

Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 3. С. 82-94.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2025. Vol. 108. No. 3. P. 82-94.

Научная статья
УДК 636.087.8
doi:10.33284/2658-3135-108-3-82

Изучение пробиотических свойств бактерий рода *Propionibacterium*

Татьяна Ивановна Логвинова¹, Ольга Анатольевна Артемьева²

^{1,2}Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, Россия

¹vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7075-544X>

²vijmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7706-4182>

Аннотация. На сегодняшний день в животноводстве пробиотики рассматриваются как реальная альтернатива антибиотикам. Разработка и использование в животноводстве пробиотических кормовых добавок является перспективным направлением, позволяющим обеспечить получение экологически чистой продукции. Пробиотики поддерживают микробиоту организма хозяина, способствуют устранению условно-патогенных бактерий, стимулируют полезные биохимические и бактериологические процессы в микробиоте, а их метаболиты обеспечивают восстановление эпителия кишечника и нормализуют его работу. Одними из перспективных и популярных пробиотиков на сегодняшний день являются пропионовокислые микроорганизмы. Они не разрушаются и сохраняют свою биологическую активность в желудочно-кишечном тракте, имеют высокую устойчивость к действию желчных кислот и к антибактериальным веществам, которые используются в антибиотикотерапии различных патологий. В этой связи научно-исследовательская статья направлена на изучение пробиотических свойств выделенных культур бактерий рода *Propionibacterium* к неблагоприятным факторам внешней среды, отображающим *in vitro* определенные условия желудочно-кишечного тракта животных. В ходе исследований выделены 5 культур пропионовокислых бактерий из молока и молочной сыворотки, дана оценка культурально-морфологическим свойствам и проведено тестирование биологических свойств, т. е. устойчивость штаммов к pH, поваренной соли (NaCl) и желчи разной концентрации. Анализ полученных данных показал, что выделенные штаммы пропионовокислых бактерий являются устойчивыми к низкой кислотности (pH 2,0; 3,0; 4,0), что позволяет им присутствовать в желудочно-кишечном тракте, концентрациям поваренной соли от 0,5 до 7 %, а также к 0,5 % и частично к 20 % желчи. Выделенные культуры являются перспективными пробиотическими штаммами для применения их с целью коррекции микрофлоры желудочно-кишечного тракта организма животных.

Ключевые слова: пропионовокислые бактерии, пробиотики, желудочно-кишечный тракт

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2025 г. ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста FGGN-2024-0016 (124020200032-4).

Для цитирования: Логвинова Т.И., Артемьева О.А. Изучение пробиотических свойств бактерий рода *Propionibacterium* // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 3. С. 82-94. [Logvinova TI, Artemyeva OA. Study of probiotic properties of bacteria of the genus *Propionibacterium*. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(3):82-94. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-3-82>

Original article

Study of probiotic properties of bacteria of the genus *Propionibacterium*

Tatyana I Logvinova¹, Olga A Artemyeva²

^{1,2}Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, Dubrovitsy, Russia

¹vijsmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7075-544X>

²vijsmikrob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7706-4182>

Abstract. Today, probiotics are considered as a real alternative to antibiotics in animal husbandry. The development and use of probiotic feed additives in animal husbandry is a promising area to ensure the production of environmentally friendly products. Probiotics support the host's microbiota, help eliminate opportunistic pathogens, stimulate beneficial biochemical and bacteriological processes in the microbiota, and their metabolites promote the restoration of the intestinal epithelium and normalize its functioning. Propionic acid microorganisms are one of the promising and popular probiotics today. These microorganisms do not break down and retain their biological activity in the gastrointestinal tract, they are highly resistant to bile acids and to antibacterial substances that are used in antibiotic therapy of various pathologies. In this regard, the research article aims to study the probiotic properties of selected cultures of *Propionibacterium* bacteria in relation to adverse environmental factors that reflect certain conditions of the animal gastrointestinal tract *in vitro*. The study isolated 5 cultures of propionic acid bacteria from milk and whey, evaluated their cultural and morphological properties, and tested their biological properties, including strain resistance to pH, sodium chloride (NaCl), and bile at different concentrations. The analysis of the obtained data showed that the isolated strains of propionic acid bacteria are resistant to low acidity (pH 2.0; 3.0; 4.0), which allows them to be present in the gastrointestinal tract, concentrations of table salt from 0.5 to 7%, as well as to 0.5% and partially to 20% of bile. The isolated cultures are promising probiotic strains for use in order to correct the microflora of the gastrointestinal tract of the animal body.

Keywords: propionic acid bacteria, probiotics, gastrointestinal tract

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2025 Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst FGGN-2024-0016 (124020200032-4).

For citation: Logvinova TI, Artemyeva OA. Study of probiotic properties of bacteria of the genus *Propionibacterium*. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(3):82-94. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-3-82>

Введение.

В современных условиях хозяйствования, с развитием органического сельского хозяйства и появлением новых ограничений на использование антибиотиков (Abd El-Tawab MM et al., 2016) большое внимание уделяется разработке различных функциональных кормов для животных и продуктов питания с использованием пробиотиков (Isolauri E et al., 2004; Hwang CE et al., 2013).

Применение пробиотических комплексов в кормлении животных стимулирует активизацию обмена веществ, усвояемость основных нутриентов, роста и развития животных. При этом большое значение приобретает улучшение процессов пищеварения, повышение эффективности усвояемости кормов и восстановления нормобиоты желудочно-кишечного тракта животных с помощью пробиотических кормовых добавок, содержащих живые микроорганизмы (Kazeem AA et al., 2020; Oliveira D et al., 2017). Сбалансированный рацион, обогащенный кормовыми добавками, более чем на 40 % влияет на продуктивность животных, а также на качество получаемого сырья (Горлов И.Ф. и др., 2024).

В этой связи одними из перспективных и популярных пробиотиков на сегодняшний день являются пропионовокислые микроорганизмы. Установлено, что пропионовокислые бактерии продуцируют большое количество функциональных биомолекул: витамины группы В, трегалоза, конъюгированная линолевая кислота, пропионовая кислота, бактериоцины, бифидогенные факторы. Эти микроорганизмы не разрушаются и сохраняют свою биологическую активность в желудочно-кишечном тракте. Данные бактерии выдерживают низкую кислотность желудка (pH 2,0),

характеризуются низкой токсичностью, устойчивостью к антибиотикам, высокой адгезивной способностью, что позволяет им развиваться и продуцировать продукты своего обмена на клетках кишечника, создавая защитный барьер и снизить риск развития дисбактериоза, возникающего на фоне применения антибактериальных препаратов (Hugenholtz J et al., 2002; Логвинова Т.И., 2023).

