

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2026-16-1-27-40>

# Влияние подкислителей на микробиоту кишечника и зоотехнические показатели при выращивании свиней на откорме

## КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Сергей Павлович Скляр  
E-mail: ssklyar@mail.ru

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Скляр С.П., Крылов Р.А., Ильина Л.А., Савенков К.С., Пономарева Е.С., Заикин В.А., Лаптев Г.Ю.  
Влияние подкислителей на микробиоту кишечника и зоотехнические показатели при выращивании свиней на откорме. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2026;16(1):27-40. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2026-16-1-27-40> EDN HGQWXT

ПОСТУПИЛА: 23.12.2025

ДОРАБОТАНА: 25.02.2026

ПРИНЯТА: 10.03.2026

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**COPYRIGHT:** © 2026 Скляр С.П., Крылов Р.А., Ильина Л.А., Савенков К.С., Пономарева Е.С., Заикин В.А., Лаптев Г.Ю.



С.П. Скляр<sup>1</sup> , Р.А. Крылов<sup>1</sup>, Л.А. Ильина<sup>1</sup> , К.С. Савенков<sup>1</sup> , Е.С. Пономарева<sup>2</sup> , В.А. Заикин<sup>2</sup> , Г.Ю. Лаптев<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ООО «БИОТРОФ», Санкт-Петербург, Россия

## АННОТАЦИЯ

**ВВЕДЕНИЕ.** В настоящее время поиск технологий, способных увеличить сохранность, продуктивность, иммунитет поголовья и воспрепятствовать развитию резистентности микробиоты к антибиотикам, является приоритетным в свиноводстве. Основными современными средствами профилактики являются антибиотики, которые, вызывая гибель нормофлоры и развитие дисбиозов, способствуют распространению резистентности, в связи с чем представляют угрозу для здоровья человека. Для решения обозначенной проблемы широкую перспективу имеют подкислители, воздействующие на микробиоту кишечника, метаболизм и продуктивные качества животных.

**ЦЕЛЬ.** Изучить влияние подкислителей на микробиоту кишечника и зоотехнические показатели при выращивании свиней на откорме.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Объектом исследований служили свиньи на откорме, в рацион которых в возрасте 78 суток вводили подкислители. Эксперимент проводили на базе комплекса АО «Свинокомплекс «Приозерный» (Ленинградская область, Россия). Для проведения эксперимента формировали 3 группы животных-аналогов: контрольная группа с применением стандартного рациона, опытная группа 1 с применением нового подкислителя МетаБак, опытная группа 2 с применением подкислителя Продактив Ацид SE. Эксперимент длился в течение трех недель, после чего проводили отбор содержимого кишечника животных для исследования микробиоты кишечника с применением метода NGS-секвенирования. По окончании периода оторма оценивали зоотехнические показатели, включая живую массу, сохранность и конверсию корма.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Установлено позитивное влияние применения обоих подкислителей на исследуемые показатели. Наилучшие результаты по сохранности и приросту живой массы достигнуты при использовании в рационах подкислителя нового МетаБак: показатель среднесуточного прироста составил 953 г (+4,27 %), сохранность – 99,07 %. Применение обоих препаратов способствовало нормализации микробиоты кишечника – повышению содержания микроорганизмов, связанных с метаболическими свойствами. Наименьшее содержание условно-патогенных и нежелательных бактерий выявлено в результате использования нового подкислителя МетаБак, на фоне которого происходило снижение количества микроорганизмов семейств *Burkholderiales* в 2,25, *Campylobacteriales* в 1,4 раза, *Mycoplasma* – до полного вытеснения из микробного сообщества кишечника.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** На основании результатов эксперимента можно заключить, что исследуемые подкислители в рационах свиней на откорме нормализуют микробиоту кишечника и улучшают зоотехнические показатели выращивания.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** микробиота кишечника, свиньи, откорм, подкислители

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-10-23>

# Impact of acidifiers on the intestinal microbiota and zootechnical indicators in growing fattening pigs

## CORRESPONDENCE:

Sergey P. Sklyarov

E-mail: ssklyar@mail.ru

## FOR CITATION:

Sklyarov S.P., Krylov R.A., Ilina L.A., Savenkov K.S., Ponomareva E.S., Zaikin V.A., Laptev G.Y.  
Impact of acidifiers on the intestinal microbiota and zootechnical indicators in growing fattening pigs. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2026;16(1):27-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2026-16-1-27-40>

RECEIVED: 23.12.2025

REVISED: 25.02.2026

ACCEPTED: 10.03.2026

## DECLARATION OF COMPETING INTEREST:

none declared.

**COPYRIGHT:** © 2026 Sklyarov S.P., Krylov R.A., Ilina L.A., Savenkov K.S., Ponomareva E.S., Zaikin V.A., Laptev G.Y.



Sergey P. Sklyarov <sup>1</sup> , Ravil A. Krylov <sup>1</sup>, Larisa A. Ilina <sup>1</sup> , Konstantin S. Savenkov <sup>1</sup> , Ekaterina S. Ponomareva <sup>2</sup> , Vasily A. Zaikin <sup>2</sup> , Georgy Y. Laptev <sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup> BIOTROF, LLC, Saint Petersburg, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Currently, the search for technologies that can improve the survival, productivity, and immunity of livestock and prevent the development of antibiotic resistance in the microbiota is a priority. Antibiotics, which destroy normal flora and develop dysbiosis, contribute to the spread of resistance, and therefore pose a threat to human health, are the primary preventative measures. Acidifiers, which affect the intestinal microbiota, metabolism, and productive performance of animals, hold great promise for solving this problem.

**AIM.** To study the effect of acidifiers on the intestinal microbiota and zootechnical performance in fattening pigs.

**MATERIALS AND METHODS.** The study involved fattening pigs, whose diets were supplemented with acidifiers at 78 days of age. The experiment was conducted at the Priozerny Pig Complex (Leningrad oblast, Russia). For the experiment, three groups of animals were formed: a control group fed a standard diet, experimental group 1 fed the new acidifier MetaBak, and experimental group 2 fed the acidifier Productiv Acid SE. The experiment lasted two weeks, after which intestinal contents were sampled for microbiota analysis using NGS sequencing. At the end of the fattening period, zootechnical parameters, including live weight, livability, and feed conversion, were assessed.

**RESULTS.** A positive effect of both acidifiers on the parameters studied was established. The best results in livability and live weight gain were achieved with the use of the new acidifier MetaBak in the diets: the average daily gain was 953 g (+4.27%), and livability was 99.07%. The use of both products contributed to the normalization of the intestinal microbiota, increasing the content of microorganisms associated with metabolic properties. The lowest levels of opportunistic and undesirable bacteria were detected with the use of the new MetaBak acidifier, which resulted in a 2.25-fold reduction in the number of *Burkholderiales*, a 1.4-fold reduction in *Campylobacteriales*, and a complete elimination of *Mycoplasma* from the intestinal microbial community.

**CONCLUSION.** Based on the experimental results, it can be concluded that the studied acidifiers in fattening pig diets normalize the intestinal microbiota and improve zootechnical performance.

