

ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА МИКРООРГАНИЗМОВ В СОСТАВ НОВОГО ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

✉ Функ И.А., Отт Е.Ф.

Федеральный Алтайский научный центр агrobiотехнологий

Барнаул, Россия

✉ e-mail: funk.irishka@mail.ru

В настоящее время все большую популярность набирает идея здорового питания, что обуславливает интерес со стороны потребителей к экологически чистым и биологически полноценным продуктам животноводства. В связи с этим разработка пробиотических препаратов для сельскохозяйственных животных и определение эффективности их использования становятся актуальными задачами. Важными этапами при создании новых биопрепаратов являются изучение и подбор наиболее подходящих штаммов, так как пробиотический эффект входящих в состав закваски микроорганизмов определяется набором технологически ценных свойств, которыми они обладают. В процессе исследования были изучены технологически ценные свойства 12 штаммов лактобацилл и 15 штаммов пропионово-кислых бактерий из Сибирской коллекции микроорганизмов (лаборатория микробиологии молока и молочных продуктов, Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия, ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агrobiотехнологий») с целью включения их в состав нового пробиотического препарата для сельскохозяйственных животных. Установлено, что все рассматриваемые штаммы молочнокислых палочек активно сбраживали углеводы, входящие в состав растительных субстратов, а также сохраняли свою численность не ниже терапевтически значимого уровня в течение 60 сут. Пропионово-кислые бактерии продуцировали от $0,48 \pm 0,01$ до $0,64 \pm 0,06$ мкг/см³ витамина В₁₂ и сохраняли свою жизнеспособность в количестве десятков миллионов клеток на протяжении 6 мес. В результате по наилучшему проявлению технологически ценных свойств было отобрано два штамма молочнокислых палочек (СКМ-673, СКМ-681) и три штамма пропионово-кислых бактерий (11₁, 11₂, 149) как перспективных для включения в состав нового пробиотического препарата для сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: пробиотические микроорганизмы, технологически ценные свойства, активность кислотообразования, ферментативная активность, сохранность

FEATURES OF SELECTION OF MICROORGANISMS IN THE COMPOSITION OF A NEW PROBIOTIC DRUG FOR FARM ANIMALS

✉ Funk I.A., Ott E.F.

Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies

Barnaul, Russia

✉ e-mail: funk.irishka@mail.ru

Nowadays, the idea of healthy eating is gaining popularity, which makes consumers interested in environmentally friendly and biologically nutritious animal products. In this regard, the development of probiotic preparations for farm animals and determination of the effectiveness of their use become urgent tasks. Important stages in the creation of new biopreparations are the study and selection of the most suitable strains, as the probiotic effect of the microorganisms included in the inoculum is determined by a set of technologically valuable properties they possess. In the course of the study, technologically valuable properties of 12 strains of lactobacilli and 15 strains of propionic acid bacteria from the Siberian Collection of Microorganisms (Laboratory of Microbiology of Milk and Dairy Products, Siberian Research Institute of Cheesemaking, FSBSI "Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies") were studied in order to include them in the composition of a new probiotic preparation for farm animals. It was found that all the considered strains of lactic acid bacilli actively digested carbohydrates included in the composition of plant substrates, as well as maintained their abundance not below the therapeutically significant level for 60 days. Propionic acid bacteria produced $0.48 \pm$

0.01 to $0.64 \pm 0.06 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ of vitamin B₁₂ and remained viable in numbers of tens of millions of cells for 6 months. As a result, two strains of lactic acid bacilli (SCM 673, SCM 681) and three strains of propionic acid bacteria (11₁, 11₂, 149) were selected according to the best manifestation of technologically valuable properties as promising for inclusion in the composition of a new probiotic preparation for farm animals.

Keywords: probiotic microorganisms, technologically valuable properties, acid formation activity, enzymatic activity, preservation

Для цитирования: Функ И.А., Отт Е.Ф. Особенности подбора микроорганизмов в состав нового пробиотического препарата для сельскохозяйственных животных // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 85–91. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-10>

For citation: Funk I.A., Ott E.F. Features of selection of microorganisms in the composition of a new probiotic drug for farm animals. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 85–91. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-10>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации закономерно повышаются гигиенические требования к продуктам животноводства, что приводит к увеличению спроса на биологически активные препараты, в частности пробиотики, рассматривающиеся как альтернатива кормовым антибиотикам.

