

Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 3. С. 369-384.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2026. Vol. 109. No. 3. P. 369-384.

Научная статья
УДК 636.085.51:577.15
doi: 10.33284/2658-3135-109-3-369

**Санитарно-микробиологическая оценка ферментированных кормов
из целлюлозосодержащих отходов АПК**

**Харон Адиевич Амерханов¹, Ольга Анатольевна Миронова^{2,3},
Елена Александровна Йылдырым^{4,5}, Людмила Павловна Миронова⁶**

¹Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

²Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

³Всероссийский центр карантина растений, Быково, Московская обл., Россия

⁴Молекулярно-генетическая лаборатория, ООО «БИОТРОФ+», Санкт-Петербург, Россия

⁵Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Пушкин, Россия

⁶Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Россия

¹h.amerhanov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3626-7316>

^{2,3}m2889888@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3263-8100>

^{4,5}deniz@biotrof.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5846-5105>

⁶mironova_lp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7263-3307>

Аннотация. Ферментированные корма из растительных отходов АПК, полученные методом твердофазной биоферментации с применением микробных заквасок, требуют санитарно-микробиологической оценки, от которой напрямую зависит здоровье животных, в соответствии с гигиеническими нормативами по микробиологическим показателям безопасности кормов и кормовых добавок в Российской Федерации (РФ). Целью авторского исследования было изучение в динамике показателей микробиологической безопасности в лузге подсолнечника, кукурузных початках, зерновой смеси, ячмене при разной продолжительности микробиологической ферментации. При этом было установлено, что независимо от продолжительности биоферментации кукурузных початков, зерновой смеси, ячменя все показатели микробиологической безопасности: ОМЧ, КОЕ плесневелых грибов и дрожжей соответствовали нормативным требованиям; патогенные микроорганизмы (сальмонеллы и анаэробы) не обнаруживались как в нативных образцах, так и при ферментации независимо от ее продолжительности.

Ключевые слова: микробиологические показатели безопасности, лузга подсолнечника, кукурузные початки, зерновая смесь, ячмень, микробиологическая ферментация, закваска Леснова

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания (№ FSSF-2025-0024).

Для цитирования: Санитарно-микробиологическая оценка ферментированных кормов из целлюлозосодержащих отходов АПК / Х.А. Амерханов, О.А. Миронова, Е.А. Йылдырым, Л.П. Миронова // Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 3. С. 369-384. [Amerkhanov KhA, Mironova OA, Yildirim EA, Mironova LP. Sanitary and microbiological assessment of fermented feeds from cellulose-containing agricultural waste. Animal Husbandry and Fodder Production. 2026;109(3):369-384. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-3-369>

Original article

Sanitary and microbiological assessment of fermented feeds from cellulose-containing agricultural waste

Kharon A Amerhanov¹, Olga A Mironova^{2,3}, Elena A Yildirim^{4,5}, Lyudmila P Mironova⁶

¹Russian State Agrarian University - Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

²Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

³All-Russian Plant Quarantine Center (VNIKR), Bykovo, Moscow Region, Russia

⁴Molecular Genetic Laboratory, BIOTROF+ LLC, St. Petersburg, Russia

⁵Saint Petersburg State Agrarian University, Pushkin, Russia

⁶Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia

¹h.amerhanov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3626-7316>

^{2,3}m2889888@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3263-8100>

^{4,5}deniz@biotrof.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5846-5105>

⁶mironova_lp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7263-3307>

Abstract. Fermented feed from agricultural plant waste obtained by solid-phase biofermentation with microbial starters requires sanitary and microbiological assessment, which directly affects animal health, in accordance with hygienic standards for microbiological safety indicators of feed and feed additives in the Russian Federation (RF). The aim of the author's study was to investigate the dynamics of microbiological safety indicators in sunflower husks, corn cobs, grain mixture, and barley with different duration of microbiological fermentation. It was found that, regardless of the duration of biofermentation of corn cobs, grain mixture, and barley, all microbiological safety indicators: TMC, CFU of mold fungi and yeasts complied with regulatory requirements; Pathogenic microorganisms (salmonella and anaerobes) were not detected in either native samples or during fermentation, regardless of its duration.