**KEYWORDS:** intestinal microbiota, pigs, fattening, acidifiers

## ВВЕДЕНИЕ

Свиноводство является важной сельскохозяйственной экономически значимой отраслью. При промышленной технологии животные с самого рождения попадают под воздействие неблагоприятных промышленных факторов, вызывающих стресс и развитие вторичных иммунодефицитов [1]. У свиней снижается резистентность организма, замедляется обмен веществ, изменяется состав микробиома кишечника, что приводит к развитию вторичных бактериальных инфекций, падению темпов роста живой массы молодняка, повышению уровня выбраковки поголовья [2]. В частности, Дж. Куан и др. [3] выявили высокую представленность различных патогенов в кишечнике свиней, в т. ч. представителей *Escherichia-Shigella* (23,1 %), *Clostridium sensu stricto* 1 (12,9 %) в подвздошной кишке и *Clostridium* (8,0 %) – в толстой кишке.

Как правило, основными специфическими средствами профилактики в такой ситуации являются антибактериальные препараты [4; 5]. Однако антибиотики не только негативно влияют на поросят, вызывая гибель нормофлоры и развитие дисбиозов, но и способствуют распространению резистентности патогенных микроорганизмов, а также, накапливаясь в органах и тканях животных, снижают качество мяса и представляют опасность для здоровья человека [6; 7]. Поэтому вопрос о поиске и применении безопасных средств, способных, с одной стороны, увеличить сохранность и продуктивность поголовья, повысить иммунный статус и устойчивость животных к жестким производственным факторам, а, с другой стороны, воспрепятствовать развитию резистентности условно патогенной и патогенной флоры к антибактериальным препаратам, является приоритетным на сегодняшний день.

Широкий интерес представляет изучение влияния подкислителей на основе органических кислот в качестве натуральной альтернативы антибиотикам при выращивании свиней на их микробиологические и зоотехнические показатели [8]. Использование современных подходов молекулярно-генетических исследований, таких как NGS-секвенирование (next generation sequencing), количественная ПЦР (polymerase chain reaction), открывает большие возможности для оценки на уровне ДНК отдельных микроорганизмов в составе микробиоты кишечника [9–11]. Поэтому использование современных молекулярно-генети-

ческих исследований является перспективным для изучения влияния различных кормовых добавок на микробиоту кишечника и связь этих изменений с зоотехническими показателями выращивания животных. В настоящее время действие подкислителей на микробиоту кишечника свиней на откорме под влиянием подкислителей с применением NGS-секвенирования практически не изучено.

Цель настоящих исследований заключалась в изучении влияния подкислителей на микробиоту кишечника и зоотехнические показатели при выращивании свиней на откорме. В рамках исследований проведен анализ микробиоты кишечника животных в период откорма с применением метода NGS-секвенирования и учет зоотехнических показателей выращивания животных (прирост живой массы, сохранность, конверсия корма) при использовании в рационе подкислителей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Условия проведения исследования

Эксперимент по изучению влияния подкислителей при выращивании свиней на откорме проводили в 2025 г. на производственной площадке АО «Свинокомплекс «Приозерный» (Ленинградская область, Россия). Исследования микробиоты кишечника животных осуществляли в молекулярно-генетической лаборатории научно-производственной компании ООО «БИОТРОФ» (Ленинградская область, Россия).

### Материалы

Объектом исследований служили свиньи трехпородного гибрида (породы крупная белая, ландрас, дюрок) в возрасте 78 дней. Подбор животных в группы осуществляли с учетом пола, физиологического состояния и живой массы.

### Методы

В ходе выполнения эксперимента учитывали зоотехнические показатели общепринятыми методами. Живую массу животных учитывали при постановке и снятии с откорма. Откормочные качества животных определяли по абсолютному приросту (АП), среднесуточному приросту (СП)<sup>1</sup>. Проводили учет показателей сохранности и конверсии корма.

<sup>1</sup> ГОСТ 25954–83. Животные племенные сельскохозяйственные. Методы определения параметров продуктивности свиней. М.: Изд-во стандартов, 1983. 8 с.

Анализ количества микроорганизмов в содержимом кишечника свиней проводили с применением метода NGS-секвенирования (next generation sequencing). Образцы для исследований замораживали при  $-20^{\circ}\text{C}$  и транспортировали в лабораторию компании ООО «БИОТРОФ» для дальнейшего анализа. Выделение тотальной ДНК из образцов кормов осуществлялось с использованием набора Genomic DNA Purification Kit («Thermo Fisher Scientific, Inc.», США) в соответствии с инструкциями производителя.

NGS-секвенирование проводили на платформе второго поколения MiSeq («Illumina, Inc.», США) с праймерами для региона V3-V4 16S рРНК; прямой праймер 5'-TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAGC-CTACGGGNGGCWGCAG-3'; обратный праймер 5'-GTCTCGTGGGC-TCCGAGATGTGTATAAGAGACAGGACTACHVGGGTATCTAATCC-3'. Для приготовления библиотек применяли Nextera® XT IndexKit («Illumina, Inc.», США), для очистки ПЦП-продуктов – Agencourt AMPure XP («Illumina, Inc.», США), для проведения секвенирования – MiSeq® ReagentKit v2 (500 cycle) («Illumina, Inc.», США). Обработку полученных ридов (перекрывание, фильтрация по качеству Q30, триммирование праймеров) выполняли с помощью биоинформатической платформы Illumina («Illumina, Inc.», США). Контроль качества, оценку таксономического состава бактерий проводили в программе QIIME2 v.2019.10 (<https://docs.qiime2.org>) с использованием базы данных Green-Genes версии 13.5 (<https://greengenes.secondgenome.com>).

## Процедура исследования

Подбор животных в группы осуществляли по принципу аналогов с учетом пола, физиологического состояния и живой массы. Свиньи были разделены на 3 группы в сектора по 1600 каждый. Контрольная группа получала основной рацион, принятый в хозяйстве, опытная группа 1 в дополнение к основному рациону получала новый комплексный подкислитель МетаБак, содержащий метаболиты бактерий *E.faecium* и комплекс лимонной, молочной и сорбиновой кислот (дозировка препарата 1,6 л/т корма, кафедра на производстве «Биотехнология кормов» ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет – научно-производственное предприятие «БИОТРОФ»); опытная группа 2 – дополнительно к основному рациону получала подкислитель Продактив Ацид SE, содержащий муравьиную, пропионовую, молочную, уксусную и лимонную кислоты (дозировка препарата 0,5 л/т корма производства «ВИК – здоровье животных»). Дозировку

препаратов рассчитывали таким образом, чтобы рН жидкого корма составила 5,5. Для достижения оптимального уровня кислотности корма до уровня рН 5,5 новый препарат МетаБак дополняли лимонной кислотой с учетом кислото-связывающей способности корма. Продолжительность эксперимента составила три недели в период откорма. Условия содержания были идентичными. На протяжении всего технологического периода кормление свиней осуществлялось жидкими полнорационными комбикормами СК5, СК-7 с учетом массы животных.