В результате многочисленных опытов, проведенных отечественными и зарубежными исследователями, доказано, что использование пробиотиков в рационе сельскохозяйственных животных способствует лучшему перевариванию и усвоению питательных и биологически активных веществ, нормализации метаболических процессов и повышению общей резистентности организма. В результате комплексного действия пробиотических препаратов на организм животного повышается выход сельскохозяйственной продукции и улучшается ее качество [1, 2].

Терапевтические свойства пробиотических препаратов обусловлены качественным составом микрофлоры и количественным содержанием микроорганизмов. Как правило, микроорганизмы, проявляющие пробиотические свойства, относятся к представителям родов *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Propionibacterium*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Escherichia*, *Pediococcus*, а также дрожжам *Saccharomyces*, которые обеспечивают стабилизацию микрофлоры, восстанавливают

ее нарушенный баланс и стимулируют иммунологическую функцию слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта [3].

В свою очередь, пробиотический эффект микроорганизмов определяется набором технологически ценных свойств, которыми они обладают, что важно учитывать при подборе штаммов-пробиотиков для новых биопрепаратов. Считается, что молочнокислые и пропионово-кислые бактерии – наиболее перспективные культуры для включения в состав пробиотических препаратов для сельскохозяйственных животных. Так, молочнокислые бактерии, в частности лактобациллы, способны образовывать антибиотикоподобные вещества и продуцировать органические кислоты, что служит основным механизмом проявления ими антагонистической активности в отношении условно-патогенной и патогенной микрофлоры желудочно-кишечного тракта [4]. Пропионово-кислые бактерии обладают уникальными биохимическими свойствами. Они способны продуцировать пропионовую, уксусную кислоты, супероксиддисмутазу, каталазу, а также витамин B₁₂, который очень важен для организма человека и животных [5, 6].

Однако стоит отметить, что указанные выше свойства лактобацилл и пропионово-кислых бактерий могут проявляться в большей или меньшей степени у разных штаммов микроорганизмов.

Таким образом, подбор и включение пробиотических микроорганизмов в состав разрабатываемых биопрепаратов на основе изучения их технологически ценных свойств являются важным этапом при создании по-настоящему качественных пробиотиков, что и стало целью данного исследования.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучить активность кислотообразования, ферментативную активность, а также сохранность коллекционных культур лактобацилл.

2. Оценить ферментативную активность пропионово-кислых бактерий, их способность к продуцированию витамина В₁₂ и динамику численности в процессе хранения.

3. На основе анализа степени проявления технологически ценных свойств отобрать штаммы пропионово-кислых бактерий и лактобацилл для включения их в состав нового биопрепарата для сельскохозяйственных животных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для подбора штаммов пробиотических микроорганизмов в состав разрабатываемого биопрепарата в 2018–2022 гг. было изучено 12 культур молочнокислых палочек (*Lactobacillus* spp.) и 15 культур пропионово-кислых бактерий из Сибирской коллекции микроорганизмов. Исследования проводили на базе лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов и лаборатории прикладной биотехнологии Сибирского научно-исследовательского института сыроделия, входящего в состав ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» (Россия, г. Барнаул).

Основные технологически ценные свойства исследуемых культур были изучены с применением стандартных методов микро-

биологического и биохимического анализа. Активную кислотность молочнокислых палочек определяли потенциметрически согласно ГОСТ Р 53359–2009¹. Способность сбраживать углеводы как у молочнокислых палочек, так и у пропионово-кислых бактерий определяли качественно на жидкой питательной среде Гисса согласно общепринятой методике. Результаты оценивали по изменению окраски питательной среды с углеводами. Продуцирование витамина В₁₂ пропионово-кислыми бактериями определяли количественно в рамках диффузионного метода и с применением тест-организма *Escherichia coli* 113-3 DSM 1900 (ФГБНУ «Государственный научно-исследовательский институт генетики и селекции промышленных микроорганизмов»)² [7]. Количество молочнокислых палочек и пропионово-кислых бактерий в процессе хранения определяли по ГОСТ 10444.11–2013³ и ГОСТ Р 56139–2014⁴.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из положительных свойств лактобактерий является продуцирование молочной кислоты и других органических кислот, что способствует подавлению посторонней микрофлоры желудочно-кишечного тракта и созданию оптимальных условий для нормального развития остальных представителей симбионтной микрофлоры [8].