Боярина И.В. с коллегами (2020) сообщают о создании пробиотиков с включением пропионовокислых бактерий и ацидофильной палочки в производстве кисломолочных продуктов. Учеными обнаружено, что в условиях нахождения в желудочно-кишечном тракте при усиленном воздействии кислот и желчных солей *P. freudenreichii* сохраняет способность синтезировать белки стресса и активирует регуляторные гены. *P. acidipropionici* также устойчив к кислотному стрессу (Guan N et al., 2012; Guan N et al., 2014).

Изучены механизмы, обеспечивающих эффективную кислотоустойчивость молочных пропионибактерий (Jan G et al., 2001; Leverrier P et al., 2004). Полученные данные позволят провести протеомное исследование стрессовых факторов для определения стрессовых регуляторов в *P. freudenreichii*. Пропионибактерии, используемые в качестве закваски для швейцарских сыров, также являются перспективными пробиотиками для человека. Таким образом, учеными была изучена устойчивость к стрессу и перекрестная защита *Propionibacterium freudenreichii* после воздействия тепла, солей желчных кислот.

Проведенные исследования на живых организмах показали, что *P. freudenreichii* способны выживать, а также сохранять обменные процессы в пищеварительном тракте животных (Cousin FJ et al., 2012; Argañaraz-Martínez E et al., 2013). Высокая адгезивная способность пропионовокислых бактерий дает возможность им хорошо фиксироваться на клетках кишечника, создавая кишечный барьер. В ряде исследований показана способность *P. acidipropionici* и *P. freudenreichii* прилипать к клеткам и к слизи кишечника (Ganan M et al., 2013; Darilmaz DO et al., 2012).

Адгезия пропионибактерий к клеткам кишечника приводит к вытеснению инвазивных патогенных бактерий (*Escherichiacoli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica*) за счет конкурентной адгезии (Hajfarajollah H et al., 2014; Nair DVT et al., 2017).

Согласно исследованиям, пробиотические бактерии в кишечной среде восстанавливают микробиоценоз кишечника. Установлено, что пропионовокислые микроорганизмы способны синергически стимулировать рост и адгезию необходимых для нормального функционирования желудочно-кишечного тракта микроорганизмов (Collado MC et al., 2007), и подавлять распространение ряд кишечных патогенов, например, *Helicobacter pylori* (Myllyluoma E et al., 2008). Они производят пропионат и бифидогенные соединения, способствующие росту бифидобактерий в области толстой кишки (Коуа Т et al., 2007).

В исследованиях Adams MC и соавторов (2008) продемонстрировано влияние различных факторов на показатели роста нового штамма *Propionibacterium jensenii* 702, выделенного в Австралии. Обнаружение штамма *P. jensenii* 702 в продуктах жизнедеятельности опытных групп телят, начиная со 2-й недели, указывает на успешный транзит бактерии по желудочно-кишечному тракту. Авторами отмечено, что телята отличались более высокой скоростью и интенсивностью роста в периоды до и после отъема.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что подавляющая часть пробиотических клеток теряет свою продуцирующую активность из-за гибели микроорганизмов в процессе прохождения через желудочно-кишечный тракт под воздействием агрессивной среды (влияние соляной кислоты, желчи и желудочного сока).

Таким образом, к пробиотическим микроорганизмам, используемым в качестве живых пробиотиков, предъявляют ряд требований, в первую очередь связанных с сохранностью в желудочно-кишечном тракте и способностью в нем продуцировать полезные метаболиты (Corcoran B et al., 2008).

Цель исследования.

Оценка устойчивости выделенных культур пропионовокислых бактерий к разным концентрациям желчи, поваренной соли, низким значениям pH, являющимися основными критериями для отбора ценных штаммов с пробиотическими свойствами.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Культуры бактерий рода *Propionibacterium*, выделенные из молока и молочной сыворотки.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: протоколы Женевской конвенции и принципы надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования проводились в лаборатории микробиологии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Исследовательская база включала 17 коров голштинской породы опытного стада ПЗ «Ладожский» (филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Краснодарский край). Пробы молока отбирались специалистами хозяйства в соответствии с регламентом Министерства сельского хозяйства РФ на протяжении всего периода исследования (11 месяцев). Образцы молока собирались индивидуально от каждой коровы в специальные пробирки объемом 50 мл. Суточный объем удоя определялся по суммарным результатам трех доений (утром, днем и вечером).

В процессе исследований изучено 92 образца молока, *in vitro* выделены 35 культур бактерий рода *Propionibacterium* из молока и молочной сыворотки здоровых коров, из которых по устойчивости к антибиотикам было отобрано 5 культур (Логвинова Т.И., 2024) пропионовокислых бактерий, которые в последствии являлись объектом наших исследований.

Методом 10-кратных разведений, с последующим высевом на Бифидум-среду (г. Оболенск, Россия) были выделены матричные культуры пропионовокислых бактерий. Посев осуществляли в 20 мл питательной бидум-среды уколом в столбик, термостатирование осуществляли в течение 2 суток при +37 °С в инкубаторе CO₂ с атмосферой, содержащей 5,5 % CO₂, O₂=17,1 %.

Чистые культуры получали путем посева исходных культур на питательную среду MRS (г. Оболенск, Россия) в объеме 20 мл в течение 2 суток при +37 °С в инкубаторе CO₂ с атмосферой, содержащей 5,5 % CO₂, O₂=17,1 %.

Морфологические свойства пропионовокислых микроорганизмов определяли стандартными методами путем приготовления фиксированных мазков, окрашенных по Граму, с последующим микрофотографированием под бинокулярным микроскопом при увеличении WF 16×90.

Биологические свойства выделенных культур, т. е. резистентность к pH, NaCl и желчи, определяли с использованием микробиологического анализатора Multiskan FC при оптической плотности OD₆₀₀ нм на стерильных 96-луночных микропланшетах.

Способность выделенных культур бактерий рода *Propionibacterium* переносить различные значения pH (2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0 и 9,0) определяли на бульон MRS для лактобактерий («HiMedia», Индия).

Резистентность культур пропионовокислых бактерий к разной концентрации хлорида натрия (NaCl) исследовали на бульоне MRS для лактобактерий («HiMedia», Индия), с добавлением соли в концентрации 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0 %. Устойчивость к соли определяли по уровню накопления биомассы (изменения оптической плотности) через 24 ч культивирования при +37 °С.