По окончании эксперимента проводили отбор содержимого кишечника животных для исследования микробиоты с применением метода NGS-секвенирования, по окончании периода откорма оценивали зоотехнические показатели выращивания: прирост живой массы, сохранность, конверсия корма.

## Анализ данных

Статистическая обработка проведена с использованием *t*-критерия Стьюдента. Достоверными считали результаты при  $P \leq 0,05$ . Результаты исследований в таблицах представлены в формате «среднее значение  $\pm$  стандартная ошибка среднего» (Mean  $\pm$  SEM).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследований зоотехнических показателей выращивания животных представлены в таблице 1. Согласно полученным данным, применение обоих препаратов МетаБак и Продактив Ацид SE в рационах животных оказало положительное влияние на показатели живой массы свиней – относительный и абсолютный прирост за период эксперимента.

Показатели живой массы являются ключевыми в оценке продуктивных качеств свиней, которые достоверно характеризуют их рост и развитие. Полученные нами результаты по завершении периода откорма свидетельствуют о том, что в опытных группах, где применялись подкислители, отмечаются наиболее высокие показатели средней живой массы свиней по сравнению с контролем (таблица 1). В опытной группе 1 показатель средней живой массы кондиционных животных при реализации был выше на 0,1 кг, в опытной группе 2 – ниже на 1,7 кг по сравнению с контрольной группой. При этом показатель абсолютного прироста за период эксперимента при использовании в рационе подкислителей был выше на 2,12 % в опытном варианте 1 и на 1,09 % в опытном варианте 2.

**Таблица 1**

Зоотехнические показатели выращивания свиней на откорме при использовании комплексного и химического подкислителей

**Table 1**

Zootechnical indicators of growing fattening pigs using complex and chemical acidifiers

Показатель	Контроль	Опытная 1	Опытная 2
Количество животных при постановке на опыт, гол.	1658	1661	1660
Живая масса при постановке на опыт (среднее значение), 78 дней	37,1	36,3	34,2
Дней на откорме, дн.	110	107	108
Средняя живая масса при реализации (кондиция), кг	124,2	124,3	122,5
Реализация кондиционных свиней, %	94,2	95,39	94,99
Сохранность, %	98,14	99,07	98,03
Абсолютный прирост, кг	140384	143361	141911
Среднесуточный прирост (без учета падежа), г	914	953	932
Конверсия корма	2,9	2,8	2,8

Показатель среднесуточного прироста (без учета падежа) был наиболее высоким в опытной группе 1 – 953 г (+4,27 % в сравнении с контролем), где в рационе животных применяли новый препарат МетаБак, содержащий метаболиты бактерий и комплекс кислот, что свидетельствует о высокой энергии роста откормочного молодняка. Аналогичный показатель для опытной группы 2, где в рацион вводили подкислитель Продактив Ацид SE, составил 932 г (+1,97 % по сравнению с контролем).

За весь анализируемый период откорма в опытной группе 1 была зарегистрирована наиболее высокая сохранность молодняка свиней – 99,07 %, наименьшим был показатель сохранности в опытной группе 2 – 98,03 против 98,14 % в контрольной группе.

Показатель конверсии корма был ниже в опытных группах животных, рацион которых содержал подкислители.

Выявленные отличия между группами могли быть обусловлены изменением микробиоты желудочно-кишечного тракта исследованных животных на фоне введения в их рацион препаратов-подкислителей.

Результаты оценки состава микробиоты кишечника свиней представлены на рисунке 1. Согласно результатам NGS-секвенирования, применение обоих испытываемых препаратов приводило к существенной

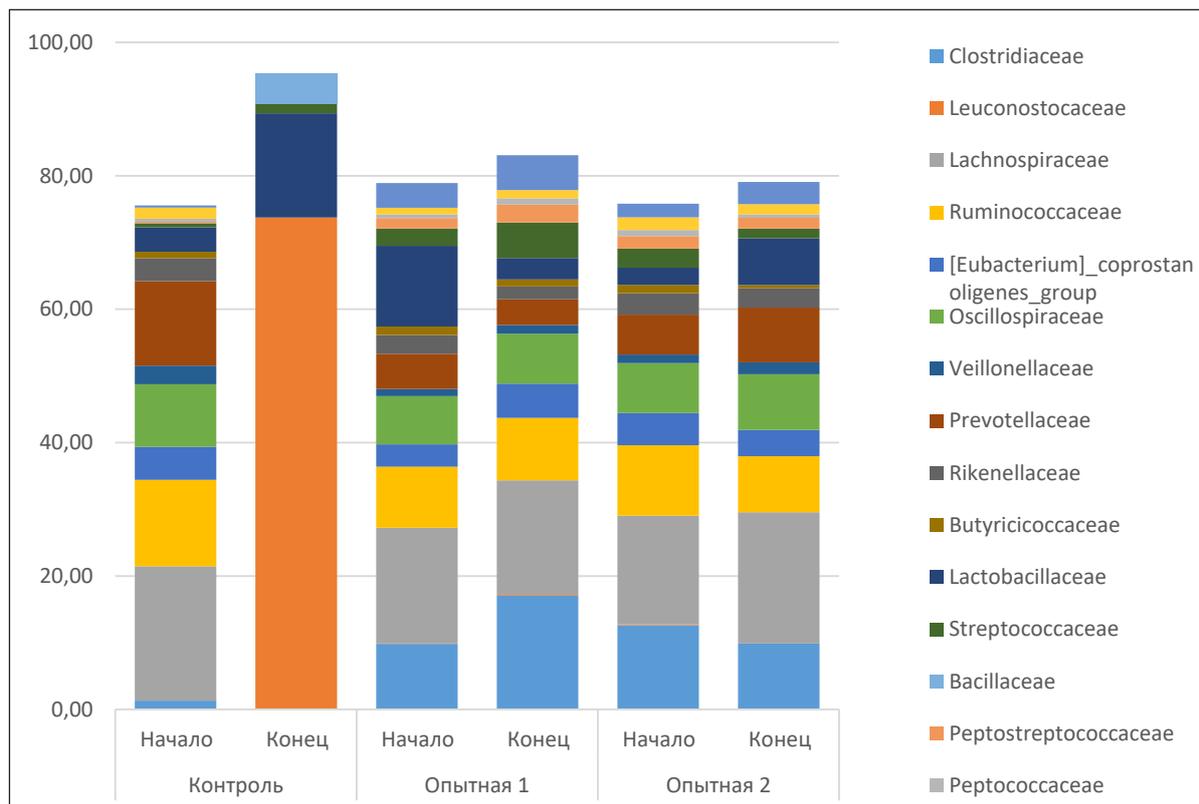
модификации микробиоты кишечника животных по сравнению с контрольным вариантом без добавок.

Согласно результатам, приведенным на рисунке 1А, основную долю микроорганизмов кишечника у животных составили бактерии, связанные с процессами ферментации растительных кормов и антимикробной защитой против нежелательных и патогенных видов.

