

Биохимия, генетика и молекулярная биология / Biochemistry, Genetics and Molecular Biology

Научная статья

Original article

DOI: 10.12731/2658-6649-2026-18-2-1453

EDN: FQVYOC

УДК 645.2.022.21.054. 676.22/.28.03



Пробиотические свойства молочнокислых бактерий, выделенных из репродуктивной системы коров экоферм Северо-Запада России

Е.А. Йылдырым^{1,2}, В.А. Филиппова^{1,2}, И.А. Ключникова¹,
К.А. Соколова^{1,2}, Л.А. Ильина^{1,2}, А.А. Савичева², Е.А. Корочкина³

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

²ООО «БИОТРОФ»

³Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной
медицины, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация

Обоснование. Применение пробиотиков, способных восстанавливать нормальную микробиоту репродуктивной системы коров и повышать устойчивость к инфекциям является многообещающим направлением.

Целью исследования было выделение, идентификация и характеристика перспективных штаммов молочнокислых бактерий, выделенных из репродуктивного тракта здоровых коров, для разработки нового биопрепарата, направленного на профилактику эндометрита.

Материалы и методы. Биологический материал (соскобы со стенок влагалища) для выделения перспективных штаммов лактобактерий отбирался у 10 клинически здоровых дойных коров из трех экоферм (Северо-Западного региона РФ и республики Карелии). Выделение чистых культур осуществляли методом посева серийных разведений на селективную агаризованную среду, а идентификацию проводили стандартными микробиологическими методами, включая ПЦР-анализ. Антагонистическую активность против 10 патогенных и условно-патогенных микроорганизмов оценивали *in vitro* методом диффузии в агар.

Результаты. Выделено 95 изолятов лактобактерий. Скрининг 42 штаммов лактобактерий выявил 19 активных и умеренно активных вариантов с антимикробной активностью в отношении патогенов. Штамм Э-49 (*Lactobacillus* sp.) показал максимальную антагонистическую активность против *Clostridium perfringens*

($38 \pm 1,0$ мм) и *Enterococcus faecalis* ($32 \pm 1,9$ мм). Штамм Э-52 (*Lactobacillus* sp.) активно подавлял рост *Penicillium* sp. ($37 \pm 1,5$ мм) и *Streptococcus agalactiae* ($21 \pm 0,9$ мм). Все протестированные штаммы не проявляли гемолитической активности. Некоторые активные штаммы, такие как Э-49, Э-52 и Э-10, показали стабильные титры жизнеспособных клеток в течение 30 суток хранения ($2,4 \times 10^9 \pm 1,5 \times 10^8$ и $1,4 \times 10^9 \pm 7,0 \times 10^7$ КОЕ/мл для Э-52 через 10 и 30 суток, $7,3 \times 10^9 \pm 6,2 \times 10^8$ КОЕ/мл для Э-10 через 30 суток) и оптимальные значения pH (3,8–4,2).

Ключевые слова: дойные коровы; экоферма; эндометрит; пробиотики; микробиота репродуктивного тракта; молочнокислые бактерии; профилактика эндометрита

Для цитирования. Йылдырым, Е. А., Филиппова, В. А., Ключникова, И. А., Соколова, К. А., Ильина, Л. А., Савичева, А. А., & Корочкина, Е. А. (2026). Пробиотические свойства молочнокислых бактерий, выделенных из репродуктивной системы коров экоферм Северо-Запада России. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 18(2), 226–251. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-2-1453>

Probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from the reproductive system of cows on eco-farms in the North-West of Russia

E.A. Yildirim^{1,2}, V.A. Fillipova^{1,2}, I.A. Klyuchnikova¹,
K.A. Sokolova¹, L.A. Ilina^{1,2}, A.A. Savicheva², E.A. Korochkina³

¹Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russian Federation

²Biotrof LLC, Saint Petersburg, Russian Federation

³Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract

Background. The application of probiotics capable of restoring the normal microbiota of the cow's reproductive tract and enhancing resistance to infections represents a promising direction.

Purpose. The aim of this study was to isolate, identify, and characterize promising lactic acid bacteria strains from the reproductive tract of healthy cows for the development of a novel biopreparation aimed at the prevention of endometritis.

Materials and methods. Biological material (vaginal wall swabs) for the isolation of prospective *Lactobacilli* strains was collected from ten clinically healthy dairy cows on three eco-farms (located in the North-Western region of the Russian Federation and the Republic of Karelia). Isolation of pure cultures was performed by plating serial dilutions

onto a selective agar medium. Identification was carried out using standard microbiological methods, including PCR analysis. Antagonistic activity against ten pathogenic and opportunistic microorganisms was assessed in vitro using the agar diffusion method.

Results. A total of 95 Lactobacilli isolates were obtained. Screening of 42 lactobacilli strains revealed 19 active and moderately active variants exhibiting antimicrobial activity against pathogens. Strain E-49 (*Lactobacillus* sp.) demonstrated the highest antagonistic activity against *Clostridium perfringens* ($38 \pm 1,0$ mm) and *Enterococcus faecalis* ($32 \pm 1,9$ mm). Strain E-52 (*Lactobacillus* sp.) actively inhibited the growth of *Penicillium* sp. ($37 \pm 1,5$ mm) and *Streptococcus agalactiae* ($21 \pm 0,9$ mm). None of the tested strains exhibited hemolytic activity. Several active strains, such as E-49, E-52, and E-10, demonstrated stable titers of viable cells over 30 days of storage ($2,4 \times 10^9 \pm 1,5 \times 10^8$ and $1,4 \times 10^9 \pm 7,0 \times 10^7$ CFU/mL for E-52 at 10 and 30 days, and $7,3 \times 10^9 \pm 6,2 \times 10^8$ CFU/mL for E-10 at 30 days) and optimal pH values (3,8-4,2).

Keywords: dairy cattle; eco-farm; endometritis; probiotics; reproductive tract microbiota; lactic acid bacteria; prevention

For citation. Yildirim, E. A., Fillipova, V. A., Klyuchnikova, I. A., Sokolova, K. A., Plina, L. A., Savicheva, A. A., & Korochkina, E. A. (2026). Probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from the reproductive system of cows on eco-farms in the North-West of Russia. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 18(2), 226–251. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-2-1453>

Введение

Воспалительные заболевания репродуктивной системы коров, в частности эндометрит, являются одной из наиболее распространенных и экономически значимых проблем в современном животноводстве [22]. Эндометриты приводят к снижению фертильности, увеличению сервис-периода, повышению затрат на ветеринарное обслуживание, а также к преждевременной выбраковке животных, что наносит значительный ущерб молочному скотоводству, особенно, высокопродуктивному. Традиционные методы лечения эндометрита, основанные на применении антибиотиков и гормональных препаратов, не удовлетворяют стратегии экологизации и нарушают состав естественного микробиома репродуктивной системы [19]. В связи с этим, разработка альтернативных методов профилактики и лечения эндометрита является актуальной задачей.

Одним из перспективных направлений в решении данной проблемы является применение пробиотических препаратов, содержащих полезные

микроорганизмы, способные оказывать положительное влияние на микробиоту репродуктивного тракта коров [23]. Пробиотики могут применяться для восстановления нормальной микробиоты после антибиотикотерапии, для профилактики развития патогенных микроорганизмов, а также для стимуляции иммунной системы животных, что способствует повышению естественной устойчивости к инфекциям. Известно, что микроорганизмы колонизируют практически во всех биотопы организма, существуя в симбиотических отношениях. Состав этих популяций зависит от множества факторов, включая окружающую среду, возраст хозяина, пол, рацион, общее физиологическое состояние и фазу эстрального цикла [14]. Нарушения в микробных сообществах могут репродуктивного тракта может спровоцировать каскад неблагоприятных последствий, варьирующихся от дисбактериоза до яловости и выбраковки.

Механизмы действия пробиотиков в репродуктивном тракте коров включают конкурентное исключение патогенных микроорганизмов, продукцию антимикробных веществ (бактериоцинов, органических кислот), модуляцию иммунного ответа и улучшение барьерной функции эпителия [8]. Конкурентное исключение достигается за счет конкуренции пробиотических микроорганизмов с патогенами за сайты адгезии на эпителиальных клетках, а также за питательные вещества [13]. Бактериоцины и органические кислоты, продуцируемые пробиотиками, способны ингибировать рост и размножение широкого спектра патогенных бактерий, таких, как *E. coli*, *Clostridium difficile*, *Vibrio cholera*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* и других [17]. Кроме того, пробиотики могут стимулировать выработку антимикробных пептидов эпителиальными клетками, а также модулировать иммунный ответ, активируя дендритные клетки, макрофаги, В- и Т-лимфоциты и другие клетки иммунной системы, что способствует повышению устойчивости к инфекциям [10].