Для определения устойчивости описываемых бактерий к желчи использовали бульон MRS для лактобактерий («HiMedia», Индия), содержащий 0,5 %, 20 % и 40 % желчи. В качестве контроля использовали посеы без добавления желчи.

По каждому показателю (pH, NaCl, желчь) готовили 96-луночный микропланшет. Готовили плашку: каждую лунку микроплшета заполняли 180 мкл бульона MRS для лактобактерий (pH, NaCl, желчь) и 20 мкл суточной культуры с OD₆₀₀ нм=0,2. Культивирование питательных сред с различной концентрацией данных показателей на микропланшетах проводили в течение 24 ч. при +37 °С. Изменения оптической плотности исследуемых образцов (жизнеспособность клеток) определяли на спектрофотометре. В качестве результатов исследования использовали средние значения в трехкратной повторности.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены с использованием приборной базы лаборатории микробиологии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Микроскоп для морфологических исследований бинокулярный («XS-90», Китай), CO₂-инкубатор ЕСКО («CelCulture CCL-050», Корея), микробиологический анализатор Multiskan FC («ThermoFisherScientific Inc.», Финляндия).

Статистическая обработка. Для оценки результатов использовались стандартные статистические методы в «Microsoft Excel» («Microsoft», США) с использованием критерия Стьюдента. Различия считались достоверными при $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, $P \leq 0,001$.

Результаты исследования.

В ходе проведенных исследований выделены 5 чистых культур пропионовокислых бактерий. Полученные штаммы исследованы по культурально-морфологическим свойствам.

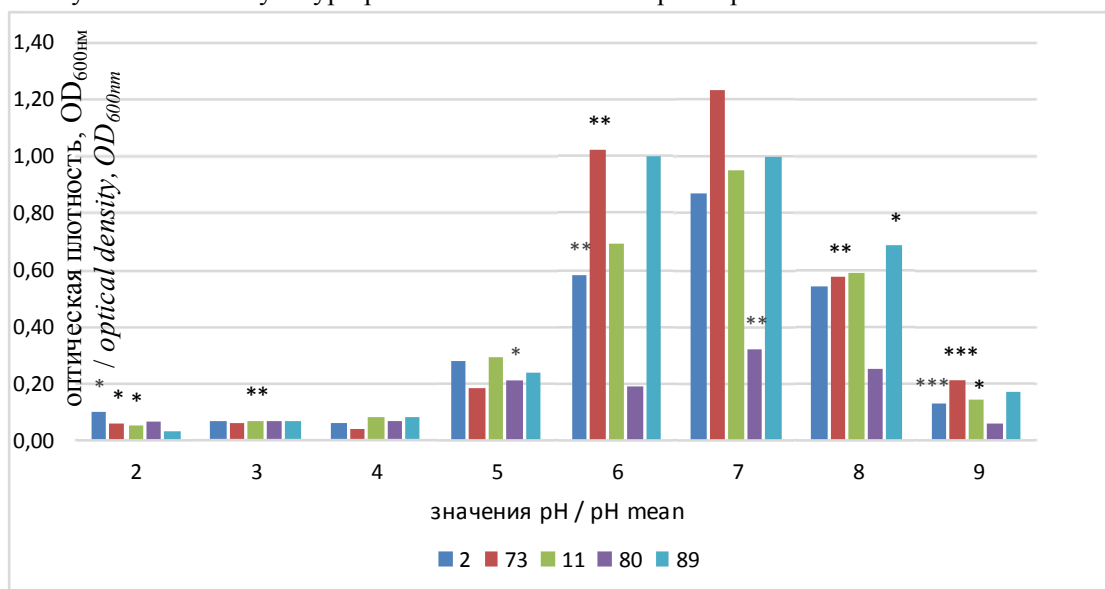
На полужидкой бифидум-среде выделенные изоляты образовывали колонии в виде «тяжей», «комет», расположенных по всему объему столбика.

Иммерсионная микроскопия выделенного изолята показала, что клетки – грамположительные, не спорообразующие, кокковидной формы, расположение парное, цепочками, в виде групп.

На питательной среде MRS отмечен умеренный рост по штриху, колонии – кремового цвета, гладкие, блестящие.

Выделенные штаммы растут в аэробных и анаэробных условиях, представляют собой грамположительные, не спорообразующие, факультативные анаэробы.

Для оценки возможности использования выделенных штаммов пропионовокислых бактерий в качестве пробиотиков они протестированы по биологическим свойствам, а именно, определение резистентности к разным концентрациям pH, NaCl, желчи. На рисунке 1 представлены результаты устойчивости культур пропионовокислых бактерий к pH.



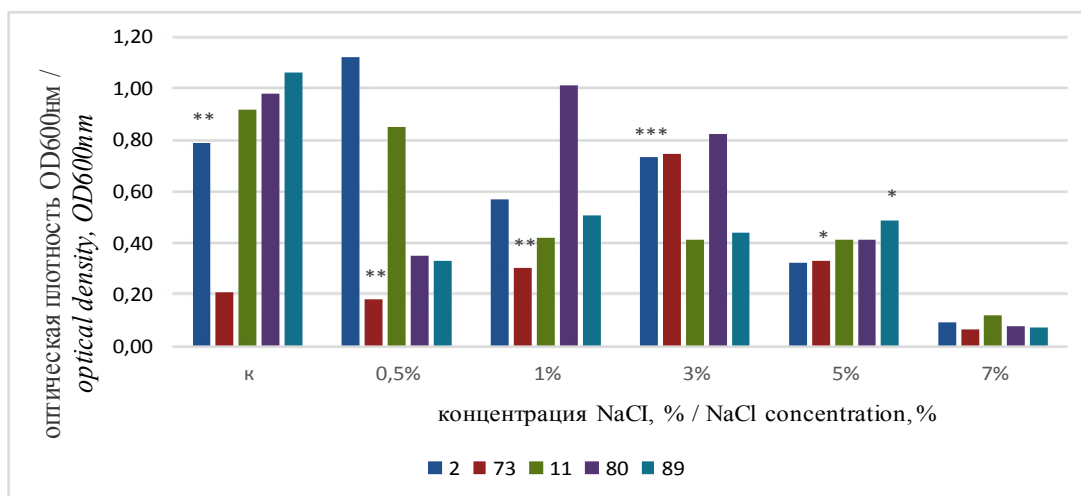
Примечание: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$, *** – $P \leq 0,001$

Note: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$, *** – $P \leq 0,001$

Рисунок 1. Резистентность выделенных культур пропионовокислых бактерий к pH
Figure 1. Resistance of isolated cultures of propionic acid bacteria to pH

