. vol. 18. no. 9. pp. 649–667.
- 17 Thomas L.V. Probiotics—the journey continues. *International Journal of Dairy Technology*. 2016. vol. 69. no. 4. pp. 469–480. doi: 10.1111/1471-0307.12354
- 18 Uyeno Y., Shigemori S., Shimosato T. Effect of probiotics/prebiotics on cattle health and productivity. *Microbes and environments*. 2015. vol. 30. no. 2. pp. 126–132. doi: 10.1264/jsm2.ME14176
- 19 Shokryazdan P., Faseleh Jahromi M., Liang J.B., Ho Y.W. Probiotics: from isolation to application. *Journal of the American College of Nutrition*. 2017. vol. 36. no. 8. pp. 666–676. doi: 10.1080/07315724.2017.1337529
- 20 Alayande K.A., Aiyegoro O.A., Ateba C.N. Probiotics in animal husbandry: Applicability and associated risk factors. *Sustainability*. 2020. vol. 12. no. 3. pp. 1087.

Сведения об авторах

Галина С. Волкова д.т.н., заведующий лабораторией биотехнологии органических кислот, пищевых и кормовых добавок, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, galina.volkova@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-4051-1828>

Information about authors

Galina S. Volkova Dr. Sci. (Engin.), head of laboratory of biotechnology of organic acids, food and feed additives, All-Russian Research Institute of Food Biotechnology, 4B Samokatnaya St., Moscow, 111033, Russia, galina.volkova@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-4051-1828>

Вклад авторов

Галина С. Волкова Обзор литературных источников, обработка экспериментального материала, написание рукописи, корректировка рукописи до подачи в редакцию, несет ответственность за плагиат

Contribution

Galina S. Volkova Literature review, processing of experimental material, writing the manuscript, proofreading the manuscript before submission to the editorial board, responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила 25/01/2024	После редакции 12/02/2024	Принята в печать 27/02/2024
Received 25/01/2024	Accepted in revised 12/02/2024	Accepted 27/02/2024