Важным аспектом разработки эффективных пробиотических препаратов является многоэтапный скрининг штаммов микроорганизмов, обладающих комплексом пробиотических свойств, включая высокую адгезивную способность, антагонистическую активность против патогенных бактерий, устойчивость к антибиотикам и способность к выживанию и колонизации в репродуктивном тракте коров [15]. Кроме того, необходимо учитывать безопасность применяемых штаммов, а также их способность к взаимодействию с другими микроорганизмами нормальной и условно-патогенной микробиоты [21].

В настоящее время на рынке представлен широкий ассортимент пробиотических препаратов для применения в животноводстве, однако большинство из них не разработаны специально для профилактики и лечения эндометрита у коров и не учитывают специфические особенности микробиоты репродуктивного тракта этих животных [2]. В связи с этим, актуальной задачей является разработка и создание новых пробиотических препаратов, предназначенных для целенаправленного применения в животноводстве с целью профилактики и лечения воспалительных заболеваний репродуктивной системы коров.

Целью исследования было выделение из репродуктивного тракта клинически здоровых коров, первичная идентификация и характеристика свойств перспективных штаммов молочнокислых бактерий, обладающих комплексом необходимых пробиотических свойств, для дальнейшего использования в разработке нового биопрепарата для профилактики эндометрита.

Материалы и методы исследования

Отбор биологического материала для выделения перспективных штаммов лактобактерий проводили с соблюдением строгих условий асептики для обеспечения индивидуальности и предупреждения перекрестного контаминирования проб. Сбор образцов осуществляли у 10 клинически здоровых коров из 2 экоферм Северо-Западного региона РФ, а также фермы Валаамского монастыря (Республика Карелия, Сортавальский район, остров Валаам) и другие, где содержание и кормление животных приближены к естественным условиям.

Подготовка животных к отбору образцов включала покрытие хвоста стерильной марлей, а промежность и вульву тщательно промывали водой с мылом до полного очищения, после чего обрабатывали антисептическим раствором. Сбор соскобов с поверхности влагалища проводили с использованием цитобруша из верхнебокового свода влагалища на уровне шейки матки. Образцы доставляли в лабораторию в условиях охлаждения в транспортных средах (рис. 1) не более чем за 2 часа после отбора.

Микроорганизмы (предположительно лактобактерии) из соскобов репродуктивной системы коров высевали методом предельных разведений на селективные агаризованные питательные среды (в частности, Lactobacillus Selection Agar Base с добавлением 0,15% Oxgall (HiMedia) для повышения селективности) (рис. 2).

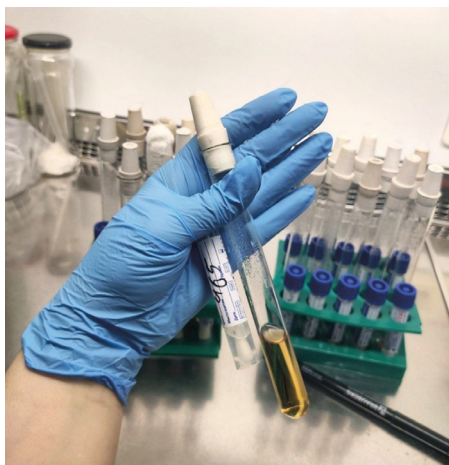


Рис. 1. Пересев изолятов с транспортных сред и культивирование изолятов молочнокислых бактерий, выделенных из репродуктивной системы коров, с целью подбора перспективных штаммов - перспективных компонентов суппозиториев

Fig. 1. Subculturing isolates from transport media and culturing lactic acid bacteria isolates obtained from the reproductive system of cows to select promising strains - promising components for suppositories

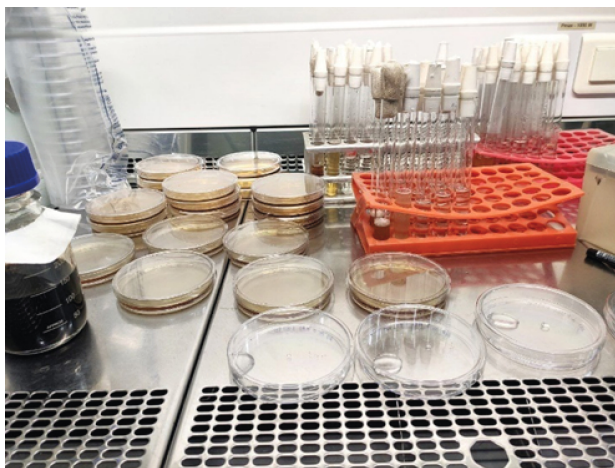


Рис. 2. Пересев колоний перспективных микроорганизмов со сред накопления на плотную питательную среду

Fig. 2. Transfer of colonies of promising microorganisms from accumulation media to a solid culture medium

После культивирования первичных посевов отбирались накопительные культуры, имеющие визуальные признаки лактобактерий. Общее количество отобранных изолятов составило 95. Затем проводился пересев колоний с накопительных сред на плотные селективные среды для получения изолированных колоний. Чистые культуры микроорганизмов выделялись классическими методами микробиологии [1]. Проверка чистоты культур проводилась визуальным контролем, микроскопией клеток и рассевом на селективные среды.

На следующем этапе проводилась идентификация выделенных чистых культур с использованием классических методов микробиологии, основанных на морфологических и биохимических характеристиках, с применением диагностических ключей, представленных в определителе бактерий Берджи.

С целью подтверждения таксономической принадлежности перспективных штаммов был проведен ПЦР-анализ с использованием родо- и видоспецифичных праймеров, разработанных на основе данных NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>) (табл. 1).

Таблица 1.

Праймеры, использованные при изучении таксономической принадлежности перспективных штаммов лактобактерий

Table 1. Primers used to determine the taxonomic classification of promising *Lactobacillus* strains

Род/вид лактобактерий	Последовательность праймеров (5'-3'), используемых для ПЦР
<i>Enterococcus</i> sp.	TCAACCGGGGAGGGT ATTACTAGCGATTCCGG
<i>Lactobacillus</i> sp.	AGA GTT TGA TCC TGG CTC AGG A ACG CTT GCC ACC TAC GTA TTA C
<i>L. acidophilus</i>	TGCAAAGTGGTAGCGTAAGC CCTTTCCCTCACGGTACTG
<i>L. crispatus</i>	AGGATATGGAGAGCAGGAAT CAACTATCTCTTACACTGCC
<i>L. gasseri</i>	AGCGACCGAGAAGAGAGAGA TGCTATCGCTTCAAGTGCTT
<i>L. fermentum</i>	ACTAACTTGACTGATCTACGA TTCAGTCTCAAGTAATCATC
<i>L. johnsonii</i>	GATGATTTTAGTTCTTGCACTAA TCTACGCATTCCACCGCTAC
<i>L. reuteri</i>	CAGACAATCTTTGATTGTTTAG GCTTGTTGGTTTGGGCTCTTC
<i>L. salivarius</i>	AATCGCTAAACTCATAACCTT CACTCTCTTTGGCTAATCTT

После инкубации при 37 °С в течение 24-48 часов подсчитывали количество колониеобразующих единиц (КОЕ) на мл путем серийных разведений и посева на чашки. Через 10 и 30 суток хранения определяли стабильность при хранении путем оценки титра жизнеспособных клеток.

Гемолитическую активность штаммов оценивали путем посева на 5%-ный кровяной агар (агар с добавлением 5% дефибринированной крови). Чашки инкубировали при 37 °С в течение 24-48 ч.

Гемолитическую активность определяли визуально по наличию зон гемолиза вокруг колоний: α -гемолиз (зеленоватая зона), β -гемолиз (прозрачная зона) или γ -гемолиз (отсутствие гемолиза). Штаммы, не проявляющие гемолитической активности (γ -гемолиз), рассматривались как потенциально безопасные для использования в пробиотических препаратах.

Для определения pH культуры бактерий выращивали в течение 24 ч при 37 °С. Значение pH измеряли с помощью pH-метра, откалиброванного с использованием стандартных буферных растворов. Титруемую кислотность определяли путем титрования 10 мл культуральной жидкости 0,1 N раствором NaOH в присутствии фенолфталеина в качестве индикатора. Титруемую кислотность выражали в градусах Тернера (Т°).

Для выявления перспективных штаммов с высоким уровнем активности была произведена оценка антибактериальных и антифунгальных свойств 42 штаммов лактобактерий в отношении 10 патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, в том числе, играющих роль в патогенезе эндометритов крупного рогатого скота.