В ходе проведенных исследований выявлено, что изучаемые штаммы устойчивы к низкой кислотности (pH 2,0; 3,0; 4,0), что позволяет им присутствовать в желудочно-кишечном тракте. При этом, установлены достоверные различия при pH 2,0 у изолятов № 2, № 73, № 11 ($P \leq 0,05$), при pH 3,0 – изолят № 11 ($P \leq 0,01$). Полученные результаты согласуются с литературными данными, согласно которым оптимальные значения pH для роста пропионовокислых бактерий – 6,0-7,0, минимальный предел pH – 5,0-5,2 (изолят № 80, $P \leq 0,05$). Установлено, что при значениях pH 5,0-7,0 отмечался активный рост исследуемых культур бактерий. Отмечены достоверные различия при pH 6,0 у изолятов № 2 и № 73 ($P \leq 0,01$), при pH 7,0 – у образца № 80 ($P \leq 0,01$), при pH 8,0 – у изолятов № 73 и № 80 ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,05$). При этом активный максимальный рост клеток при pH 6,0-8,0 был отмечен у изолятов № 73 и № 89, № 11, № 89.

Определение устойчивости выделенных бактерий рода *Propionibacterium* при разной концентрации поваренной соли (NaCl) показано на рисунке 2.



Примечание: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$, *** – $P \leq 0,001$

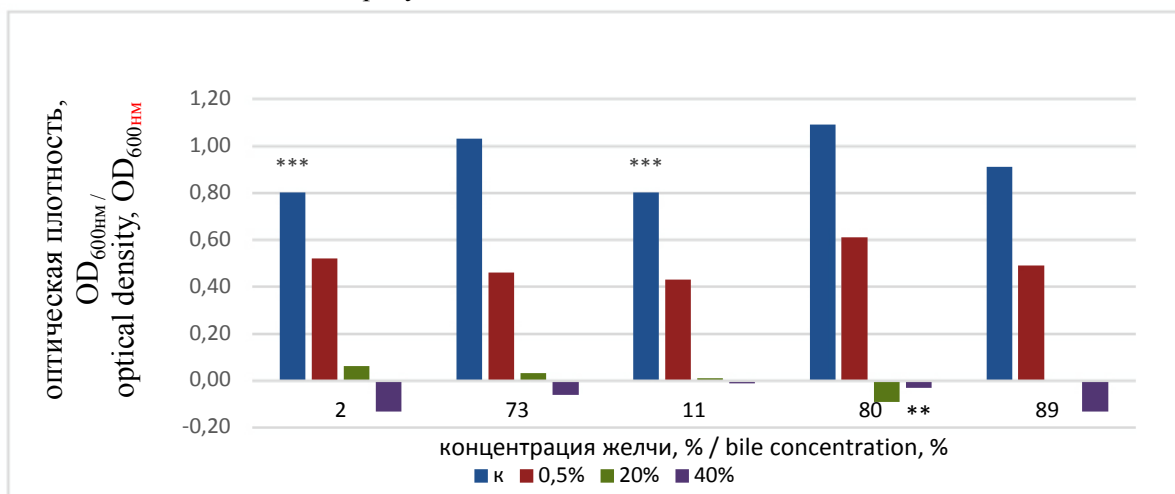
Note: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$, *** – $P \leq 0,001$

Рисунок 2. Устойчивость культур пропионовокислых бактерий к разной концентрации хлорида натрия, %

Figure 2. Resistance of cultures of propionic acid bacteria to different concentrations of sodium chloride, %

Анализ полученных данных показал, что все исследуемые культуры способны развиваться при заданных концентрациях, но степень их устойчивости различна. Значительный рост наблюдался в концентрациях 0,5 % (изолят № 73, $P \leq 0,01$), 1 % (изолят № 73, $P \leq 0,01$), 3 % (изолят № 2, $P \leq 0,001$), при 5 % (изолят № 73, $P \leq 0,05$; изолят № 89, $P \leq 0,05$) поваренной соли отмечен стабильный рост оптической плотности по всем культурам. Критической является концентрация соли 7 %, при которой скорость роста минимальна. Наибольшую устойчивость проявляют исследуемые образцы при концентрации соли 3 % ($OD_{600nm} = 0,73, 0,75, 0,41, 0,82, 0,44$).

Определение устойчивости изолятов бактерий рода *Propionibacterium* в присутствии 0,5 %, 20 %, 40 % желчи показано на рисунке 3.



Примечание: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$, *** – $P \leq 0,001$

Note: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$, *** – $P \leq 0,001$

Рисунок 3. Устойчивость пропионовокислых бактерий в присутствии желчи, %

Figure 3. Resistance of propionic acid bacteria in the presence of bile, %

Установлено, что при концентрации желчи 0,5 % наблюдается значительный рост у всех штаммов исследуемых бактерий, что может быть связано с активацией ферментных систем, отвечающих за метаболические процессы бактерий. При этом отмечены достоверные различия в контроле образцов № 2 и № 11 ($P \leq 0,001$).

Из рисунка 3 видно, что в присутствии 20 % желчи отмечен рост OD у изолятов № 2, № 73, № 11. При этом концентрация желчи 40 % (изолят № 80, $P \leq 0,01$) является критической для исследуемых культур, что выражается отсутствием роста OD, так как клеточные мембраны, состоящие из липидов и жирных кислот, очень чувствительны к разрушению солями желчных кислот.

Обсуждение полученных результатов.

Propionibacterium – это устойчивые организмы, хорошо приспособляемые к различным стрессовым условиям. Данные бактерии обладают полезными свойствами: модуляция кишечной микробиоты, улучшение физиологии кишечника и иммуномодуляция, что свидетельствует об их перспективном пробиотическом потенциале (Rabah H et al., 2017).

Согласно литературным данным, классические виды описываемых бактерий особенно выносливы и устойчивы по сравнению с другими пробиотиками (Campaniello D et al., 2015; Gagnaire V et al., 2015). Эти микроорганизмы показывают высокую переносимость *in vitro* при стимуляции верхних отделов желудочно-кишечного тракта в зависимости от вида и типа штамма (Huang S et al., 2016; Ranadheera CS et al., 2014).

Rossi F и соавторы (2000) сообщают о способности бактерий рода *Propionibacterium* переносить суровые технологические и физиологические условия, что делает их идеальными кандидатами в пробиотики. Исследования *in vitro* и *in vivo* показали, что описываемые бактерии выживают при низком pH и высокой концентрации желчи во время прохождения по желудочно-кишечному тракту (Huang Y et al., 2004; Suomalainen T et al., 2008).