Исходя из этого, в процессе работы была изучена активность кислотообразования 12 штаммов молочнокислых палочек (*Lactobacillus plantarum*). Результаты исследований представлены в табл. 1.

В ходе опыта было установлено, что через 8 ч культивирования признаки роста отмечены у всех исследуемых штаммов. Активная кислотность культуральной жидкости варьировала от $5,68 \pm 0,24$ до $4,09 \pm 0,11$ ед. pH. Изменение pH наблюдалось в течение 4 сут

¹ГОСТ Р 53359–2009. Молоко и продукты переработки молока. Метод определения pH. М.: Стандартинформ, 2009. 11 с.

²Егорова Н.С. Практикум по микробиологии: учеб. пособие. М.: Издательство Московского государственного университета, 1976. 307 с.

³ГОСТ 10444.11–2013 (ISO 15214:1998). Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов. М.: Стандартинформ, 2014. 22 с.

⁴ГОСТ Р 56139–2014. Продукты пищевые функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов. М.: Стандартинформ, 2015. 32 с.

Табл. 1. Активная кислотность исследуемых штаммов *L. plantarum* ($\mu\text{pH} \pm \text{pH}$)
Table 1. Active acidity of the studied *L. plantarum* strains ($\mu\text{pH} \pm \text{pH}$)

№ п/п	Индекс штамма	Показатели активной кислотности в течение 10 сут, ед.								
		4 ч	8 ч	1 сут	2 сут	3 сут	4 сут	5 сут	7 сут	10 сут
1	СКМ-646	5,87 ± 0,27	5,38 ± 0,17	3,66 ± 0,11	3,41 ± 0,08	3,34 ± 0,05	3,28 ± 0,05	3,29 ± 0,12	3,29 ± 0,09	3,28 ± 0,15
2	СКМ-651	5,95 ± 0,19	5,53 ± 0,24	3,73 ± 0,03	3,34 ± 0,05	3,25 ± 0,03	3,17 ± 0,03	3,17 ± 0,03	3,14 ± 0,05	3,13 ± 0,08
3	СКМ-656	5,51 ± 0,03	4,46 ± 0,03	3,49 ± 0,05	3,33 ± 0,05	3,30 ± 0,05	3,29 ± 0,12	3,28 ± 0,05	3,27 ± 0,05	3,27 ± 0,03
4	СКМ-667	5,95 ± 0,24	5,51 ± 0,88	4,03 ± 0,24	3,74 ± 0,24	3,51 ± 0,03	3,52 ± 0,19	3,47 ± 0,13	3,48 ± 0,13	3,49 ± 0,05
5	СКМ-668	5,86 ± 0,21	5,33 ± 0,77	3,93 ± 0,24	3,58 ± 0,08	3,53 ± 0,29	3,44 ± 0,13	3,43 ± 0,27	3,43 ± 0,11	3,42 ± 0,08
6	СКМ-669	4,86 ± 0,03	4,09 ± 0,11	3,47 ± 0,03	3,36 ± 0,02	3,31 ± 0,02	3,31 ± 0,03	3,31 ± 0,03	3,30 ± 0,12	3,32 ± 0,02
7	СКМ-671	5,07 ± 0,55	4,43 ± 0,82	3,71 ± 0,55	3,44 ± 0,03	3,44 ± 0,03	3,45 ± 0,14	3,46 ± 0,02	3,44 ± 0,05	3,45 ± 0,10
8	СКМ-673	5,91 ± 0,08	5,68 ± 0,24	4,26 ± 0,88	3,68 ± 0,11	3,59 ± 0,38	3,58 ± 0,28	3,58 ± 0,45	3,59 ± 1,2	3,59 ± 0,4
9	СКМ-681	5,26 ± 0,12	4,22 ± 0,11	3,43 ± 0,05	3,3 ± 0,02	3,26 ± 0,12	3,25 ± 0,12	3,26 ± 0,12	3,25 ± 0,03	3,25 ± 0,05
10	СКМ-683	5,84 ± 0,05	5,0 ± 0,68	3,42 ± 0,03	3,22 ± 0,11	3,15 ± 0,27	3,13 ± 0,24	3,11 ± 0,24	3,10 ± 0,27	3,12 ± 0,27
11	СКМ-690	5,68 ± 0,93	5,34 ± 0,91	4,09 ± 0,23	3,82 ± 0,24	3,85 ± 0,27	3,75 ± 0,27	3,77 ± 0,29	3,76 ± 0,23	3,77 ± 0,19
12	СКМ-694	4,84 ± 0,30	4,14 ± 0,13	3,54 ± 0,03	3,48 ± 0,02	3,47 ± 0,03	3,48 ± 0,05	3,49 ± 0,03	3,47 ± 0,05	3,49 ± 0,06