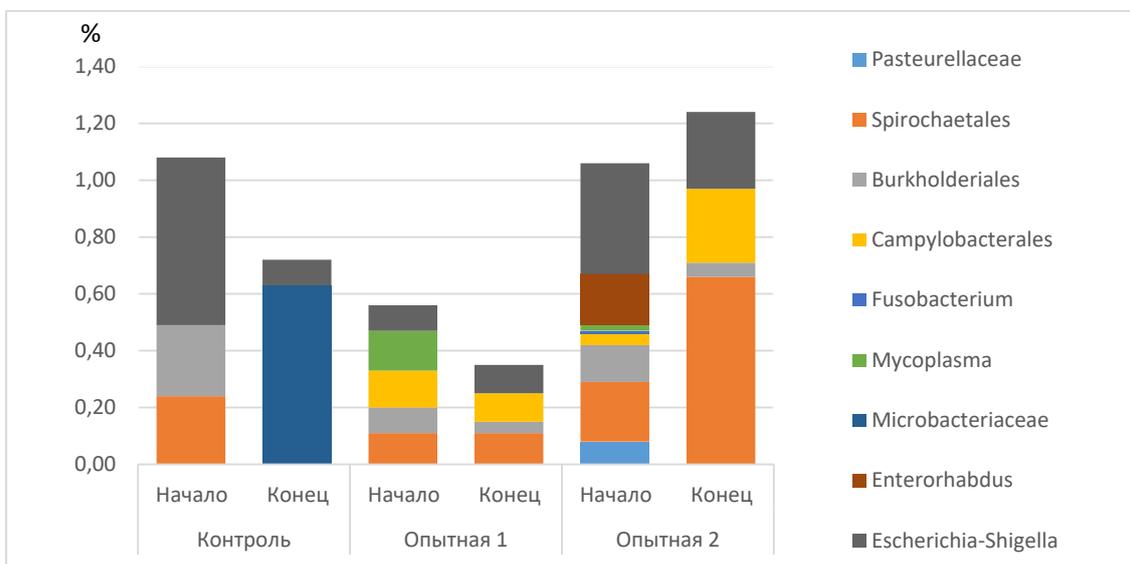
Преобладающими в содержимом кишечника свиней в начале эксперимента у животных всех группы были представители семейств *Lachnospiraceae*, *Eubacteriaceae*, *Oscillospiraceae*, *Prevotellaceae*, *Rikenellaceae*, обладающие высокой ферментативной активностью, в т. ч. амилолитическими, целлюлолитическими, протеолитическими свойствами. Данные микроорганизмы относятся к наиболее важным таксонам вследствие их активного участия в деструкции полисахаридов и протеина кормов в результате синтеза ферментов [12; 13].

По окончании эксперимента, после трехнедельного использования в рационах животных подкислителей, в содержимом кишечника подопытных свиней были выявлены существенные изменения, которые различались в зависимости от типа препарата.

В кишечнике животных контрольной группы по окончании эксперимента преобладающими были молочнокислые бактерии семейства *Leuconostocaceae* (73,77±17,10 %), деятельность которых связана с антимикробной активностью [13]. Представленность данного таксона в кишечнике



А



Б

**Рисунок 1**

Представленность нежелательных и условно-патогенных микроорганизмов в кишечнике свиней на откорме в начале и конце применения в рационе подкислителей:

- А) бактерии с ферментативными и антимикробными свойствами;
- Б) нежелательные и условно-патогенные таксоны

**Figure 1**

Prevalence of undesirable and opportunistic microorganisms in the intestines of fattening pigs at the start and the end feeding acidifiers in the diet:

- A) bacteria with enzymatic and antimicrobial properties;
- B) undesirable and opportunistic taxa

ке животных обеих опытных групп была достоверно ниже ( $p = 0,001$ ). Вторыми по количеству у животных контрольной группы были семейства *Lactobacillaceae* –  $15,62 \pm 13,61$  %, обладающие антимикробными свойствами.

У животных опытных групп в результате использования в рационах подкислителя в конце эксперимента наблюдалось заметное изменение микробиоты кишечника по сравнению с контролем, связанное с замещением молочнокислых бактерий семейства *Leuconostocaceae* и *Lactobacillaceae* бактериями с высокими ферментативными свойствами. Так, в кишечнике особей из опытных групп 1 и 2 в сравнении с контролем увеличивалась доля бакетрий, ассоциированных с ферментацией углеводов и протеина кормов, которые относятся к таксонам *Clostridiaceae* на  $17,06$  ( $p = 0,008$ ) и  $9,87$  % ( $p = 0,09$ ), *Clostridia\_UCG-014* на  $5,23$  ( $p = 0,001$ ) и  $3,33$  %, *Eubacteriaceae* на  $5,13$  ( $p = 0,0005$ ) и  $3,92$  % ( $p = 0,0005$ ), *Ruminococcaceae* на  $9,37$  ( $p = 0,002$ ) и  $8,42$  % ( $p = 0,02$ ), *Peptostreptococcaceae* на  $2,69$  ( $p = 0,008$ ) и  $1,61$  %, соответственно.

Необходимо отметить, что содержание некоторых бактерий, ассоциированных с ферментацией сложных полисахаридов, несколько снижалась у животных опытных групп после применения в рационах подкислителя по сравнению с началом опыта. В частности, в результате применения в рационах подкислителей у животных опытной группы 2 отмечено некоторое снижение доли семейства *Ruminococcaceae*, на  $2,14$  %, опытной группы 1 – *Prevotellaceae* на  $1,45$  %.

У животных опытных групп по сравнению с контролем наблюдалось повышение содержания микроорганизмов, ассоциированных с образованием летучих жирных кислот (ЛЖК) – продуктов ферментации углеводов кормов, необходимых для обеспечения организма энергией и антимикробной защиты [14–17]. Отмечено увеличение в кишечнике свиней опытных групп 1 и 2 в сравнении с контролем доли семейств *Oscillospiraceae* на  $7,49$  ( $p = 0,003$ ) и  $8,35$  % ( $p = 0,002$ ), *Veillonellaceae* на  $1,32$  ( $p = 0,03$ ) и  $1,78$  % ( $p = 0,03$ ) и *Selenomonadaceae* на  $1,22$  ( $p = 0,02$ ) и  $1,54$  % ( $p = 0,04$ ) соответственно.

Согласно результатам, представленным на рисунке 1Б, наименьшее количество бактерий, которые относятся к нежелательным и условно-патогенным таксонам, выявлено у животных опытной группы по сравнению с другими вариантами. После приме-

нения подкислителя МетаБак у животных наблюдалось снижение количества микроорганизмов семейств *Burkholderiales* в  $2,25$ , *Campylobacteriales* в  $1,4$  раза, *Mycoplasma* – до полного вытеснения из микробного сообщества кишечника.

Применение подкислителя Продактив Ацид SE в рационах животных приводило к снижению представителей семейств *Burkholderiales* в  $2,6$ , *Escherichia-Shigella* в  $1,4$  раза, *Enterorhabdus* и *Pasteurellaceae* – до полного вытеснения из микробного сообщества кишечника. Вместе с тем у животных опытной группы 2 наблюдалось возрастание содержания бактерий родов, которые могут вызывать заболевания, в частности *Spirochaetales* в  $3,14$  и *Campylobacteriales* в  $6,5$  раза.