Необходимо отметить, что при прохождении по желудочно-кишечному тракту сельскохозяйственных животных бактерии сталкиваются с разными значениями pH и желчи: желудочный сок pH 0,9-2,5 (кислая реакция), содержимое рубца pH 6,5-7,2, поджелудочный сок pH 7,5-8,5 (щелочная реакция), пищеварительный сок толстого кишечника pH 7,6-9,0 (щелочная реакция). Изменения pH влияют на рост и развитие бактерий, так как данный показатель является одним из важных факторов, влияющих на размножение микроорганизмов.

В ходе проведенных исследований были выделены, культурально-морфологически изучены культуры бактерий рода *Propionibacterium* и дана оценка их устойчивости к разным значениям pH (2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0 и 9,0), поваренной соли в концентрациях 0,5 %, 1 %, 3 %, 5 %, 7 % и желчи (0,5 %, 20 %, 40 %). Анализ полученных данных показывает, что выделенные штаммы пропионовокислых бактерий являются устойчивыми к значениям pH, концентрациям поваренной соли от 0,5 до 7 %, а также к 0,5 % и частично к 20 % желчи.

Выделенные культуры пропионовокислых бактерий устойчивы к низким значениям pH, т. е. кислотоустойчивы, что объясняется наличием системы антиокислительной защиты, характеризующейся реакцией толерантности к кислоте. Низкие значения pH способствуют синтезу белков кислотного шока, которые защищают макромолекулы, а защитные системы pH гомеостаза стремятся поддерживать внутриклеточный pH не ниже 5,0 (Хамагаева И.С. и др., 2015).

Необходимо отметить, что максимальный рост клеток отмечен при нейтральных значениях pH 6,0-8,0. Исследуемые культуры способны развиваться при заданных концентрациях, но критической является концентрация поваренной соли 7 %, при которой скорость роста минимальна. Концентрация желчи 40 % является критической для исследуемых культур, что выражается отсутствием роста. Желчь подавляет рост большого количества бактерий в кишечнике, так как соли желчи разрушают бактериальные мембраны, денатурируют белки, вызывают окислительное повреждение ДНК (Новик Г.И. и др., 2006; Пономарев В.Я. и др., 2011; Китаевская С.В., 2012).

Таким образом, полученные результаты исследований согласуются с литературными данными и необходимы для дальнейшего исследования выделенных культур с целью использования их в качестве пробиотиков.

Заключение.

На сегодняшний день пропионовокислые микроорганизмы являются перспективными пробиотиками благодаря способности преодолевать неблагоприятные условия в кишечнике, обеспечивать различные полезные свойства.

В ходе проведенных исследований выявлено, что изучаемые штаммы устойчивы к низкой кислотности (рН 2,0; 3,0; 4,0), что позволяет им присутствовать в желудочно-кишечном тракте. При этом, установлены достоверные различия при рН 2,0 у изолятов № 2, № 73, № 11 ($P \leq 0,05$), при рН 3,0 – изолят № 11 ($P \leq 0,01$). Полученные результаты согласуются с литературными данными, согласно которым оптимальные значения рН для роста пропионовокислых бактерий 6,0-7,0, минимальный предел рН 5,0-5,2 (изолят № 80, $P \leq 0,05$).

Отмечены достоверные различия при рН 5,0 № 80 ($P \leq 0,05$), рН 6,0 – у изолятов № 2 и № 73 ($P \leq 0,01$), при рН 7,0 – у образца № 80 ($P \leq 0,01$), при рН 8,0 – № 73 ($P \leq 0,01$) и № 80 ($P \leq 0,05$).

Все исследуемые культуры способны развиваться при разных концентрациях NaCl (0,5 %, 1 %, 3 %, 5 %, 7 %), при этом степень их устойчивости различна. Установлены достоверные различия при разных концентрациях поваренной соли: 0,5 % и 1 % NaCl у изолята № 73 ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,01$), 3 % NaCl – у изолята № 2 ($P \leq 0,001$), при 5 % концентрации – у образцов № 73 и № 89 ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,05$).

При концентрации желчи 40 % отмечены достоверные различия у изолята № 80 ($P \leq 0,01$), рост OD отсутствует.

В ходе проведенных исследований выявлены перспективные пробиотические штаммы (№ 2, № 11, № 73, № 80, № 89) пропионовокислых бактерий для коррекции микрофлоры желудочно-кишечного тракта животных.

Список источников

1. Биологическая активность микроорганизмов-пробионтов / Г.И. Новик и др. // Прикладная биохимия и микробиология. 2006. Т. 42. № 2. С. 187-194. [Novik GI et al. Biological activity of probiotic microorganisms. Applied Biochemistry and Microbiology. 2006;42(2):166-172. (In Russ.)]. doi: 10.1134/S0003683806020098
2. Бояринаева И.В., Хамагаева И.С., Муруев И.Е., Исследование антибиотической активности и антибиотикоустойчивости чистых культур *PROPIONIBACTERIUM FREUDENREICHII* Ш-85и ацидофильной палочки с целью дальнейшего использования культур в производстве бактериального концентрата // The scientific heritage. 2020. № 44. С. 3-6. [Boiarineva I, Khamagaeva I, Muruyev I. Research of antibiotic activity and antibiotic resistance of pure culture of *Propionibacterium Freudenreichii* Sh-85 and acidophilus bacillus for further use of cultures in the production of bacterial concentrate. The scientific heritage. 2020;44:3-6. (In Russ.)].
3. Влияние новой кормовой добавки для высокопродуктивных коров КД-Биш на качество молочных продуктов / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Н.И. Мосолова, О.В. Кудряшова, Н.А. Ткаченко, В.А. Пузанкова // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 1. С. 73-82. [Gorlov IF, Slozhenkina MI, Mosolova NI, Kudryashova OV, Tkachenkova NA, Puzankova VA. The influence of the new feed additive KD-Bish on the quality of dairy products. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(1):73-82. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-1-73
4. Использование пищевых функциональных добавок в технологии мясных продуктов / В.Я. Пономарев, Э.Ш. Юнусов, Э.Ш. Шайхиева, Г.О. Ежкова, В.П. Коростелева, О.А. Решетник // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 22. С. 93-98. [Ponomarev VYa, Yunusov ESh, Shaikhieva ESh, Yezhkova GO, Korosteleva VP, Reshetnik OA. Ispol'zovanie pishhevyh

funkcional'nyh dobavok v tehnologii mjasnyh produktov. Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2011;22:93-98. (In Russ.).