культивирования. С 5-х по 10-е сутки происходило незначительное изменение активной кислотности. Максимальное кислотообразование находилось на уровне $3,77 \pm 0,19$ – $3,12 \pm 0,27$ ед. pH.

Таким образом, из 12 исследуемых культур *L. plantarum* наилучшее кислотообразование было отмечено у 50% штаммов молочнокислых палочек (СКМ-646, СКМ-651, СКМ-656, СКМ-669, СКМ-681, СКМ-683).

При подборе лактобацилл в состав пробиотиков для сельскохозяйственных животных отдается предпочтение штаммам, которые ферментируют углеводы, присутствующие в растительном субстрате [9]. Такое свойство микроорганизмов позволяет более рационально и эффективно использовать корма. Поэтому в ходе работы было важно изучить молочнокислые палочки *L. plantarum* с точки зрения их способности сбраживать углеводы, содержащиеся в растительных субстратах. Данные по ферментативной активности лактобацилл приведены в табл. 2.

Результаты, представленные в табл. 2, показывают, что все исследуемые штаммы молочнокислых палочек обладали сравнительно высокой способностью сбраживать углеводы. Так, арабинозу сбраживали 66,7% штаммов, крахмал – 58,3, раффинозу – 33,3, маннозу, сахарозу и целлобиозу – 100%. Наиболее высокая ферментативная активность отмечена у штаммов СКМ-651, СКМ-669, СКМ-673 и СКМ-681.

В свою очередь, в процессе изучения ферментативной активности пропионово-кислых бактерий установлено, что исследуемые штаммы сравнительно слабо сбраживают углеводы, встречающиеся в растительных субстратах, так как они относятся к классическим (молочным) видам пропионово-кислых бактерий. Так, арабинозу ферментировали 33,3% штаммов, крахмал – 6,7, маннозу – 66,7, раффинозу – 13,3%, сахарозу и целлобиозу не сбродили все рассматриваемые штаммы. Однако стоит отметить, что сравнительно низкая ферментативная активность пропионово-кислых бактерий в отношении углеводов, содержащихся в растительных субстратах, не снижает важности включения

Табл. 2. Ферментирование углеводов молочнокислыми палочками *L. plantarum*

Table 2. Fermentation of carbohydrates with lactic acid sticks of *L. plantarum*

№ п/п	Индекс штамма	Ферментируемые углеводы					
		арабиноза	крахмал	манноза	раффиноза	сахароза	целлобиоза
1	СКМ-646	+	+	+	—	+	+
2	СКМ-651	—	+	+	+	+	+
3	СКМ-656	—	+	+	—	+	+
4	СКМ-667	+	—	+	—	+	+
5	СКМ-668	—	+	+	—	+	+
6	СКМ-669	+	+	+	+	+	+
7	СКМ-671	+	—	+	—	+	+
8	СКМ-673	+	—	+	+	+	+
9	СКМ-681	+	—	+	+	+	+
10	СКМ-683	—	+	+	—	+	+
11	СКМ-690	+	+	+	—	+	+
12	СКМ-694	+	—	+	—	+	+

Примечание. «+» — изменение окраски питательной среды (положительный результат); «—» — отсутствие изменения окраски питательной среды (отрицательный результат).

их в состав разрабатываемых пробиотиков, так как одним из самых важных их свойств является способность активно синтезировать витамин В₁₂. Этот витамин обладает высокой биологической активностью и выполняет ряд жизненно важных функций в организме человека и животных. Витамин В₁₂ в тканях животных не образуется, а синтезируется лишь микрофлорой желудочно-кишечного тракта. Потребность организма в данном витамине только за счет микробного синтеза не всегда обеспечивается полностью, поэтому дополнительное его количество должно поступать извне [10]. Указанный факт необходимо учитывать при подборе пропионово-кислых бактерий в состав разрабатываемых биопрепаратов.