Для оценки антимикробной активности *in vitro* применялись методы агаровых блоков и перпендикулярных штрихов. В качестве тестовых микроорганизмов использовались: *Clostridium perfringens*, *Enterococcus faecalis*, *Enterobacter* sp., *Mycoplasma* sp., *Trueperella* sp., *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Escherichia coli*. Культуры патогенных микроорганизмов были получены как путем выделения из проб, отобранных у коров с эндометритом, так и из существующих коллекций микроорганизмов. Диаметры зон подавления роста измеряли в миллиметрах.

Для анализа результатов были использованы методы математической статистики, включая многофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Расчеты проводились с применением программного средства Microsoft Excel XP/2003.

Результаты исследования

В ходе массового скрининга из образцов репродуктивной системы клинически здоровых коров, содержащихся в условиях, приближенных к естественным, было выделено 95 изолятов микроорганизмов. После первичного выделения и культивирования на селективных средах были получены чистые культуры.

С целью выявления перспективных штаммов с высоким уровнем антагонистической активности *in vitro* была произведена оценка антибактериальных и антифунгальных свойств 42 штаммов лактобактерий в отношении 10 патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, играющих ключевую роль в патогенезе эндометритов крупного рогатого скота (рис. 3 – 5).



Рис. 3. Рост колоний микромицетов, выделенных из репродуктивной системы коров с диагнозом «эндометрит», предназначенных для дальнейшего исследования антагонистической активности перспективных штаммов бактерий

Fig. 3. Growth of micromycete colonies isolated from the reproductive tract of cows diagnosed with “endometritis,” intended for further study of the antagonistic activity of promising bacterial strains

Полученные данные показали широкий диапазон активности изучаемых штаммов. Некоторые штаммы демонстрировали высокую степень антимикробного эффекта, вызывая образование значительных зон задержки роста (до 38 мм), другие штаммы показывали менее выраженную активность или отсутствие признаков воздействия на рост патогенов (табл. 2). Среди протестированных штаммов лактобактерий было выявлено 19 активных и умеренно активных вариантов, показавших антимикробную

активность. Другие штаммы продемонстрировали несущественные или нулевые эффекты.

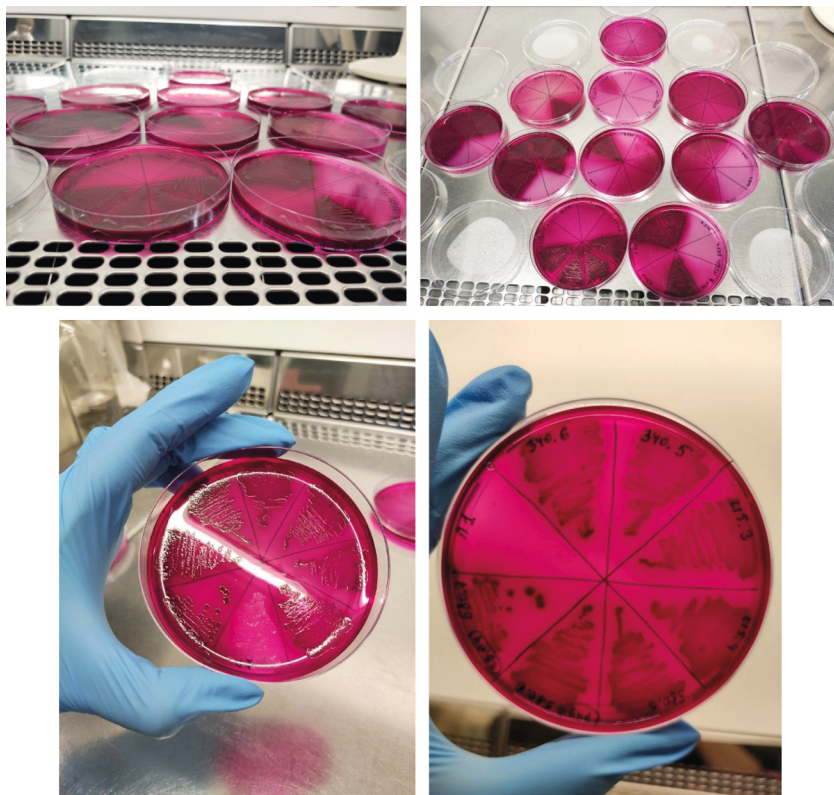


Рис. 4. Рост колоний энтеробактерий, выделенных из репродуктивной системы коров с диагнозом «эндометрит», на селективной среде Эндо, предназначенных для дальнейшего исследования антагонистической активности перспективных штаммов бактерий

Fig. 4. Growth of enterobacterial colonies isolated from the reproductive tract of cows diagnosed with “endometritis” on Endo selective medium, intended for further investigation of the antagonistic activity of promising bacterial strains

Среди активных штаммов наиболее выраженную антагонистическую активность продемонстрировали Э-49 (423.2) против *Clostridium perfringens* ($38 \pm 1,0$ мм), *Enterococcus faecalis* ($32 \pm 1,9$ мм) и других тест-штаммов, а также Э-52 (451.5) в отношении *Penicillium* sp. ($37 \pm 1,5$

мм) и *Streptococcus agalactiae* ($21 \pm 0,9$ мм). Штамм Э-10 (451.2) показал высокую активность против *Clostridium perfringens* ($29 \pm 1,5$ мм) и *Aspergillus* sp. ($26 \pm 1,0$ мм). Умеренно активные штаммы, хоть и с меньшими зонами задержки роста, также проявляли широкий спектр антагонизма (табл. 2).

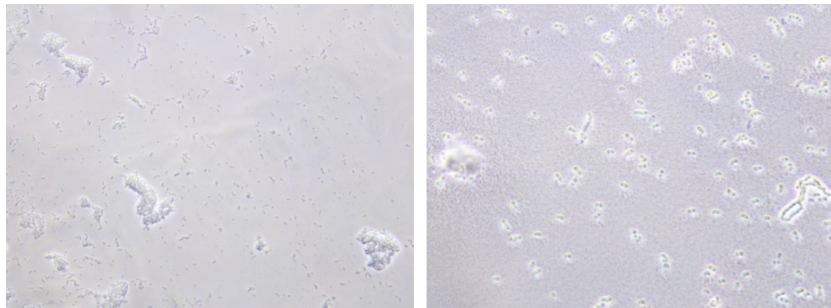


Рис. 5. Изучение морфологии условно-патогенных и патогенных штаммов энтеробактерий, выделенных из репродуктивной системой коров, предназначенных для дальнейшего исследования антагонистической активности перспективных штаммов бактерий (микроскопия, увеличение $\times 40$)

Fig. 5. Study of the morphology of opportunistic and pathogenic strains of enterobacteria isolated from the reproductive tract of cows, intended for further investigation of the antagonistic activity of promising bacterial strains (microscopy, $\times 40$ magnification)

Таблица 2.

Антимикробная активность бактерий-антагонистов: размер зон задержки роста патогенных и условно патогенных тест-штаммов, мм ($M \pm m$, $n=3$)

Table 2. Antimicrobial activity of antagonistic bacteria: size of growth inhibition zones for pathogenic and opportunistic test strains, mm ($M \pm m$, $n=3$)

Штамм лакто-бактерий	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterobacter</i> sp.	<i>Mycoplasma</i> sp.	<i>Trueperella</i> sp.	<i>Streptococcus agalactiae</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Escherichia coli</i>
Активные штаммы										
Э-10 (451.2)	$29 \pm 1,5$	$31 \pm 1,4$	$11 \pm 0,6$	$5 \pm 0,6$	$3 \pm 0,7$	$14 \pm 0,8$	$4 \pm 0,2$	$26 \pm 1,0$	$15 \pm 0,4$	$5 \pm 0,8$
Э-44 (362.2)	$35 \pm 1,3$	$28 \pm 1,2$	$9 \pm 0,7$	н/о	$3 \pm 0,5$	$28 \pm 1,0$	$7 \pm 0,9$	$17 \pm 0,4$	$22 \pm 0,7$	$9 \pm 0,6$
Э-25 (451)	$32 \pm 1,1$	$5 \pm 0,5$	$10 \pm 0,9$	$3 \pm 0,2$	$9 \pm 0,6$	$16 \pm 0,7$	$4 \pm 0,6$	$22 \pm 0,6$	$18 \pm 0,5$	$4 \pm 0,4$
Э-49 (423.2)	$38 \pm 1,0$	$32 \pm 1,9$	н/о	н/о	$6 \pm 0,2$	$12 \pm 0,7$	$2 \pm 0,1$	$20 \pm 0,9$	$18 \pm 0,4$	$9 \pm 0,3$
Э-52 (451.5)	$26 \pm 0,9$	$24 \pm 1,2$	$3 \pm 0,1$	$5 \pm 0,3$	$11 \pm 0,7$	$21 \pm 0,9$	$9 \pm 0,5$	$24 \pm 0,8$	$37 \pm 1,5$	$3 \pm 0,2$
Умеренно активные штаммы										
Э-55 (451.3)	$7 \pm 0,3$	$13 \pm 0,6$	$10 \pm 0,5$	$4 \pm 0,1$	$6 \pm 0,2$	$10 \pm 0,4$	$8 \pm 0,4$	$12 \pm 0,7$	$14 \pm 0,8$	н/о