5. Исследование кислотного стресса у пропионовокислых бактерий / И.С. Хамагаева, Н.А. Цыремпилова, И.В. Бояринаева, Л.Н. Дармажапова // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2015. Т 57. № 6. С. 5-8. [Khamagaeva IS, Tsyrempilova NA, Boyarineva IV, Darmazhapova LN. The study of the acid stress of the propionic acid bacteria. Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management. 2015;57(6):5-8. (In Russ.).]

6. Китаевская С.В. Современные тенденции отбора и идентификации пробиотических штаммов молочнокислых бактерий // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 17. С. 184-188. [Kitaevskaya SV. Sovremennye tendencii otbora i identifikacii probioticheskikh shtammov molochnokislykh bakterij. Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2012;15(17):184-188. (In Russ.).]

7. Логвинова Т.И. Изучение антибиотикорезистентности выделенных штаммов пропионовокислых бактерий // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 3. С. 163-173. [Logvinova TI. Study of antibiotic resistance of isolated strains of propionic acid bacteria. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(3):163-173. (In Russ.).] doi: 10.33284/2658-3135-107-3-163

8. Логвинова Т.И. Использование пропионовокислых микроорганизмов: от теории к практике (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 4. С. 164-177. [Logvinova TI. The use of propionic acid microorganisms: from theory to practice (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(4):164-177. (In Russ.).] doi: 10.33284/2658-3135-106-4-164

9. Abd El-Tawab MM, Youssef IMI, Bakr HA, Fthenakis GC, Giadinis ND. Role of probiotics in nutrition and health of small ruminants. Pol J Vet Sci. 2016;19(4):893-906. doi: 10.1515/pjvs-2016-0114

10. Adams MC, Luo J, Rayward D, King S, Gibson R, Moghaddam GH. Selection of a novel direct-fed microbial to enhance weight gain in intensively reared calves. Anim Feed Sci Technol. 2008;145(1-4):41-52. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2007.05.035

11. Argañaraz-Martínez E, Babot JD, Apella MC, Perez Chaia A. Physiological and functional characteristics of *Propionibacterium* strains of the poultry microbiota and relevance for the development of probiotic products. Anaerobe. 2013; 23:27-37. doi: 10.1016/j.anaerobe.2013.08.001

12. Campaniello D, Bevilacqua A, Sinigaglia M, Altieri C. Screening of *Propionibacterium* spp. for potential probiotic properties. Anaerobe. 2015;34: 169-173. doi: 10.1016/j.anaerobe.2015.06.003

13. Collado MC, Meriluoto J, Salminen S. Development of new probiotics by strain combinations: is it possible to improve the adhesion to intestinal mucus? J Dairy Science. 2007;90(6):2710-2716. doi: 10.3168/jds.2006-456

14. Corcoran B, Stanton C, Fitzgerald G, Ross R. Life under stress: the probiotic stress response and how it may be manipulated. Curr Pharm Des. 2008;14(14):1382-1399. doi: 10.2174/138161208784480225

15. Cousin FJ, Louesdon S, Maillard M.-B, Parayre S, Falentin H, Deutsch S.-M, Boudry G, Jan G. The first dairy product exclusively fermented by *Propionibacterium freudenreichii*: A new vector to study probiotic potentialities in vivo. Food Microbiol. 2012;32(1):135-146. doi: 10.1016/j.fm.2012.05.003

16. Darilmaz DO, Beyatli Y, Yuksekdogan ZN. Aggregation and hydrophobicity properties of 6 dairy propionibacteria strains isolated from homemade turkish cheeses. J Food Sci. 2012;77(1):M20-M24. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02438.x

17. Gagnaire V, Jardin J, Rabah H, Briard-Bion V, Jan G. Emmental cheese environment enhances *Propionibacterium freudenreichii* stress tolerance. PLoS ONE. 2015;10(8):e0135780. doi: 10.1371/journal.pone.0135780

18. Ganan M, Martinez-Rodriguez AJ, Carrascosa AV, Vesterlund S, Salminen S, Sotkari R. Interaction of *Campylobacter* spp. and human probiotics in chicken intestinal mucus: adhesion of campylobacter and interaction with probiotics. Zoonoses Public Health. 2013;60(2):141-148. doi: 10.1111/j.1863-2378.2012.01510.x