В целом, полученные результаты свидетельствуют о позитивном влиянии подкислителей на профиль микробиома, в частности, повышение его потенциала к ферментации компонентов кормов, антимикробной защите, и соответственно на метаболические процессы в кишечнике. При этом выявленные изменения в микробном сообществе кишечника положительно соотносятся с показателями повышения продуктивных показателей животных. Наиболее позитивные результаты отмечены при использовании в рационах комплексного подкислителя МетаБак, связанные с подавлением нежелательной микробиоты кишечника и стимуляцией развития нормофлоры, участвующей в ферментации растительных полисахаридов, протеина кормов, а также с улучшением зоотехнических показателей выращивания животных.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют об улучшении зоотехнических показателей выращивания животных на откорме и улучшении микробиоты кишечника у свиней в период откорма на фоне применения подкислителей в рационах.

Ранее было показано, что такие кормовые добавки, как органические кислоты и эфирные масла, способствуют улучшению усвояемости питательных веществ, показателей роста, морфологии и структуры микробиома кишечника, качества мяса и его химического состава у свиней [18–20]. В связи с этим потенциал органических кислот и эфирных

масел для улучшения продуктивности свиней и качества продукции оценивается довольно высоко. Тем не менее информация о механизме влияния органических кислот в настоящее время все еще ограничена и требует проведения исследований.

В нашем эксперименте в условиях промышленного предприятия в период откорма было проведено сравнительное исследование эффективности влияния двух подкислителей – МетаБак (на основе метаболитов *E.faecium* и комплекса кислот) и Продактив Ацид SE (на основе композиции кислот, включая муравьиную, пропионовую, молочную, уксусную и лимонную) на состав микробиоты кишечника и зоотехнические показатели выращивания свиней.

Было установлено, что использование в рационах животных препаратов – подкислителей способствовало улучшению показателей живой массы свиней, в т. ч. по абсолютному и относительному приросту. Помимо этого, в опытных группах отмечено улучшение показателей сохранности животных и конверсии корма.

Улучшение зоотехнических показателей выращивания исследованных нами животных сопровождалось изменением микробиоты кишечника, связанным с повышением в кишечнике содержания микроорганизмов, ассоциированных с ферментативным расщеплением сложных полисахаридов и протеина кормов, что указывает на увеличение переваримости и усвояемости питательных веществ рациона животными. Известно, что нормализация микробиома кишечника животных способствует дополнительному расщеплению компонентов корма, таких как слодные углеводы, протеин, жиры, что приводит к высвобождению большего количества питательных веществ [21]. Коррекция микробиома в значительной степени приводит к нормализации гомеостаза у растущих животных [22].

В частности, в кишечнике животных опытных групп на фоне применения подкислителей отмечено более высокое содержание бактерий *Clostridiaceae*, *Clostridia\_UCG-014*, *Eubacteriaceae*, *Ruminococcaceae*, *Peptostreptococcaceae*. Ранее было показано, что данные микроорганизмы тесно связаны с биосинтезом ЛЖК, которые выступают в качестве источника энергии в кишечнике [23]. Повышение содержания указанных микроорганизмов может быть связано с поддержанием гомеостаза

микробиоты ЖКТ за счет повышения активности ферментов, расщепляющих сложные растительные полисахариды кормов и других метаболических путей.

Аналогичные результаты были получены и другими авторами при использовании органических кислот в рационах свиней. Сообщалось, что подкислители улучшают суточный прирост массы тела, коэффициент конверсии корма, вес при рождении, вес при отъеме и толщину подкожного жира у свиней [24]. Например, добавление фульвово́й кислоты в рацион свиней способствовало повышению среднесуточного прироста массы тела и росту за счет улучшения метаболизма белков и углеводов [25]. Использование комплекса органических кислот способствовало улучшению показателей роста у более взрослых свиней и недавно отнятых от матери [26; 27].

К основным механизмам улучшения зоотехнических показателей исследователи, прежде всего, относят повышение усвоения питательных веществ животными при использовании органических кислот. В частности, выявлено, что подкисление среды в желудке способствует активации превращения предшественника фермента пепсиногена в пепсин, связанного с перевариванием белков [28; 29]. Также сообщалось, что органические кислоты повышают содержание секретина в сыворотке крови, стимулируя экзокринную секрецию поджелудочной железы и приводя к улучшению усвояемости питательных веществ в двенадцатиперстной кишке [30]. Обнаружено, что анионы органических кислот способны образовывать комплексы с такими микроэлементами, как кальций, фосфор, магний и цинк, улучшая их усвоение [4]. Показано, что органические кислоты улучшают усвоение минералов, выступают в качестве источника энергии, стимулируют секрецию эндогенных ферментов, повышают иммунитет и антиоксидантную стабильность [4].

В нашем исследовании наилучшие результаты по зоотехническим и микробиологическим показателям достигнуты при использовании нового препарата МетаБак, содержащего метаболиты пробиотических бактерий и комплекс кислот (лимонная, сорбиновая, молочная кислоты). Оценивая потенциальные механизмы антимикробного воздействия препаратов, которые были использованы в нашем исследовании, следует отметить

некоторые различия в действии исследованных подкислителей.

В состав нового комплексного подкислителя МетаБак входят метаболиты пробиотической бактерии *E.faecium* и органические кислоты: молочная, лимонная и сорбиновая. Влияние пробиотических микроорганизмов на организм животного может быть связано с их способностью синтезировать антимикробные метаболиты [31]. В последнее время активно обсуждается антагонистическая активность молочнокислых бактерий, обусловленная не только синтезом органических кислот, но и биологически активных веществ, в частности, бактериоцинов. Воздействие пробиотиков на иммунитет организма-хозяина, с одной стороны, может достигаться за счет подавления пробиотиком патогенов в кишечнике (первый уровень защиты), а с другой – благодаря стимуляции врожденных и приобретенных иммунных функций за счет активации соответствующих воспалительных или иммунных механизмов при развитии инфекции (второй уровень защиты) [32; 33].

Органические кислоты, входящие в состав препарата, относятся к разным функциональным классам. Лимонная и молочная кислоты относятся к среднецепочечным жирным кислотам и представляют собой важный источник энергии с более высокой антимикробной активностью благодаря их более высокому рКа. Сорбиновая кислота относится к трикарбоновым кислотам, которые являются промежуточными продуктами цикла Кребса и участвуют в энергетическом обмене [34; 35].

Согласно полученным ранее результатам действия различных органических кислот на организм животных было выявлено, что лимонная кислота способствует повышению усвояемости белка, кальция и фосфора в пищеварительном тракте у свиноматок [36]. Кроме того, она способствует снижению pH в ЖКТ, разрушая при этом клеточные стенки грамотрицательных бактерий, таких как *E. coli*, и усиливает действие ряда других органических кислот, а также участвует в метаболических процессах, связанных с образованием энергии. Молочная кислота также имеет высокие бактерицидные свойства, действуя в том числе на бактерии рода *Salmonella* и стимулируя развитие в кишечнике кислотоустойчивых микроорганизмов. В свою очередь, сорбиновая кислота, как природный консервант, может активно противодействовать

следующему ряду возбудителей: дрожжам, плесени и грибам.