Э-20 (400.13)	13±0,6	11±0,5	11±0,6	н/о	н/о	4±0,1	н/о	6±0,4	10±0,6	н/о
Э-35 (580)	11±0,5	9±0,4	3±0,1	н/о	н/о	7±0,4	4±0,1	8±0,5	12±0,7	н/о
Э-42 (362)	14±0,4	17±0,7	5±0,2	н/о	4±0,1	8±0,3	н/о	10±0,6	8±0,5	н/о
Э-40 (20)	15±0,7	15±0,7	7±0,3	н/о	н/о	н/о	6±0,2	14±0,6	16±0,9	н/о
Э-3 (379)	7±0,4	6±0,5	н/о	н/о	2±0,1	н/о	3±0,1	10±0,6	1±0,1	н/о
Э-12 (451.8)	6±0,3	н/о	н/о	н/о	н/о	1±0,1	н/о	2±0,1	4±0,3	3±0,2
Э-17 (451.6)	5±0,3	2±0,2	2±0,1	н/о	н/о	н/о	н/о	1±0,1	2±0,1	н/о
Э-28 (215)	н/о	н/о	1±0,1	н/о	н/о	н/о	н/о	9±0,6	7±0,3	н/о
Э-33 (400)	6±0,3	н/о	2±0,1	н/о	н/о	н/о	н/о	11±0,7	12±0,5	н/о
Э-11 (395.4)	н/о	4±0,2	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	1±0,1	5±0,2	1±0,1
Э-73 (432.4)	4±0,2	н/о	2±0,2	н/о	н/о	2±0,2	н/о	4±0,3	2±0,2	н/о
Э-78 (432.1)	2±0,1	н/о	н/о	н/о	н/о	4±0,3	н/о	3±0,2	3±0,1	н/о
Э-9 (395.3)	4±0,2	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	1±0,1	6±0,4	1±0,1

Примечание: *н/о – отсутствие значимого результата

Note: *н/о – no significant result

Идентификация морфологических и биохимических свойств позволила отнести данные изоляты к порядку *Lactobacillales*. В результате ПЦР-анализа было установлено, что выделенные штаммы относятся к родам *Enterococcus* sp. и *Lactobacillus* sp. (табл. 3). Часть видов рода *Lactobacillus* была идентифицирована как *L. acidophilus*, *L. crispatus*, *L. fermentum* и *L. johnsonii*.

Таблица 3.

**Результаты идентификация перспективных штаммов методом
ПЦР-амплификации**

Table 3. Results of the identification of promising strains using PCR amplification

Штамм бактерии	Морфология (описание)	Таксономическое положение	
		Порядок (установлен методом идентификация морфологических и био- химических свойств)	Роды (установ- лено методом ПЦР)
Э-3 (379)	палочки, образуют цепочки	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-9 (395.3)	палочки	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-10 (451.2)	кокки	Lactobacillales	<i>Enterococcus</i> sp.
Э-11 (395.4)	палочки, короткие, одиночные	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-12 (451.8)	кокки	Lactobacillales	<i>Enterococcus</i> sp.
Э-17 (451.6)	палочки, образуют скопления	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-20 (400.13)	палочки	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-25 (451)	палочки, слегка изогнутые	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.

Штамм бактерии	Морфология (описание)	Таксономическое положение	
		Порядок (установлен методом идентификации морфологических и биохимических свойств)	Роды (установлено методом ПЦР)
Э-28 (215)	палочки	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-33 (400)	палочки	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-35 (580)	палочки	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-40 (20)	кокки, крупные и выпуклые	Lactobacillales	<i>Enterococcus</i> sp.
Э-42 (362)	палочки, с заостренными концами	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-44 (362.2)	палочки	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-49 (423.2)	палочки	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-52 (451.5)	палочки, маленькие и тонкие	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-55 (451.3)	палочки	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-73 (432.4)	палочки	Lactobacillales	<i>Lactobacillus</i> sp.
Э-78 (432.1)	кокки, в парах	Lactobacillales	<i>Enterococcus</i> sp.

Анализ данных показал, что все 19 протестированных штаммов *Lactobacillus* и штаммы *Enterococcus* не проявили гемолитической активности на 5%-ном кровяном агаре, что подтверждает их потенциальную безопасность для использования в составе пробиотических добавок (табл. 4).

Таблица 4.

Определение жизнеспособности и безопасности перспективных штаммов: анализ гемолиза, стабильности титра при хранении, pH и кислотности культуральной среды при культивировании ($M \pm m$, $n=3$)

Table 4. Assessment of the viability and safety of promising strains: analysis of hemolysis, titers stability during storage, pH, and acidity of the culture medium during cultivation ($M \pm m$, $n=3$)

Штамм бактерии	Таксономическое положение	Гемолитическая активность на 5%-ном кровяном агаре *	Изменение титра в процессе культивирования и хранения, КОЕ/мл			pH через 24 ч культивирования образцов	Уровень титруемой кислотности (T°) через 24 ч культивирования образцов
			24 ч	10 сут.	30 сут.		
Э-3 (379)	<i>Lactobacillus</i> sp.	..**	$2,3 \times 10^8 \pm 1,4 \times 10^8$	$1,8 \times 10^8 \pm 7,0 \times 10^7$	$9,1 \times 10^8 \pm 4,3 \times 10^7$	$4,3 \pm 0,41$	$92 \pm 7,9$
Э-9 (395.3)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$5,6 \times 10^8 \pm 7,4 \times 10^7$	$5,9 \times 10^8 \pm 2,5 \times 10^7$	$1,8 \times 10^8 \pm 1,8 \times 10^7$	$4,6 \pm 0,24$	$85 \pm 4,5$
Э-10 (451.2)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$1,9 \times 10^8 \pm 4,0 \times 10^7$	$9,5 \times 10^8 \pm 4,8 \times 10^8$	$7,3 \times 10^8 \pm 6,2 \times 10^8$	$3,8 \pm 0,36$	$93 \pm 7,5$
Э-11 (395.4)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$8,8 \times 10^8 \pm 3,9 \times 10^7$	$4,2 \times 10^8 \pm 3,1 \times 10^7$	$5,9 \times 10^8 \pm 2,0 \times 10^7$	$4,1 \pm 0,31$	$89 \pm 6,4$