19. Guan N et al. Genome-shuffling improves acid tolerance of *Propionibacterium acidipropionici* and propionic acid production. *Adv Chem Res.* 2012;15:143-152.
20. Guan N, Shin H, Chen RR, Li J, Liu L, Du G, Chen J. Understanding of how *Propionibacterium acidipropionici* respond to propionic acid stress at the level of proteomics. *Sci Rep.* 2014;4:6951. doi: 10.1038/srep06951
21. Hajfarajollah H, Mokhtarani B, Noghabi KA. Newly antibacterial and antiadhesive lipopeptide biosurfactant secreted by a probiotic strain, *Propionibacterium freudenreichii*. *Appl Biochem Biotechnol.* 2014;174(8):2725-2740. doi: 10.1007/s12010-014-1221-7
22. Huang S, Rabah H, Jardin J, Briard-Bion V, Parayre S, Maillard MB, Le Loir Y, Chen XD, Schuck P, Jeantet R, et al. Hyperconcentrated sweet whey, a new culture medium that enhances *Propionibacterium freudenreichii* stress tolerance. *Appl Environ Microbiol.* 2016;82(15):4641-4651. doi: 10.1128/AEM.00748-16
23. Huang Y, Adams MC. In vitro assessment of the upper gastrointestinal tolerance of potential probiotic dairy propionibacteria. *Int J Food Microbiol.* 2004;91(3):253-260. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2003.07.001
24. Hugenholtz J, Hunik J, Santos H, Smid E. Nutraceutical production by *Propionibacteria*. *Lait.* 2002;82:103-112. doi: 10.1051/lait:2001009
25. Hwang CE, Seo WT, Cho KM. Enhanced antioxidant effect of black soybean by Cheonggukjang with potential probiotic *Bacillus subtilis* CSY19. *Korean J Microbiol.* 2013;49(4):391-397. doi: 10.7845/kjm.2013.3070
26. Isolauri E, Salminen S, Ouwehand AC. Microbial-gut interactions in health and disease. *Probiotics. Best Pract Res Clin Gastroenterol.* 2004;18(2):299-313. doi: 10.1016/j.bpg.2003.10.006
27. Jan G, Leverrier P, Pichereau V, Boyaval P. Changes in protein synthesis and morphology during acid adaptation of *Propionibacterium freudenreichii*. *Appl Environ Microbiol.* 2001;67(5):2029-2036. doi: 10.1128/AEM.67.5.2029-2036.2001
28. Kazeem AA, Olayinka AA, Collins N A. Probiotics in animal husbandry: applicability and associated risk factors. *Sustainability.* 2020;12(3):1087. doi: 10.3390/su12031087
29. Kouya T, Misawa K, Horiuchi M, Nakayama E, Deguchi H, Tanaka T, Taniguchi M. Production of extracellular bifidogenic growth stimulator by anaerobic and aerobic cultivations of several propionibacterial strains. *J Biosci Bioeng.* 2007;103(5):464-471. doi:10.1263/jbb.103.464
30. Leverrier P, Vissers JPC, Rouault A, Boyaval P, Jan G. Mass spectrometry proteomic analysis of stress adaptation reveals both common and distinct response pathways in *Propionibacterium freudenreichii*. *Arch. Microbiol.* 2004; 181(3):215-230. doi: 10.1007/s00203-003-0646-0
31. Myllyluoma E, Ahonen AM, Korpela R, Vapaatalo H, Kankuri E. Effects of multispecies probiotic combination on *Helicobacter pylori* infection in vitro. *Clin Vaccine Immunol.* 2008;15(9):1472-1482. doi: 10.1128/CVI.00080-08
32. Nair DVT, Kollanoor-Johny A. Effect of *Propionibacterium freudenreichii* on *Salmonella* multiplication, motility, and association with avian epithelial cells. *Poult Sci.* 2017;96(5):1376-1386. doi: 10.3382/ps/pew367
33. Oliveira D, Vidal L, Ares G, Walter EH, Rosenthal MA, Deliza RS. Microbiological and physicochemical screening of probiotic cultures for the development of non-fermented probiotic milk. *LWT - Food Sci Technol.* 2017;79:234-241. doi: 10.1016/j.lwt.2017.01.020
34. Rabah H, Rosa do Carmo FL, Jan G. Dairy propionibacteria: versatile probiotics. *Microorganisms.* 2017;5(2):24. doi: 10.3390/microorganisms5020024
35. Ranadheera CS, Evans CA, Adams MC, Baines SK. Effect of dairy probiotic combinations on in vitro gastrointestinal tolerance, intestinal epithelial cell adhesion and cytokine secretion. *J Funct Foods.* 2014;8:18-25. doi: 10.1016/j.jff.2014.02.022
36. Rossi F, Dellaglio F, Peluso M, Torriani S. Dairy propionibacteria: occurrence-resistance to technological stresses and antagonistic properties [cheesemaking]. *Ind Aliment.* 2000;39(392):553-557.

37. Suomalainen T, Sigvart-Mattila P, Matto J, Tynkkynen S. In vitro and in vivo gastrointestinal survival, antibiotic susceptibility and genetic identification of *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii* JS. Int Dairy J. 2008;18(3):271-278. doi: 10.1016/j.idairyj.2007.09.004

References

1. Novik GI et al. Biological activity of probiotic microorganisms. Applied Biochemistry and Microbiology. 2006;42(2):166-172. doi: 10.1134/S0003683806020098
2. Boiarineva I, Khamagaeva I, Muruyev I. Research of antibiotic activity and antibiotic resistance of pure cultur of *Propionibacterium Freudenreichii Sh-85* and acidophilus bacillus for further use of cultures in the production of bacterial concentrate. The scientific Heritage. 2020;44:3-6.
3. Gorlov IF, Slozhenkina MI, Mosolova NI, Kudryashova OV, Tkachenkova NA, Puzankova VA. The influence of the new feed additive KD-Bish on the quality of dairy products. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(1):73-82. doi:10.33284/2658-3135-107-1-73
4. Ponomarev VYa, Yunusov ESh, Shaikhieva ESh, Yezhkova GO, Korosteleva VP, Reshetnik OA. The use of functional food additives in the technology of meat products. Herald of Kazan Technological University. 2011;22:93-98.
5. Khamagaeva IS, Tsyrempilova NA, Boyarineva IV, Darmazhapova LN. The study of the acid stress of the propionic acid bacteria. Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management. 2015;57(6):5-8.
6. Kitaevskaya SV. Current trends in the selection and identification of probiotic strains of lactic acid bacteria. Herald of Kazan Technological University. 2012; 15(17):184-188.
7. Logvinova TI. Study of antibiotic resistance of isolated strains of propionic acid bacteria. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(3):163-173. doi: 10.33284/2658-3135-107-3-163
8. Logvinova TI. The use of propionic acid microorganisms: from theory to practice (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(4):164-177. doi: 10.33284/2658-3135-106-4-164
9. Abd El-Tawab MM, Youssef IMI, Bakr HA, Fthenakis GC, Giadinis ND. Role of probiotics in nutrition and health of small ruminants. Pol J Vet Sci. 2016;19(4):893-906. doi: 10.1515/pjvs-2016-0114
10. Adams MC, Luo J, Rayward D, King S, Gibson R, Moghaddam GH. Selection of a novel direct-fed microbial to enhance weight gain in intensively reared calves. Anim Feed Sci Technol. 2008;145(1-4):41-52. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2007.05.035
11. Argañaraz-Martínez E, Babot JD, Apella MC, Perez Chaia A. Physiological and functional characteristics of *Propionibacterium* strains of the poultry microbiota and relevance for the development of probiotic products. Anaerobe. 2013; 23:27-37. doi: 10.1016/j.anaerobe.2013.08.001
12. Campaniello D, Bevilacqua A, Sinigaglia M, Altieri C. Screening of *Propionibacterium* spp. for potential probiotic properties. Anaerobe. 2015;34: 169-173. doi: 10.1016/j.anaerobe.2015.06.003
13. Collado MC, Meriluoto J, Salminen S. Development of new probiotics by strain combinations: is it possible to improve the adhesion to intestinal mucus? J Dairy Science. 2007;90(6):2710-2716. doi: 10.3168/jds.2006-456
14. Corcoran B, Stanton C, Fitzgerald G, Ross R. Life under stress: the probiotic stress response and how it may be manipulated. Curr Pharm Des. 2008;14(14):1382-1399. doi: 10.2174/138161208784480225
15. Cousin FJ, Louesdon S, Maillard M.-B, Parayre S, Falentin H, Deutsch S.-M, Boudry G, Jan G. The first dairy product exclusively fermented by *Propionibacterium freudenreichii*: A new vector to study probiotic potentialities in vivo. Food Microbiol. 2012;32(1):135-146. doi: 10.1016/j.fm.2012.05.003
16. Darilmaz DO, Beyatli Y, Yuksekdogan ZN. Aggregation and hydrophobicity properties of 6 dairy propionibacteria strains isolated from homemade turkish cheeses. J Food Sci. 2012;77(1):M20-M24. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02438.x