При проведении исследования было изучено 15 штаммов пропионово-кислых бактерий на способность продуцировать витамин В₁₂. Результаты опыта отражены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что все изучаемые штаммы пропионово-кислых бактерий обладают способностью синтезировать витамин В₁₂, что обосновывает целесообразность включения данной группы микроорганизмов в состав пробиотических препаратов. Продуцирование витамина находилось на уровне 0,48 ± 0,01–0,64 ± 0,06 мкг/см³.

Содержание пробиотических микроорганизмов в биологически активных препаратах

Табл. 3. Продуцирование витамина В₁₂ пропионово-кислыми бактериями

Table 3. Production of vitamin В₁₂ by propionic acid bacteria

№ п/п	Индекс штамма	Количество витамина В ₁₂ , мкг/см ³
1	АМ-1 ²	0,48 ± 0,01
2	АМ-1 ¹	0,50 ± 0,02
3	11 ₁	0,60 ± 0,01
4	149	0,58 ± 0,05
5	Х ₃	0,57 ± 0,03
6	11 ₂	0,64 ± 0,06
7	Б-3	0,37 ± 0,01
8	Б-2	0,53 ± 0,07
9	М ₁ ²	0,56 ± 0,05
10	БМ-3 ²	0,50 ± 0,03
11	БМ-2 ¹	0,51 ± 0,02
12	АМ-3 ¹	0,45 ± 0,04
13	АМ-3 ²	0,45 ± 0,02
14	12 ¹	0,57 ± 0,06
15	12 ²	0,50 ± 0,02

обуславливает их терапевтические свойства. Исходя из этого, при разработке биопрепаратов важно учитывать способность микроорганизмов сохранять свою численность при хранении.

Проведенные исследования показали, что численность клеток пропионово-кислых бактерий в течение 6 мес хранения оставалась

на уровне не ниже терапевтически значимого (не менее 10^6 КОЕ/см³) и через 180 сут составляла десятки миллионов клеток в 1 мл.

В свою очередь, все изучаемые штаммы молочнокислых палочек на протяжении 60 сут хранения также оставались на уровне не ниже $1,0 \times 10^6$ КОЕ/см³. Исходная численность лактобацилл варьировала от $7,21 \pm 0,20 \times 10^8$ до $5,85 \pm 0,21 \times 10^8$ КОЕ/см³. Количество молочнокислых палочек через 20 сут хранения составило сотни миллионов клеток в 1 мл, с 30-х по 60-е сутки численность снизилась до десятков миллионов клеток и через 60 сут находилась на уровне $3,60 \pm 0,15 \times 10^7$ – $1,56 \pm 0,11 \times 10^7$ КОЕ/см³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, изученные штаммы молочнокислых палочек показали высокие технологически ценные свойства, что подтверждено активным сбраживанием углеводов, содержащихся в растительных субстратах, и сохранением жизнеспособных бактериальных клеток в течение 60 сут. Пропионово-кислые бактерии проявляли сравнительно низкую ферментативную активность в отношении углеводов, встречающихся в растительных субстратах, но обладали высокой биологической активностью: могли продуцировать от 0,48 до 0,64 мкг/см³ витамина B₁₂ и сохранять численность бактериальных клеток не ниже терапевтически значимого уровня в течение 180 сут. С учетом технологически ценных свойств молочнокислых палочек и пропионово-кислых бактерий в качестве наиболее перспективных культур для включения в состав разрабатываемого биопрепарата для сельскохозяйственных животных можно отметить два штамма лактобацилл (СКМ-673, СКМ-681) и три штамма пропионово-кислых бактерий (11₁, 11₂ и 149).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнова Ю.М., Литонова А.С., Платонова А.В. Эффективность использования пробиотиков в кормлении дойных коров // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 9. С. 145–151. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-145-151.
2. Ковалева О.В., Костомахин Н.М., Кармацких Ю.А. Пробиотики – перспективное направление в животноводстве // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019. № 1. С. 3–10.
3. Казарян Р.В., Бородихин А.С., Лукьяненко М.В., Ачмиз А.Д., Матвиенко А.Н. Перспективные направления применения пробиотиков для создания полифункциональных кормовых добавок // Новые технологии. 2018. № 2. С. 116–121.
4. Гнеушева И.А., Солохина И.Ю. Биологические свойства гомопробиотических изолятов лактобактерий – перспективных продуцентов пробиотических препаратов // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2021. Т. 24. № 7. С. 10–17. DOI: 10.29296/25877313-2021-07-02.
5. Орлова Т.Н., Отт Е.Ф. Возможность использования пропионово-кислых бактерий в рационах сельскохозяйственных животных и птиц в качестве источника витамина B₁₂ // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8 (178). С. 135–138.
6. Хаева О.Э., Икоева Л.П., Цугжиев Б.Г. Идентификация и основные биологические свойства пропионово-кислых бактерий // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2019. Т. 5 (71). № 3. С. 148–154.
7. Орлова Т. Изучение биологической активности пропионово-кислых бактерий // The Scientific Heritage. 2021. № 79. С. 31–33.
8. Боровкова Е.А., Алиева Е.В., Фролова Т.В. Изучение биологических свойств и пробиотического потенциала кишечных лактобацилл // Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal). 2019. Т. 4. № 1. С. 124–132. DOI: 10.29413/ABS.2019-4.1.19.
9. Отт Е.Ф., Орлова Т.Н., Функ И.А., Дорофеев Р.В. Изучение региональных штаммов лактобацилл и введение их в состав бактериальной закваски для биоконсервирования кормов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (188). С. 132–137.
10. Piwowarek K., Lipinska E., Hac-Szymanczuk E. *Propionibacterium* spp. – source of propionic acid, vitamin B₁₂ and other metabolites important for the industry // Applied Microbiology and Biotechnology. 2018. Vol. 102 (2). P. 515–538.