Штамм бактерии	Таксономическое положение	Гемолитическая активность на 5%-ном кровяном агаре*	Изменение титра в процессе культивирования и хранения, КОЕ/мл			рН через 24 ч культивирования образцов	Уровень титруемой кислотности (Т°) через 24 ч культивирования образцов
			24 ч	10 сут.	30 сут.		
Э-12 (451.8)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$3,1 \times 10^8 \pm 1,9 \times 10^8$	$4,5 \times 10^8 \pm 1,3 \times 10^8$	$1,2 \times 10^9 \pm 7,0 \times 10^7$	$4,2 \pm 0,45$	$89 \pm 6,1$
Э-17 (451.6)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$8,5 \times 10^7 \pm 5,8 \times 10^6$	$7,6 \times 10^7 \pm 3,8 \times 10^6$	$4,8 \times 10^7 \pm 2,4 \times 10^6$	$4,8 \pm 0,48$	$75 \pm 8,1$
Э-20 (400.13)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$4,2 \times 10^8 \pm 2,1 \times 10^7$	$3,4 \times 10^8 \pm 1,7 \times 10^7$	$5,7 \times 10^8 \pm 9,0 \times 10^7$	$4,2 \pm 0,31$	$89 \pm 5,1$
Э-25 (451)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$6,9 \times 10^8 \pm 3,5 \times 10^8$	$7,2 \times 10^8 \pm 2,1 \times 10^8$	$2,7 \times 10^8 \pm 5,7 \times 10^8$	$4,0 \pm 0,34$	$92 \pm 5,9$
Э-28 (215)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$1,8 \times 10^8 \pm 9,0 \times 10^6$	$1,1 \times 10^8 \pm 7,0 \times 10^6$	$7,9 \times 10^7 \pm 5,0 \times 10^6$	$4,5 \pm 0,44$	$90 \pm 7,1$
Э-33 (400)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$5,0 \times 10^8 \pm 3,5 \times 10^8$	$2,0 \times 10^8 \pm 2,0 \times 10^8$	$2,0 \times 10^8 \pm 5,4 \times 10^8$	$3,9 \pm 0,52$	$89 \pm 8,5$
Э-35 (580)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$8,5 \times 10^7 \pm 4,9 \times 10^6$	$7,8 \times 10^7 \pm 3,4 \times 10^6$	$6,2 \times 10^7 \pm 5,1 \times 10^6$	$4,7 \pm 0,3$	$70 \pm 6,8$
Э-40 (20)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$2,9 \times 10^8 \pm 1,5 \times 10^8$	$2,8 \times 10^8 \pm 2,2 \times 10^8$	$4,5 \times 10^8 \pm 2,5 \times 10^7$	$3,8 \pm 0,31$	$89 \pm 7,1$
Э-42 (362)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$7,2 \times 10^8 \pm 3,6 \times 10^7$	$5,7 \times 10^8 \pm 4,9 \times 10^7$	$4,7 \times 10^8 \pm 9,4 \times 10^7$	$4,2 \pm 0,3$	$91 \pm 8,2$
Э-44 (362.2)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$4,9 \times 10^8 \pm 3,5 \times 10^8$	$3,9 \times 10^8 \pm 9,0 \times 10^8$	$5,7 \times 10^8 \pm 1,5 \times 10^7$	$3,9 \pm 0,24$	$89 \pm 6,1$
Э-49 (423.2)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$1,5 \times 10^8 \pm 8,0 \times 10^6$	$1,4 \times 10^8 \pm 8,0 \times 10^6$	$6,8 \times 10^7 \pm 2,4 \times 10^6$	$4,1 \pm 0,3$	$87 \pm 7,1$
Э-52 (451.5)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$3,6 \times 10^8 \pm 1,8 \times 10^8$	$2,4 \times 10^8 \pm 1,5 \times 10^8$	$1,4 \times 10^8 \pm 7,0 \times 10^7$	$4,2 \pm 0,27$	$89 \pm 6,8$
Э-55 (451.3)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$7,3 \times 10^8 \pm 2,7 \times 10^7$	$4,2 \times 10^8 \pm 1,1 \times 10^7$	$6,3 \times 10^8 \pm 1,9 \times 10^7$	$4,0 \pm 0,35$	$85 \pm 7,1$
Э-73 (432.4)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$9,1 \times 10^8 \pm 4,6 \times 10^6$	$7,3 \times 10^8 \pm 8,7 \times 10^6$	$2,6 \times 10^8 \pm 4,3 \times 10^6$	$4,8 \pm 0,29$	$74 \pm 8,8$
Э-78 (432.1)	<i>Lactobacillus</i> sp.	-	$6,5 \times 10^8 \pm 3,3 \times 10^4$	$5,2 \times 10^8 \pm 1,6 \times 10^4$	$1,3 \times 10^8 \pm 6,7 \times 10^4$	$4,6 \pm 0,32$	$68 \pm 9,4$

*Гемолитическую активность определяли визуально по наличию зон гемолиза вокруг колоний: α-гемолиз (зеленоватая зона), β-гемолиз (прозрачная зона) или γ-гемолиз (отсутствие гемолиза),

** - γ-гемолиз, т.е. штаммы, не проявляющие гемолитической активности (γ-гемолиз), рассматривались как потенциально безопасные для использования

*Hemolytic activity was determined visually based on the presence of hemolysis zones around the colonies: α-hemolysis (greenish zone), β-hemolysis (clear zone), or γ-hemolysis (absence of hemolysis),

** - γ-hemolysis; that is, strains that did not exhibit hemolytic activity (γ-hemolysis) were considered potentially safe for use

Большинство штаммов, показавших наибольшую антимикробную активность, например, таких, как Э-49 (*Lactobacillus* sp.), Э-52 (*Lactobacillus* sp.), и Э-10 (*Enterococcus* sp.), продемонстрировали также стабильные титры жизнеспособных клеток в течение длительного периода хранения ($2,4 \times 10^9 \pm 1,5 \times 10^8$ и $1,4 \times 10^9 \pm 7,0 \times 10^7$ КОЕ/мл для Э-52 через 10 и 30 суток хранения соответственно и $7,3 \times 10^9 \pm 6,2 \times 10^8$ КОЕ/мл для Э-10 через 30 суток хранения), что свидетельствует об их высокой выживаемости и потенциальной стабильности в составе биопрепаратов. Оптимальные значения pH (3,8–4,2) и высокая титруемая кислотность (89–93 Т°) через

24 ч культивирования у многих активных штаммов указывают на их выраженную метаболическую деятельность и потенциальную способность создавать неблагоприятную среду для роста патогенов (табл. 4).

Обсуждение

Использование молочнокислых бактерий в качестве основы для пробиотических биопрепаратов обусловлено их безопасностью для животных и человека, а также наличием у многих штаммов выраженных пробиотических свойств [12]. Актуальность применения биопрепаратов на их основе обусловлена высокой частотой дисбиотических нарушений микробиома репродуктивной системы коров в условиях промышленного животноводства [23]. Выбор места отбора биологического материала – репродуктивная система клинически здоровых коров, содержащихся в условиях, приближенных к естественным (экофермы), – являлся важным для поиска штаммов, адаптированных к специфическим условиям и обладающих высоким пробиотическим потенциалом. Такой подход позволил выделить штаммы, естественным образом колонизирующие репродуктивный тракт здоровых животных, что повышает вероятность их успешной приживаемости и функциональной активности в составе пробиотика. Это отличает их от аллохтонных штаммов, которые могут быть менее адаптированы к местным условиям [11].

На наш взгляд, поэтапный скрининг, включающий выделение, идентификацию, а затем оценку антагонистической активности, а также кислотообразующей способности и стабильности титра, является эффективной стратегией для отбора наиболее перспективных штаммов.

Одним из ключевых критериев отбора перспективных штаммов лактобактерий является их антагонистическая активность в отношении патогенных и условно-патогенных бактерий [16], в частности, часто вызывающих эндометрит у коров, таких как *Escherichia coli*, *Streptococcus* spp., *Trueperella* spp. и *Staphylococcus* spp. [22]. Кроме того, исследована активность против микромицетов *Aspergillus* sp. и *Penicillium* sp., которые вызывают грибковый эндометрит у коров: *Aspergillus* sp. (60,0% случаев эндометрита грибкового происхождения), *Penicillium* sp. (выделяется в 26,0% случаях) [17]. Выявление нами 19 штаммов лактобактерий с антимикробной активностью против широкого спектра патогенов, включая *Clostridium perfringens*, *Enterococcus faecalis*, *S. aureus* и микромицетов родов *Aspergillus* и *Penicillium*, подтверждает их потенциал как пробиотических агентов. Выявленная антагонистическая активность у ряда пер-

спективных штаммов может быть связана с различными механизмами, включая продукцию антимикробных веществ (бактериоцинов, органических кислот и др.) [4]. Результаты показали значительные зоны задержки роста, вплоть до 38 мм для *Clostridium perfringens* (штамм Э-49) и 37 мм для *Penicillium* sp. (штамм Э-52). Это свидетельствует о мощном ингибирующем действии выделенных штаммов на широкий круг патогенов, актуальных и для репродуктивной системы коров. Так, ранее было показано, что многие штаммы лактобактерий продуцируют молочную кислоту и другие короткоцепочечные жирные кислоты, понижающие pH среды и создающие неблагоприятные условия для роста патогенов [9]. Кроме того, известно о синтезе бактериоцинов, таких как низин, лактицин, энтероцин, педиоцин, лейкоцин и других пептидов, обладающих широким спектром антимикробной активности [5]. Подтверждение этих механизмов для конкретных выделенных штаммов потребует дальнейших исследований (например, анализ генома на наличие генов, кодирующих бактериоцины, или изучение метаболического профиля).

Полученные результаты ПЦР-идентификации подтверждают, что активные штаммы относились к родам *Lactobacillus* и *Enterococcus*. В частности, были идентифицированы такие виды как *L. acidophilus*, *L. crispatus*, *L. fermentum* и *L. johnsonii*, которые широко известны своими пробиотическими свойствами и часто используются в составе коммерческих пробиотиков [6].