17. Gagnaire V, Jardin J, Rabah H, Briard-Bion V, Jan G. Emmental cheese environment enhances *Propionibacterium freudenreichii* stress tolerance. PLoS ONE. 2015;10(8):e0135780. doi: 10.1371/journal.pone.0135780
18. Ganan M, Martinez-Rodriguez AJ, Carrascosa AV, Vesterlund S, Salminen S, Sotkari R. Interaction of *Campylobacter spp.* and human probiotics in chicken intestinal mucus: adhesion of campylobacter and interaction with probiotics. Zoonoses Public Health. 2013;60(2):141-148. doi: 10.1111/j.1863-2378.2012.01510.x
19. Guan N et al. Genome-shuffling improves acid tolerance of *Propionibacterium acidipropionici* and propionic acid production. Adv Chem Res. 2012;15:143-152.
20. Guan N, Shin H, Chen RR, Li J, Liu L, Du G, Chen J. Understanding of how *Propionibacterium acidipropionici* respond to propionic acid stress at the level of proteomics. Sci Rep. 2014;4:6951. doi: 10.1038/srep06951
21. Hajfarajollah H, Mokhtarani B, Noghabi KA. Newly antibacterial and antiadhesive lipopeptide biosurfactant secreted by a probiotic strain, *Propionibacterium freudenreichii*. Appl Biochem Biotechnol. 2014;174(8):2725-2740. doi: 10.1007/s12010-014-1221-7
22. Huang S, Rabah H, Jardin J, Briard-Bion V, Parayre S, Maillard MB, Le Loir Y, Chen XD, Schuck P, Jeantet R, et al. Hyperconcentrated sweet whey, a new culture medium that enhances *Propionibacterium freudenreichii* stress tolerance. Appl Environ Microbiol. 2016;82(15):4641-4651. doi: 10.1128/AEM.00748-16
23. Huang Y, Adams MC. In vitro assessment of the upper gastrointestinal tolerance of potential probiotic dairy propionibacteria. Int J Food Microbiol. 2004;91(3):253-260. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2003.07.001
24. Hugenholtz J, Hunik J, Santos H, Smid E. Nutraceutical production by *Propionibacteria*. Lait. 2002;82:103-112. doi: 10.1051/lait:2001009
25. Hwang CE, Seo WT, Cho KM. Enhanced antioxidant effect of black soybean by Cheonggukjang with potential probiotic *Bacillus subtilis* CSY19. Korean J Microbiol. 2013;49(4):391-397. doi: 10.7845/kjm.2013.3070
26. Isolauri E, Salminen S, Ouwehand AC. Microbial-gut interactions in health and disease. Probiotics. Best Pract Res Clin Gastroenterol. 2004;18(2):299-313. doi: 10.1016/j.bpg.2003.10.006
27. Jan G, Leverrier P, Pichereau V, Boyaval P. Changes in protein synthesis and morphology during acid adaptation of *Propionibacterium freudenreichii*. Appl Environ Microbiol. 2001;67(5):2029-2036. doi: 10.1128/AEM.67.5.2029-2036.2001
28. Kazeem AA, Olayinka AA, Collins N A. Probiotics in animal husbandry: applicability and associated risk factors. Sustainability. 2020;12(3):1087. doi: 10.3390/su12031087
29. Kouya T, Misawa K, Horiuchi M, Nakayama E, Deguchi H, Tanaka T, Taniguchi M. Production of extracellular bifidogenic growth stimulator by anaerobic and aerobic cultivations of several propionibacterial strains. J Biosci Bioeng. 2007;103(5):464-471. doi: 10.1263/jbb.103.464
30. Leverrier P, Vissers JPC, Rouault A, Boyaval P, Jan G. Mass spectrometry proteomic analysis of stress adaptation reveals both common and distinct response pathways in *Propionibacterium freudenreichii*. Arch. Microbiol. 2004; 181(3):215-230. doi: 10.1007/s00203-003-0646-0
31. Myllyluoma E, Ahonen AM, Korpela R, Vapaatalo H, Kankuri E. Effects of multispecies probiotic combination on *Helicobacter pylori* infection in vitro. Clin Vaccine Immunol. 2008;15(9):1472-1482. doi: 10.1128/CVI.00080-08
32. Nair DVT, Kollanoor-Johny A. Effect of *Propionibacterium freudenreichii* on *Salmonella* multiplication, motility, and association with avian epithelial cells. Poult Sci. 2017;96(5):1376-1386. doi: 10.3382/ps/pew367
33. Oliveira D, Vidal L, Ares G, Walter EH, Rosenthal MA, Deliza RS. Microbiological and physicochemical screening of probiotic cultures for the development of non-fermented probiotic milk. LWT - Food Sci Technol. 2017;79:234-241. doi: 10.1016/j.lwt.2017.01.020
34. Rabah H, Rosa do Carmo FL, Jan G. Dairy propionibacteria: versatile probiotics. Microorganisms. 2017;5(2):24. doi: 10.3390/microorganisms5020024

35. Ranadheera CS, Evans CA, Adams MC, Baines SK. Effect of dairy probiotic combinations on in vitro gastrointestinal tolerance, intestinal epithelial cell adhesion and cytokine secretion. J Funct Foods. 2014;8:18-25. doi: 10.1016/j.jff.2014.02.022
36. Rossi F, Dellaglio F, Peluso M, Torriani S. Dairy propionibacteria: occurrence-resistance to technological stresses and antagonistic properties [cheesemaking]. Ind Aliment. 2000;39(392):553-557.
37. Suomalainen T, Sigvart-Mattila P, Matto J, Tynkkynen S. In vitro and in vivo gastrointestinal survival, antibiotic susceptibility and genetic identification of *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii* JS. Int Dairy J. 2008;18(3):271-278. doi: 10.1016/j.idairyj.2007.09.004

Информация об авторах:

Татьяна Ивановна Логвинова, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории микробиологии, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: 8(4967)651133.

Ольга Анатольевна Артемьева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: 8(4967)651133.

Information about the authors:

Tatyana I Logvinova, Cand. Sci. (Biology), Researcher at the Microbiology Laboratory, Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ named after Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Olga A Artemyeva, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher at the Microbiology Laboratory, Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ named after Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 8(4967)651133.

Статья поступила в редакцию 15.07.2025; одобрена после рецензирования 02.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 15.07.2025; approved after reviewing 02.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.