Эффективность подкислителя Продактив Ацид SE может быть обусловлена действием комплекса кислот, входящих в его состав. В частности, одним из основных действующих компонентов данного препарата является муравьиная кислота, которая снижает pH ЖКТ, что повышает активность пищеварительных ферментов [37]. Так, ранее было показано, что органические кислоты улучшают переваривание белка [38]. Уксусная кислота относится к короткоцепочечным жирным кислотам, синтезируемым в нижнем отделе кишечника путем микробной ферментации неперевариваемых сахаров и аминокислот.

Среди механизмов положительного влияния подкислителей на организм животных выделяют положительное влияние органических кислот и эфирных масел на рост высоты ворсинок двенадцатиперстной кишки [4]. Среднецепочечные и короткоцепочечные жирные кислоты могут использоваться энтероцитами в качестве источников энергии [36]. В частности, у поросят-отъемышей бензойная кислота способствовала увеличению соотношения высоты ворсинок к глубине крипт [38].

Доказано, что добавление органических кислот и эфирных масел в рацион свиней оказывает влияние на иммунную систему и регулирует окислительный стресс. В одном из исследований [39] выявлено, что добавление масляной кислоты и эфирного масла снижало количество лейкоцитов у растущих свиней.

Одним из важнейших механизмов действия подкислителей на организм животных считается подавление нежелательной микробиоты в желудочно-кишечном тракте. Согласно полученным нами в ходе исследования результатам, на фоне применения подкислителя МетаБак в кишечнике исследованных животных наблюдалось наименьшее общее количество условно-патогенных бактерий, в т. ч. снижение представителей *Burkholderiales*, *Campylobacteriales*, *Mycoplasma*. Применение препарата Продактив Ацид SE в рационах животных способствовало снижению бактерий *Burkholderiales*, *Escherichia-Shigella*, *Enterorhabdus* и *Pasteurellaceae*.

Снижение представленности нежелательных и условно-патогенных видов в кишечнике животных

на фоне применения в рационах подкислителей в нашем исследовании потенциально могло быть связано с созданием кислой среды при попадании в организм органических кислот [40]. Известно, что некоторые бактерии, например, *E. coli* и *Salmonella* чувствительны к низкому уровню pH [41]. Сообщалось, что под влиянием органических кислот и эфирных масел снижалась частота случаев возникновения диареи у животных, в т. ч. вызванной *E. coli* [2; 24]. Влияние органических кислот на микроорганизмы обусловлено их проникновением в бактериальные клетки в недиссоциированной форме и нарушению их нормальной физиологии [41]. Было показано, что органические кислоты и смеси эфирных масел работают в синергии, подавляя рост патогенных микробов и способствуя росту полезных микроорганизмов [42]. Так, например, комплекс муравьиной, фумаровой и лимонной кислот способствовал снижению частоты и тяжести диареи, количества *E. coli*, одновременно стимулируя повышение микробного разнообразия и количества лактобацилл в ЖКТ [42].

Таким образом, положительное влияние исследованных нами подкислителей в рационах свиней на откорме могло быть обусловлено комплексом факторов. Основной эффект связан с нормализацией микробного сообщества кишечника животных и вытеснением нежелательных и условно-патогенных бактерий. Выявленные изменения в составе микробиоты кишечника способствовали улучшению метаболических функций, что благоприятно отразилось на зоотехнических показателях выращивания животных.

Вместе с тем механизмы действия подкислителей требуют дальнейшего исследования. В будущем перспективным направлением является изучение влияния подкислителей на показатели пищеварения, профиль жирных кислот в ЖКТ, экспрессию генов иммунной системы и продуктивности животных. Это позволит получить детальную и целостную картину изменений, происходящих при использовании комплексов органических кислот в рационах свиней.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты настоящего исследования показали эффективность нового комплексного подкислителя МетаБак и химического подкислителя

Продактив Ацид SE при выращивании свиней на откорме. Оба подкислителя оказали положительное влияние на течение физиологических процессов в организме, живую массу, абсолютный и среднесуточный прирост живой массы выращиваемых свиней, их сохранность и конверсию корма.

Лучшие производственные показатели были получены при использовании в рационах животных комплексного препарата МетаБак. Так, показатель среднесуточного прироста при использовании указанного продукта был наиболее высоким в опытной группе 1 – 953 г (+4,27 % в сравнении с контролем). За весь анализируемый период откорма в опытной группе при использовании подкислителя была зарегистрирована наиболее высокая сохранность молодняка свиней – 99,07 % против опытной 2 и контрольной групп.

В кишечнике животных при использовании обоих подкислителей увеличивалась доля бактерий, ассоциированных с ферментацией углеводов и протеина кормов, и образования летучих жирных кислот (ЛЖК). Наименьшее содержание условно-патогенных и нежелательных бактерий также выявлено после применения подкислителя МетаБак. На фоне данного препарата у животных наблюдалось снижение количества микроорганизмов семейств *Burkholderiales* в 2,25, *Campylobacteriales* в 1,4 раза, *Mycoplasma* – до полного вытеснения из микробного сообщества кишечника.

В целом, действие обоих подкислителей было направлено на нормализацию микробиоты пищеварительного тракта животных, что способствовало улучшению метаболизма и зоотехнических показателей животных. Наиболее выраженным оказалось влияние нового комплексного препарата МетаБак, который способствовал снижению представленности нежелательных и условно-патогенных микроорганизмов в кишечнике животных, а также повышению содержания микроорганизмов, связанных с метаболическими свойствами, что в совокупности приводило к более высоким показателям продуктивности животных. На дальнейшем этапе перспективным является использование молекулярно-генетических исследований для оценки эффективности биопрепаратов в свиноводстве.

## Вклад авторов

**С. П. Скляр:** концептуализация, методология, написание и редактирование рукописи.

**Р. А. Крылов:** проведение исследования, программное обеспечение, ресурсы, руководство исследованием, редактирование рукописи.