Отсутствие гемолитической активности у всех 19 отобранных штаммов является очень важным критерием безопасности [7]. Гемолитическая активность может быть связана с патогенностью и является одним из основных критериев для исключения штаммов из пробиотического применения, особенно для ветеринарных препаратов, где безопасность продукта в приоритете [3]. Это подтверждает потенциальную пригодность выделенных перспективных штаммов для использования в составе пробиотических добавок без риска негативного влияния на организм животных.

Дополнительным важным аспектом, демонстрирующим перспективность штаммов, является их стабильность и метаболическая активность. Большинство штаммов, показавших наибольшую антимикробную активность продемонстрировали также стабильные титры в течение длительного периода хранения. Это соответствует требованиям к коммерческим пробиотическим препаратам [18] и свидетельствуют об их высокой выживаемости и потенциальной стабильности в составе биопрепаратов. Это определяет срок годности, эффективность и окупаемость продукта. Оптимальные зна-

чения pH (3,8–4,2) и высокая титруемая кислотность (89–93 T°) уже через 24 ч культивирования у многих активных штаммов указывают на их выраженную метаболическую деятельность и способность создавать неблагоприятную, кислую среду для роста конкурирующих патогенов.

Заключение

В результате проведенного многоэтапного скрининга и комплексной характеристики пробиотической активности из образцов репродуктивной системы клинически здоровых коров эоферм Северо-Западного региона и республики Карелии были отобраны и идентифицированы перспективные штаммы молочнокислых бактерий. Создана коллекция из 19 штаммов лактобактерий, которые не обладают гемолитической активностью, и демонстрируют антагонистическую активность против широкого спектра патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, в частности, вызывающих эндометрит у крупного рогатого скота. Высокая кислотообразовательная способность и стабильные титры жизнеспособных клеток в процессе хранения, продемонстрированные отобранными штаммами, дополнительно подчеркивают их пригодность для включения в состав пробиотика для восстановления микробиома влагалища и матки. Этот биопрепарат может быть эффективным инструментом для профилактики воспалительных заболеваний репродуктивной системы коров, способствуя улучшению репродуктивного здоровья животных и снижению зависимости от антибиотиков.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ №24-16-00131 «Разработка нового биотехнологического подхода к профилактике и лечению эндометрита у коров».

Список литературы

1. Нетруцов, А. И., Егорова, М. А., & Захарчук, Л. М. (2005). *Практикум по микробиологии: учебное пособие для студентов высших учебных заведений*. Академия.
2. Adnane, M., Whiston, R., Tasara, T., Bleul, U., & Chapwanya, A. (2024). Harnessing Vaginal Probiotics for Enhanced Management of Uterine Disease and Reproductive Performance in Dairy Cows: A Conceptual Review. *Animals*, 14(7), 1073. <https://doi.org/10.3390/ani14071073>. EDN: <https://elibrary.ru/LBWKBG>

3. Baek, J., Kim, B. S., Kim, Y., & Bai, J. (2024). Safety, Antagonistic Activity, and Probiotic Properties of Lactic Acid Bacteria Isolated from Jeotgal, Korean Fermented Seafoods. *Journal of microbiology and biotechnology*, 35, e2411055. <https://doi.org/10.4014/jmb.2411.11055>. EDN: <https://elibrary.ru/DSWEOC>
4. Chen, X., Bai, H., Mo, W., Zheng, X., Chen, H., Yin, Y., Liao, Y., Chen, Z., Shi, Q., Zuo, Z., Liang, Z., & Peng, H. (2025). Lactic Acid Bacteria Bacteriocins: Safe and Effective Antimicrobial Agents. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(9), 4124. <https://doi.org/10.3390/ijms26094124>. EDN: <https://elibrary.ru/LQEOUR>
5. Darbandi, A., Asadi, A., Mahdizadeh Ari, M., Ohadi, E., Talebi, M., Halaj Zadeh, M., Darb Emamie, A., Ghanavati, R., & Kakanj, M. (2022). Bacteriocins: Properties and potential use as antimicrobials. *Journal of clinical laboratory analysis*, 36(1), e24093. <https://doi.org/10.1002/jcla.24093>. EDN: <https://elibrary.ru/WVQQDT>
6. ElFeky, D. S., Awad, A. R., Shamseldeen, A. M., Mowafy, H. L., & Hosny, S. A. (2023). Comparing the therapeutic potentials of *Lactobacillus johnsonii* vs. *Lactobacillus acidophilus* against vulvovaginal candidiasis in female rats: an in vivo study. *Frontiers in microbiology*, 14, 1222503. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1222503>. EDN: <https://elibrary.ru/NCFPJW>
7. Greco, I., Molchanova, N., Holmedal, E., Jenssen, H., Hummel, B. D., Watts, J. L., Håkansson, J., Hansen, P. R., & Svenson, J. (2020). Correlation between hemolytic activity, cytotoxicity and systemic in vivo toxicity of synthetic antimicrobial peptides. *Scientific reports*, 10(1), 13206. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69995-9>. EDN: <https://elibrary.ru/WRGPMT>
8. Latif, A., Shehzad, A., Niazi, S., Zahid, A., Ashraf, W., Iqbal, M. W., Rehman, A., Riaz, T., Aadil, R. M., Khan, I. M., Özogul, F., Rocha, J. M., Esatbeyoglu, T., & Korma, S. A. (2023). Probiotics: mechanism of action, health benefits and their application in food industries. *Frontiers in microbiology*, 14, 1216674. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1216674>. EDN: <https://elibrary.ru/VOSWCB>
9. Markowiak-Kopeć, P., & Ślizewska, K. (2020). The Effect of Probiotics on the Production of Short-Chain Fatty Acids by Human Intestinal Microbiome. *Nutrients*, 12(4), 1107. <https://doi.org/10.3390/nu12041107>. EDN: <https://elibrary.ru/DFSSQL>
10. Mazziotta, C., Tognon, M., Martini, F., Torreggiani, E., & Rotondo, J. C. (2023). Probiotics Mechanism of Action on Immune Cells and Beneficial Effects on Human Health. *Cells*, 12(1), 184. <https://doi.org/10.3390/cells12010184>. EDN: <https://elibrary.ru/BATNTQ>
11. Meziti, A., Tsementzi, D., Rodriguez-R, L. M., Hatt, J. K., Karayanni, H., Kormas, K. A., & Konstantinidis, K. T. (2019). Quantifying the changes in genetic diversity within sequence-discrete bacterial populations across a spatial and temporal riverine gradient. *The ISME journal*, 13(3), 767–779. <https://doi.org/10.1038/s41396-018-0307-6>. EDN: <https://elibrary.ru/ARKMLC>

12. Miranda, C., Contente, D., Igrejas, G., Câmara, S. P. A., Dapkevicius, M. L. E., & Poeta, P. (2021). Role of Exposure to Lactic Acid Bacteria from Foods of Animal Origin in Human Health. *Foods*, 10(9), 2092. <https://doi.org/10.3390/foods10092092>. EDN: <https://elibrary.ru/VIIFBK>
13. Monteagudo-Mera, A., Rastall, R. A., Gibson, G. R., Charalampopoulos, D., & Chatzifragkou, A. (2019). Adhesion mechanisms mediated by probiotics and prebiotics and their potential impact on human health. *Applied microbiology and biotechnology*, 103(16), 6463–6472. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09978-7>. EDN: <https://elibrary.ru/VMEXGW>
14. Mor, A., Driggers, P. H., & Segars, J. H. (2015). Molecular characterization of the human microbiome from a reproductive perspective. *Fertility and sterility*, 104(6), 1344–1350. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2015.10.008>. EDN: <https://elibrary.ru/WVKXWB>
15. Papadimitriou, K., Zoumpoulou, G., Foligné, B., Alexandraki, V., Kazou, M., Pot, B., & Tsakalidou, E. (2015). Discovering probiotic microorganisms: in vitro, in vivo, genetic and omics approaches. *Frontiers in microbiology*, 6, 58. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00058>. EDN: <https://elibrary.ru/XONSIX>
16. Prabhurajeshwar, C., & Chandrakanth, R. K. (2017). Probiotic potential of Lactobacilli with antagonistic activity against pathogenic strains: An in vitro validation for the production of inhibitory substances. *Biomedical journal*, 40(5), 270–283. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2017.06.008>
17. Saini, P., Singh, M., & Kumar, P. (2019). Fungal endometritis in bovines. *Open veterinary journal*, 9(1), 94–98. <https://doi.org/10.4314/ovj.v9i1.16>
18. Shokryazdan, P., Sieo, C. C., Kalavathy, R., Liang, J. B., Alitheen, N. B., Faseleh Jahromi, M., & Ho, Y. W. (2014). Probiotic potential of Lactobacillus strains with antimicrobial activity against some human pathogenic strains. *BioMed research international*, 2014, 927268. <https://doi.org/10.1155/2014/927268>
19. Singh, N., & Sethi, A. (2022). Endometritis – Diagnosis, Treatment and its impact on fertility – A Scoping Review. *JBRA assisted reproduction*, 26(3), 538–546. <https://doi.org/10.5935/1518-0557.20220015>. EDN: <https://elibrary.ru/FLRPCJ>
20. Singh, R. P., Shadan, A., & Ma, Y. (2022). Biotechnological Applications of Probiotics: A Multifarious Weapon to Disease and Metabolic Abnormality. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 14(6), 1184–1210. <https://doi.org/10.1007/s12602-022-09992-8>. EDN: <https://elibrary.ru/MGSNWT>
21. Van Hul, M., Cani, P. D., Petitfils, C., De Vos, W. M., Tilg, H., & El-Omar, E. M. (2024). What defines a healthy gut microbiome?. *Gut*, 73(11), 1893–1908. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2024-333378>. EDN: <https://elibrary.ru/GIQFKH>
22. Várhidi, Z., Csikó, G., Bajcsy, Á. C., & Jurkovich, V. (2024). Uterine Disease in Dairy Cows: A Comprehensive Review Highlighting New Research Areas. *Veteri-*