REFERENCES

1. Smirnova Yu.M., Litonova A.S., Platonova A.V. The efficiency of probiotics use in feeding dairy cows. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasSAU*, 2020, no. 9, pp. 145–151. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-145-151.
2. Kovaleva O.V., Kostomahin N.M., Karma-ckih Yu.A. Probiotics are a promising direction in animal husbandry. *Kormlenie sel'skhozaystvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo = Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*, 2019, no. 1, pp. 3–10. (In Russian).
3. Kazaryan R.V., Borodihin A.S., Luk'yanenko M.V., Achmiz A.D., Matvienko A.N. Prospective trends for the use of probiotics for the creation of polyfunctional feed additives. *Novye tekhnologii = New technologies*, 2018, no. 2, pp. 116–121. (In Russian).
4. Gneusheva I.A., Solohina I.Yu. Biological properties of homoprobiotic isolates of lactobacteria – promising producers of probiotic preparations. *Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii = Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*, 2021, vol. 24, no. 7, pp. 10–17. (In Russian). DOI: 10.29296/25877313-2021-07-02.
5. Orlova T.N., Ott E.F. The possibility of using propionic acid bacteria in the diets of farm animals and birds as a source of vitamin B₁₂. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2019, no. 8 (178), pp. 135–138. (In Russian).
6. Haeva O.E., Ikoeva L.P., Cugkiev B.G. Identification and basic biological properties of propionic acid bacteria. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Himiya = Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, 2019, vol. 5 (71), no. 3, pp. 148–154. (In Russian).
7. Orlova T. Study of the biological activity of propionic acid bacteria. *The Scientific Heritage = The Scientific Heritage*, 2021, no. 79, pp. 31–33. (In Russian).
8. Borovkova E.A., Alieva E.V., Frolova T.V. Study of biological properties and probiotic potential of intestinal lactobacilli. *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal) = Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*, 2019, vol. 4, no. 1, pp. 124–132. (In Russian). DOI: 10.29413/ABS.2019-4.1.19.
9. Ott E.F., Orlova T.N., Funk I.A., Dorofeev R.V. Study of regional strains of lactobacilli and their introduction into the bacterial starter culture for bioconservation of feed. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2020, no. 6 (188), pp. 132–137. (In Russian).
10. Piwowarek K., Lipinska E., Hac-Szymanczuk E. *Propionibacterium* spp. – source of propionic acid, vitamin B₁₂ and other metabolites important for the industry. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2018, no. 102 (2), pp. 515–538.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Функ И.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 656910, г. Барнаул, Научный городок, 35; e-mail: funk.irishka@mail.ru

Отт Е.Ф., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Irina A. Funk**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** 35, Nauchnyy gorodok, Barnaul, 656910, Russia; e-mail: funk.irishka@mail.ru

Ekaterina F. Ott, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 07.04.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.05.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023