**Л. А. Ильина:** методология, анализ и визуализация результатов, подготовка и редактирование рукописи.

**К. С. Савенков:** проведение исследования, подготовка и редактирование рукописи.

**Е. С. Пономарева:** статистическая обработка, анализ и визуализация результатов, программное обеспечение, ресурсы.

**В. А. Заикин:** проведение экспериментальных анализов и верификация данных.

**Г. Ю. Лаптев:** методология, ресурсы, руководство исследованием.

## Contributions

**S. P. Sklyarov:** conceptualization, methodology, manuscript writing and editing.

**R. A. Krylov:** study execution, software, resources, study supervision, manuscript editing.

**L. A. Ilina:** methodology, analysis and visualization of results, manuscript preparation and editing.

**K. S. Savenkov:** research, manuscript preparation and editing.

**E. S. Ponomareva:** statistical processing, analysis and visualization of results, software, resources.

**V. A. Zaikin:** experimental analysis and data verification.

**G. Yu. Laptev:** methodology, resources, study supervision.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Королев А.В. «Био-Халквинол» вместо кормовых антибиотиков. *Свиноводство*. 2018;1:21-23. Korolev A.V. "Bio-Halkvinol" instead of feed antibiotics. *Pigbreeding*. 2018;1:21-23. (In Russ.)
2. Калюга В.В., Трифанов А.В., Базыкин В.И. Обоснование пятифазного бесстрессового способа содержания свиней на малых фермах. *Свиноводство*. 2018; 8:17-20. Kalyuga V.V., Trifanov A.V., Bazykin V.I. Justification of a five-phase stress-free method of keeping pigs on small farms. *Pigbreeding*. 2018; 8:17-20. (In Russ.)
3. Quan J., Wu Z., Ye Y. et al. Metagenomic Characterization of Intestinal Regions in Pigs With Contrasting Feed Efficiency. *Frontiers in Microbiology*. 2020;11:32. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00032>
4. Liu Y., Espinosa C.D., Abelilla J.J. et al. Non-antibiotic feed additives in diets for pigs: A review. *Animal Nutrition*. 2018;4:113-125. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.01.007>
5. Cromwell G.L. Why and how antibiotics are used in swine production. *Animal Biotechnology*. 2002;13:7-27. <https://doi.org/10.1081/ABIO-120005767>
6. Han Y.S., Tang C.H., Zhao Q.Y. et al. Effects of dietary supplementation with combinations of organic and medium chain fatty acids as replacements for chlortetracycline on growth performance, serum immunity, and faecal microbiota of weaned piglets. *Livestock Science*. 2018;216:210-218. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.08.013>
7. Kuppusamy S., Kakarlab D., Venkateswarluc K. et al. Agriculture, Ecosystems and Environment Veterinary antibiotics (VAs) contamination as a global agro-ecological issue: A critical view. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 2018;257:47-59. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.01.026>
8. Long S.F., Xu Y.T., Pan L. et al. Mixed organic acids as antibiotic substitutes improve performance, serum immunity, intestinal morphology and microbiota for weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*. 2018;235:23-32. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.018>
9. Holman D.B., Kommadath A., Tingley J.P., Abbott D.W. Novel Insights into the Pig Gut Microbiome Using Metagenome-Assembled Genomes. *Microbiology Spectrum*. 2022;10(4):e0238022. <https://doi.org/10.1128/spectrum.02380-22>
10. Yi L., Cheng W., Song G. et al. Integrating Machine Learning to Identify Key Microbiota of Gut Community Changes Across Different Stages in Dahe Black Pigs. *Microorganisms*. 2025;13(9):2038. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13092038>
11. Koloskova E.M., Ostrenko K.S., Ezersky V.A. et al. Study of the scar microbiome in sheep using molecular genetic methods (review). *Problems of Biology of Productive Animals*. 2020;4:5-26. <https://doi.org/10.25687/1996-6733>

12. Söllinger A., Tveit A.T., Poulsen M. et al. Holistic assessment of rumen microbiome dynamics through quantitative metatranscriptomics reveals multifunctional redundancy during key steps of anaerobic feed degradation. *Msystems*. 2018;3:e00038-18. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00038-18>
13. Wu I.W., Lee C.C., Hsu H.J. et al. Compositional and functional adaptations of intestinal microbiota and related metabolites in CKD patients receiving dietary protein restriction. *Nutrients*. 2020;12:nu12092799. <https://doi.org/10.3390/nu12092799>
14. Chen L., Shen Y., Wang C. et al. *Megasphaera elsdenii* lactate degradation pattern shifts in rumen acidosis models. *Frontiers in Microbiology*. 2019;10:162. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00162>
15. Cabral L.d.S., Weimer P.J. *Megasphaera elsdenii*: Its Role in Ruminant Nutrition and Its Potential Industrial Application for Organic Acid Biosynthesis. *Microorganisms*. 2024;12(1):219. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12010219>
16. Rhouma M., Braley C., Thériault W. et al. Evolution of Pig Fecal Microbiota Composition and Diversity in Response to Enterotoxigenic *Escherichia coli* Infection and Colistin Treatment in Weaned Piglets. *Microorganisms*. 2021;9(7):1459. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9071459>
17. Rodrigues L.M., Neto T.O.D.A.L., Garbossa C.A.P. et al. Benzoic acid combined with essential oils can be an alternative to the use of antibiotic growth promoters for piglets challenged with *E. coli* F4. *Animals*. 2020;10:1978. <https://doi.org/10.3390/ani10111978>
18. Montoya D., D'angelo M., Martín-Orúe S.M., Rodríguez-Sorrento A. et al. Effectiveness of two plant-based in-feed additives against an *Escherichia coli* F4 oral challenge in weaned piglets. *Animals*. 2021;11:2024. <https://doi.org/10.3390/ani11072024>
19. Samanta A.K., Gali J.M., Dutta T.K. et al. Effect of dietary phytobiotic mixture on growth performance, nutrient utilization, and immunity in weaned piglets. *Tropical animal health and production*. 2021;53:459. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02910-0>
20. More G., Lall N., Hussein A., Tshikalange T.E. Antimicrobial constituents of *Artemisia afra* Jacq. ex Willd. against periodontal pathogens. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2012;252758. <https://doi.org/10.1155/2012/252758>
21. Moyo P., Kunyane P., Selepe M.A. et al. Bioassay-Guided Isolation and Identification of Gametocytocidal Compounds from *Artemisia afra* (Asteraceae). *Malaria Journal*. 2019;18:65. <https://doi.org/10.1186/s12936-019-2694-1>
22. Tariq S., Wani S., Rasool W. et al. A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens. *Microbial Pathogenesis*. 2019;134:103580. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103580>
23. Betancour-Murillo C.L., Aguilar-Marin S.B., Jovel J. *Prevotella*: A key player in ruminal metabolism. *Microorganisms*. 2022;11:1. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010001>
24. Lückstädt C., Wylie L., Remmer R. et al. Organic Acids in Animal Nutrition, Anitox: Lawrenceville, GA, USA, 2014.
25. Mounir M., Ibjibjen A., Farih K. et al. Their Antioxidant Properties, Mechanisms, and Benefits on Human and Animal Health: A Narrative Review. *Biomolecules*. 2022;12:1443. <https://doi.org/10.3390/biom12101443>
26. Grilli E., Messina M.R., Tedeschi M., Piva A. Feeding a microencapsulated blend of organic acids and nature identical compounds to weaning pigs improved growth performance and intestinal metabolism. *Livestock Science*. 2010;133:173-175. <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e16>
27. Ahmed S.T., Hwang J.A., Hoon J. et al. Comparison of Single and Blend Acidifiers as Alternative to Antibiotics on Growth Performance, Faecal Microflora, and Humoral Immunity in Weaned Piglets. *Asian-Australas. Journal of Animal Science*. 2014;27:93-100. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13411>
28. De Lange C.F.M., Pluske J., Gong J., Nyachoti C.M. Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs. *Livestock Science*. 2010;134:124-134. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.117>
29. Papatsiros V.G., Christodoulopoulos G., Filippopoulos L.C. The use of organic acids in monogastric animals (swine and rabbits). *Journal of Cell and Animal Biology*. 2012;6:154-159. <https://doi.org/10.5897/JCAB11.081>