- nary sciences, 11(2), 66. <https://doi.org/10.3390/vetsci11020066>. EDN: <https://elibrary.ru/HEABXN>
23. Zangirolamo, A. F., Souza, A. K., Yokomizo, D. N., Miguel, A. K. A., Costa, M. C. D., Alfieri, A. A., & Seneda, M. M. (2024). Updates and Current Challenges in Reproductive Microbiome: A Comparative Analysis between Cows and Women. *Animals*, 14(13), 1971. <https://doi.org/10.3390/ani14131971>. EDN: <https://elibrary.ru/QLHPJU>

References

1. Netrutsov, A. I., Egorova, M. A., & Zakharchuk, L. M. (2005). *Laboratory manual on microbiology: A textbook for students of higher educational institutions*. Akademia.
2. Adnane, M., Whiston, R., Tasara, T., Bleul, U., & Chapwanya, A. (2024). Harnessing Vaginal Probiotics for Enhanced Management of Uterine Disease and Reproductive Performance in Dairy Cows: A Conceptual Review. *Animals*, 14(7), 1073. <https://doi.org/10.3390/ani14071073>. EDN: <https://elibrary.ru/LBWKBG>
3. Baek, J., Kim, B. S., Kim, Y., & Bai, J. (2024). Safety, Antagonistic Activity, and Probiotic Properties of Lactic Acid Bacteria Isolated from Jeotgal, Korean Fermented Seafoods. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35, e2411055. <https://doi.org/10.4014/jmb.2411.11055>. EDN: <https://elibrary.ru/DSWEOC>
4. Chen, X., Bai, H., Mo, W., Zheng, X., Chen, H., Yin, Y., Liao, Y., Chen, Z., Shi, Q., Zuo, Z., Liang, Z., & Peng, H. (2025). Lactic Acid Bacteria Bacteriocins: Safe and Effective Antimicrobial Agents. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(9), 4124. <https://doi.org/10.3390/ijms26094124>. EDN: <https://elibrary.ru/LQEOUR>
5. Darbandi, A., Asadi, A., Mahdizade Ari, M., Ohadi, E., Talebi, M., Halaj Zadeh, M., Darb Emamie, A., Ghanavati, R., & Kakanj, M. (2022). Bacteriocins: Properties and potential use as antimicrobials. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 36(1), e24093. <https://doi.org/10.1002/jcla.24093>. EDN: <https://elibrary.ru/WVQQDT>
6. Elfeky, D. S., Awad, A. R., Shamseldeen, A. M., Mowafy, H. L., & Hosny, S. A. (2023). Comparing the therapeutic potentials of *Lactobacillus johnsonii* vs. *Lactobacillus acidophilus* against vulvovaginal candidiasis in female rats: An in vivo study. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1222503. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1222503>. EDN: <https://elibrary.ru/NCFPJW>
7. Greco, I., Molchanova, N., Holmedal, E., Jenssen, H., Hummel, B. D., Watts, J. L., Håkansson, J., Hansen, P. R., & Svenson, J. (2020). Correlation between hemolytic activity, cytotoxicity and systemic in vivo toxicity of synthetic antimicrobial peptides. *Scientific Reports*, 10(1), 13206. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69995-9>. EDN: <https://elibrary.ru/WRGPMT>
8. Latif, A., Shehzad, A., Niazi, S., Zahid, A., Ashraf, W., Iqbal, M. W., Rehman, A., Riaz, T., Aadil, R. M., Khan, I. M., Özogul, F., Rocha, J. M., Esatbeyoglu, T., &

- Korma, S. A. (2023). Probiotics: Mechanism of action, health benefits and their application in food industries. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1216674. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1216674>. EDN: <https://elibrary.ru/VOSWCB>
9. Markowiak-Kopeć, P., & Śliżewska, K. (2020). The Effect of Probiotics on the Production of Short-Chain Fatty Acids by Human Intestinal Microbiome. *Nutrients*, 12(4), 1107. <https://doi.org/10.3390/nu12041107>. EDN: <https://elibrary.ru/DFSSQL>
 10. Mazziotta, C., Tognon, M., Martini, F., Torreggiani, E., & Rotondo, J. C. (2023). Probiotics Mechanism of Action on Immune Cells and Beneficial Effects on Human Health. *Cells*, 12(1), 184. <https://doi.org/10.3390/cells12010184>. EDN: <https://elibrary.ru/BATNTQ>
 11. Meziti, A., Tsementzi, D., Rodriguez-R, L. M., Hatt, J. K., Karayanni, H., Kormas, K. A., & Konstantinidis, K. T. (2019). Quantifying the changes in genetic diversity within sequence-discrete bacterial populations across a spatial and temporal riverine gradient. *The ISME Journal*, 13(3), 767–779. <https://doi.org/10.1038/s41396-018-0307-6>. EDN: <https://elibrary.ru/ARKMLC>
 12. Miranda, C., Contente, D., Igrejas, G., Câmara, S. P. A., Dapkevicius, M. L. E., & Poeta, P. (2021). Role of Exposure to Lactic Acid Bacteria from Foods of Animal Origin in Human Health. *Foods*, 10(9), 2092. <https://doi.org/10.3390/foods10092092>. EDN: <https://elibrary.ru/VIIFBK>
 13. Monteagudo-Mera, A., Rastall, R. A., Gibson, G. R., Charalampopoulos, D., & Chatzifragkou, A. (2019). Adhesion mechanisms mediated by probiotics and prebiotics and their potential impact on human health. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(16), 6463–6472. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09978-7>. EDN: <https://elibrary.ru/VMEXGW>
 14. Mor, A., Driggers, P. H., & Segars, J. H. (2015). Molecular characterization of the human microbiome from a reproductive perspective. *Fertility and Sterility*, 104(6), 1344–1350. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2015.10.008>. EDN: <https://elibrary.ru/WVKXWB>
 15. Papadimitriou, K., Zoumpoulou, G., Foligné, B., Alexandraki, V., Kazou, M., Pot, B., & Tsakalidou, E. (2015). Discovering probiotic microorganisms: In vitro, in vivo, genetic and omics approaches. *Frontiers in Microbiology*, 6, 58. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00058>. EDN: <https://elibrary.ru/XONSIX>
 16. Prabhurajeshwar, C., & Chandrakanth, R. K. (2017). Probiotic potential of Lactobacilli with antagonistic activity against pathogenic strains: An in vitro validation for the production of inhibitory substances. *Biomedical Journal*, 40(5), 270–283. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2017.06.008>
 17. Saini, P., Singh, M., & Kumar, P. (2019). Fungal endometritis in bovines. *Open Veterinary Journal*, 9(1), 94–98. <https://doi.org/10.4314/ovj.v9i1.16>

18. Shokryazdan, P., Sieo, C. C., Kalavathy, R., Liang, J. B., Alitheen, N. B., Faseleh Jahromi, M., & Ho, Y. W. (2014). Probiotic potential of *Lactobacillus* strains with antimicrobial activity against some human pathogenic strains. *BioMed Research International*, 2014, 927268. <https://doi.org/10.1155/2014/927268>
19. Singh, N., & Sethi, A. (2022). Endometritis — Diagnosis, treatment and its impact on fertility — A scoping review. *JBRA Assisted Reproduction*, 26(3), 538–546. <https://doi.org/10.5935/1518-0557.20220015>. EDN: <https://elibrary.ru/FLRPCJ>
20. Singh, R. P., Shadan, A., & Ma, Y. (2022). Biotechnological Applications of Probiotics: A Multifarious Weapon to Disease and Metabolic Abnormality. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 14(6), 1184–1210. <https://doi.org/10.1007/s12602-022-09992-8>. EDN: <https://elibrary.ru/MGSNWT>
21. Van Hul, M., Cani, P. D., Petitfils, C., De Vos, W. M., Tilg, H., & El-Omar, E. M. (2024). What defines a healthy gut microbiome? *Gut*, 73(11), 1893–1908. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2024-333378>. EDN: <https://elibrary.ru/GIQFKH>
22. Várhidi, Z., Csikó, G., Bajcsy, Á. C., & Jurkovich, V. (2024). Uterine Disease in Dairy Cows: A Comprehensive Review Highlighting New Research Areas. *Veterinary Sciences*, 11(2), 66. <https://doi.org/10.3390/vetsci11020066>. EDN: <https://elibrary.ru/HEABXN>
23. Zangirolamo, A. F., Souza, A. K., Yokomizo, D. N., Miguel, A. K. A., Costa, M. C. D., Alfieri, A. A., & Seneda, M. M. (2024). Updates and Current Challenges in Reproductive Microbiome: A Comparative Analysis between Cows and Women. *Animals*, 14(13), 1971. <https://doi.org/10.3390/ani14131971>. EDN: <https://elibrary.ru/QLHPJU>

ВКЛАД АВТОРОВ

Йылдырым Е.А.: руководитель научного проекта, координация работы, формулировка научных гипотез, планирование и постановка эксперимента, статистическая обработка данных, подготовка публикации.

Филиппова В.А.: статистическая обработка данных, интерпретация результатов, структурирование и аналитическая обработка данных для публикации.

Ключникова И.А.: проведение молекулярно-генетического анализа, интерпретация данных для публикации.

Соколова К.А.: проведение молекулярно-генетического анализа, интерпретация данных для публикации.

Ильина Л.А.: координация проекта, систематизация методологии исследования.

Савичева А.А.: проведение микробиологического исследование, подготовка материала для публикации.

Корочкина Е.А.: сбор материала, определение методологии настоящего исследования, анализ микробных сообществ.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Elena A. Yildirim: project leader; coordination of the research work; formulation of scientific hypotheses; planning and design of the experiment; statistical data analysis; preparation of the manuscript for publication.

Valentina A. Filippova: statistical data processing, interpretation of results, structuring and analytical processing of data for publication.

Irina A. Klyuchnikova: molecular-genetic analysis and interpreting the data for publication.

Ksenia A. Sokolova: molecular-genetic analysis and interpreting the data for publication.

Larisa A. Ilina: project coordination and systematization of research methodology.

Alesya A. Savicheva: microbiological research and preparing material for publication.

Elena A. Korochkina: collection of material, determination of the methodology for the present study, and analysis of microbial communities.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Йылдырым Елена Александровна, доктор биологических наук, профессор кафедры крупного животноводства; главный биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; Общество с ограниченной ответственностью «БИОТРОФ» Петербургское шоссе 2с2, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Российская Федерация; ул. Малиновская, 8А, г. Пушкин г. Санкт-Петербург, 196602, Российская Федерация
deniz@biotrof.ru*

Филиппова Валентина Анатольевна, заведующая лабораторией кормления; старший биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; Общество с ограниченной ответственностью «БИОТРОФ» Петербургское шоссе 2с2, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Российская Федерация; ул. Малиновская, 8А, г. Пушкин г. Санкт-Петербург, 196602, Российская Федерация
filippova@biotrof.ru*

Ключникова Ирина Александровна, аспирант кафедры крупного животноводства

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

Петербургское шоссе 2с2, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Российская Федерация
klyuchnikova.irinaa@yandex.ru

Соколова Ксения Андреевна, ассистент кафедры крупного животноводства; биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; Общество с ограниченной ответственностью «БИОТРОФ»
Петербургское шоссе 2с2, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Российская Федерация; ул. Малиновская, 8А, г. Пушкин г. Санкт-Петербург, 196602, Российская Федерация
kalitkina.xeniya@gmail.com

Ильина Лариса Александровна, доктор биологических наук, профессор кафедры крупного животноводства; начальник молекулярно-генетической лаборатории

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; Общество с ограниченной ответственностью «БИОТРОФ»
Петербургское шоссе 2с2, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, 196601, Российская Федерация; ул. Малиновская, 8А, г. Пушкин г. Санкт-Петербург, 196602, Российская Федерация
ilina@biotrof.ru

Савичева Алеся Анисовна, технолог микробиологической лаборатории

Общество с ограниченной ответственностью «БИОТРОФ»
ул. Малиновская, 8А, г. Пушкин г. Санкт-Петербург, 196602, Российская Федерация
sava@biotrof.ru

Корочкина Елена Александровна, доктор ветеринарных наук, доцент, заведующая кафедрой генетических и репродуктивных биотехнологий

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»
ул. Черниговская, 5, г. Санкт-Петербург, 196084, Российская Федерация
e.kora@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Elena A. Yildirim, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Large Animal Husbandry; Chief Biotechnologist of the Molecular Genetics Laboratory
Saint Petersburg State Agrarian University; Biotrof LLC
2, build. 2, Peterburgskoe Shosse, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russian Federation; 8A, Malinovskaya Str., Pushkin, Saint Petersburg, 196602, Russian Federation
deniz@biotrof.ru
SPIN-code: 4479-7509
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5846-5105>
ResearcherID: C-3770-2014
Scopus Author ID: 57059948100

Valentina A. Filippova, Head of the Feeding Laboratory; Senior Biotechnologist of the Molecular Genetics Laboratory
Saint Petersburg State Agrarian University; Biotrof LLC
2, build. 2, Peterburgskoe Shosse, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russian Federation; 8A, Malinovskaya Str., Pushkin, Saint Petersburg, 196602, Russian Federation
filippova@biotrof.ru
SPIN-code: 4771-2990
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8789-9837>
ResearcherID: AAE-2402-2022
Scopus Author ID: 57060101800

Irina A. Klyuchnikova, PhD student of the Department of Large Animal Husbandry
Saint Petersburg State Agrarian University
2, build. 2, Peterburgskoe Shosse, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russian Federation
klyuchnikova.irinaa@yandex.ru
SPIN-code: 8822-5738
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6484-1235>
ResearcherID: JTT-8301-2023
Scopus Author ID: 58618912000

Ksenia A. Sokolova, Assistant of the Department of Large Animal Husbandry; Biotechnologist of the Molecular Genetics Laboratory
Saint Petersburg State Agrarian University; Biotrof LLC

2, build. 2, Peterburgskoe Shosse, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russian Federation; 8A, Malinovskaya Str., Pushkin, Saint Petersburg, 196602, Russian Federation
kalitkina.xeniya@gmail.com

SPIN-code: 7893-2670

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9541-6839>

ResearcherID: ADD-4706-2022

Scopus Author ID: 57280455100

Larisa A. Ilina, Doctor of Biological Sciences, Professor of the department of large animal husbandry; Head of the Molecular Genetics Laboratory

Saint Petersburg State Agrarian University; Biotrof LLC

2, build. 2, Peterburgskoe Shosse, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russian Federation; 8A, Malinovskaya Str., Pushkin, Saint Petersburg, 196602, Russian Federation
ilina@biotrof.ru

SPIN-code: 5826-7525

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2789-4844>

ResearcherID: C-3772-2014

Scopus Author ID: 57060452100

Alesya A. Savicheva, Technologist of the Microbiological Laboratory

Biotrof LLC

8A, Malinovskaya Str., Pushkin, Saint Petersburg, 196602, Russian Federation
sava@biotrof.ru

SPIN-code: 3833-3227

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9125-8005>

Elena A. Korochkina, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Genetic and Reproductive Biotechnologies

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine

5, Chernigovskaya Str., Saint Petersburg, 196084, Russian Federation
e.kora@mail.ru

SPIN-code: 8620-0458

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7011-4594>

ResearcherID: AFP-5737-2022

Scopus Author ID: 57719882500

Поступила 20.10.2025

После рецензирования 21.11.2025

Принята 30.11.2025

Received 20.10.2025

Revised 21.11.2025

Accepted 30.11.2025