30. Li S., Zheng J., Deng K. et al. Supplementation with organic acids showing different effects on growth performance, gut morphology, and microbiota of weaned pigs fed with highly or less digestible diets. *Journal of Animal Science*. 2018;96:3302-3318. <https://doi.org/10.1093/jas/sky197>
31. Fernandes A., Jobby R. Bacteriocins from lactic acid bacteria and their potential clinical applications. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2022;194:4377-4399. <https://doi.org/10.1007/s12010-022-03870-3>
32. Tang H.W., Phapugrangkul P., Fauzi H.M., Tan J.S. Lactic Acid Bacteria Bacteriocin, an Antimicrobial Peptide Effective Against Multidrug Resistance: A Comprehensive Review. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*. 2021;28:14. <https://doi.org/10.3390/ijms26094124>
33. Umair M., Jabbar S., Zhaoxin L. et al. Probiotic-Based Bacteriocin: Immunity Supplementation Against Viruses. An Updated Review. *Frontiers in Microbiology*. 2022;13: 876058. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.876058>
34. Liu X., Qian M., Shen Y. et al. An high-throughput sequencing approach to the preliminary analysis of bacterial communities associated with changes in amino acid nitrogen, organic acid and reducing sugar contents during soy sauce fermentation. *Food Chemistry*. 2021,349:129131. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129131>
35. Tugnoli B., Giovagnoni G., Piva A., Grilli E. From acidifiers to intestinal health enhancer: How organic acids can improve growth efficiency of pigs. *Animals*. 2020,10:134. <https://doi.org/10.3390/ani10010134>
36. Soler C., Goossens T., Bermejo A. et al. Digestive microbiota is different in pigs receiving antimicrobials or a feed additive during the nursery period. *PLoS ONE*. 2018,13:e0197353. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197353>
37. Franz C., Baser K.H.C., Windisch W. Essential oils and aromatic plants in animal feeding—A European perspective. A review. *Flavour and Fragrance Journal*. 2010,25:327-340. <https://doi.org/10.1002/ffj.1967>
38. Lee J., Kim J.W., Hall H., Nyachoti C.M. Effect of dietary organic acids supplementation on growth performance, nutrient digestibility, and gut morphology in weaned pigs. *Canadian Journal of Animal Science*. 2021,102:255-265. <https://doi.org/10.1139/CJAS-2021-0080>
39. Huang Y., Yoo J.S., Kim H.J. et al. Effects of Dietary Supplementation with Blended Essential Oils on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Profiles and Fecal Characteristics in Weanling Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2010,23:607-613. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.80120>
40. Wang J.P., Lee J.H., Yoo J.S. et al. Effects of phenyllactic acid on growth performance, intestinal microbiota, relative organ weight, blood characteristics, and meat quality of broiler chicks. *Poultry Science*. 2010,89:1549-1555. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00235>
41. Khan S.H., Iqbal J. Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research*. 2016,44:359-369. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1079527>
42. Duarte M.E., Kim S.W. Phytobiotics from Oregano Extracts Enhance the Intestinal Health and Growth Performance of Pigs. *Antioxidants*. 2022;11:2066. <https://doi.org/10.3390/antiox11102066>

## Сведения об авторах

**Складаров Сергей Павлович** – кандидат ветеринарных наук, доцент, директор института животноводства и аквакультуры им. В. И. Наумова, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия  
<https://orcid.org/0009-0000-4184-7206>  
SPIN-код: 5826-7525  
[ssklyar@mail.ru](mailto:ssklyar@mail.ru)

## About the authors

**Sergey P. Sklyarov** – Cand. Sci. (Vet.), Associate Professor, Director, V.I. Naumov Institute of Animal Husbandry and Aquaculture, Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia  
<https://orcid.org/0009-0000-4184-7206>  
[ssklyar@mail.ru](mailto:ssklyar@mail.ru)

**Крылов Равиль Александрович –**

аспирант, институт животноводства и аквакультуры им. В. И. Наумова, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия

[krylov.ravil@mail.ru](mailto:krylov.ravil@mail.ru)

**Ильина Лариса Александровна –**

доктор биологических наук, начальник молекулярно-генетической лаборатории ООО «БИОТРОФ», профессор кафедры крупного животноводства, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия

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

SPIN-код: 5826-7525

[ilina@biotrof.ru](mailto:ilina@biotrof.ru)

**Савенков Константин Станиславович –**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ветеринарии, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-0917-6163>

SPIN-код: 7107-6824

[vetkos@inbox.ru](mailto:vetkos@inbox.ru)

**Пономарева Екатерина Сергеевна –**

биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории, ООО «БИОТРОФ», Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-4336-8273>

SPIN-код: 4260-6755

[kate@biotrof.ru](mailto:kate@biotrof.ru)

**Заикин Василий Александрович –**

биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории, ООО «БИОТРОФ», Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0006-8029-9955>

SPIN-код: 1312-0183

[dfcx@biotrof.ru](mailto:dfcx@biotrof.ru)

**Лаптев Георгий Юрьевич –**

доктор биологических наук, директор ООО «БИОТРОФ», профессор кафедры крупного животноводства, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-8795-6659>

SPIN-код: 3600-5295

[georg-laptev@rambler.ru](mailto:georg-laptev@rambler.ru)

**Ravil A. Krylov –**

Postgraduate Student, V.I. Naumov Institute of Animal Husbandry and Aquaculture, Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia

[krylov.ravil@mail.ru](mailto:krylov.ravil@mail.ru)

**Larisa A. Ilina –**

Dr. Sci. (Biol.), Head of the Molecular Genetic Laboratory of BIOTROF, LLC, Prof., Department of Large Livestock Breeding, Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia

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

[ilina@biotrof.ru](mailto:ilina@biotrof.ru)

**Konstantin S. Savenkov –**

Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor, Department of Veterinary Medicine, Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-0917-6163>

[vetkos@inbox.ru](mailto:vetkos@inbox.ru)

**Ekaterina S. Ponomareva –**

Biotechnologist, Molecular Genetics Laboratory of BIOTROF, LLC, Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-4336-8273>

[kate@biotrof.ru](mailto:kate@biotrof.ru)

**Vasily A. Zaikin –**

Biotechnologist, Molecular Genetics Laboratory of BIOTROF, LLC, Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0006-8029-9955>

[dfcx@biotrof.ru](mailto:dfcx@biotrof.ru)

**Georgiy Y. Laptev –**

Dr. Sci. (Biol.), Director Molecular Genetics Laboratory of BIOTROF, LLC, Prof., Department of Large Livestock Husbandry, Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-8795-6659>

[georg-laptev@rambler.ru](mailto:georg-laptev@rambler.ru)