Keywords: microbiological safety indicators, sunflower husks, corn cobs, grain mixture, barley, microbiological fermentation, Lesnov's starter

Acknowledgements: the work was performed within the framework of the state assignment (No. FSSF-2025-0024).

For citation: Amerkhanov KhA, Mironova OA, Yildirim EA, Mironova LP. Sanitary and microbiological assessment of fermented feeds from cellulose-containing agricultural waste. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2026;109(3):369-384. (In Russ.). doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-3-369>

Введение.

Сельскохозяйственная отрасль наряду с транспортно-логистической системой и промышленностью формирует ядро национального благосостояния любого независимого и самодостаточного государства. Как гарант продовольственной безопасности животноводство и растениеводство нуждаются в особенно пристальном внимании со стороны научной общественности, особенно в виду экспоненциально возрастающей потребности населения в продуктах питания (Falcon WP et al., 2022). При этом, однако, необходимо не только повысить темпы производства важнейшей пищевой продукции, например, зерна и мяса, но и сохранить или даже улучшить их качество, не забыв об экономической составляющей процесса. Иными словами, следует увеличить коэффициент полезного действия – добиться большей производительности при снижении общих финансовых и трудовых затрат (Ningrum HN et al., 2023). Последнее достигается за счет выведения новых сортов растений и пород животных, наилучшим образом использующих и конвертирующих питательные вещества в полезную биомассу (Shaniware YA et al., 2023; Yousuf M et al., 2024), а также путем совершенствования технологии производства как в области технического оснащения, так и в области кормления (Dayoub M et al., 2024). В частности, в зоотехнической отрасли существенный вес имеют используемые в хозяйствах рационы, от состава и структуры которых напрямую зависит, с какой скоростью будут протекать в организме животных синтетические процессы, направленные на

отложение белка, продукцию молока, яиц и прочее (Mayulu H, 2023). Не случайно сегодня особое внимание уделяется разработке кормовых добавок с полифункциональными микробиоммодулирующими (Sizova EA et al., 2025; Шошин Д.Е. и Сизова Е.А., 2026; Yausheva E et al., 2026), антибиотическими (Камирова А.М. и др., 2023), иммуно- и ростстимулирующими эффектами (Рязанцева К.В. и др., 2025), а также технологиям физической и биологической обработки кормов (Власов Е.А. и др., 2024), как то: экструдирование (Холодилина Т.Н. и др., 2022), кавитация (Лебедев С.В. и др., 2025), экспандирование (Припоров И.Е. и Иванайский Р.Е., 2025), микронизация (Белов А.А. и Собченко Ю.А., 2019), воздействие сверхвысокочастотными волнами (Гарипова Н.В. и др., 2019) и ферментация (Сечнев Ю.А. и др., 2024). В частности, последний метод и различные его модификации, например, твердофазная микробиологическая ферментация, позволяют существенно расширить кормовую базу за счет целлюлозосодержащих отходов АПК, таких, как: пивная дробина, свекловичный жом, солома, рисовая шелуха и отходы зернопереработки, что крайне привлекательно, как в экономическом, так и в экологическом плане (Беляев В.И. и др., 2010; Баландин Д.А. и др., 2015; Морозова Е.Э. и Баутин В.М., 2015; Саушева О.С., 2015; Иванов В.П. и Свиридович Т.Г., 2018; Лукин С.М., 2023). При таком подходе в кормах снижается содержание сырой клетчатки при повышении доли сырого протеина, разрушаются антипитательные вещества, происходит обогащение витаминами, легкоперевариваемыми углеводами и биологически активными веществами, формируется пробиотический комплекс полезных микроорганизмов, благотворно влияющих на пищеварение животных, и повышается биодоступность аминокислот (Sousa D et al., 2024; Najjar H, 2025). Причем максимальным потенциалом обладают именно твердофазные процессы, в ходе которых бактерии, грибы и дрожжи выращиваются и размножаются непосредственно на увлажненном твердом кормовом сырье при практически полном отсутствии свободной воды. В отличие от жидкофазной (глубинной) ферментации, где микроорганизмы развиваются в жидкой питательной среде, здесь сам корм служит и субстратом, и средой обитания, что снижает риски закисления и порчи. Тем не менее, наряду с изучением показателей качества получаемых таким образом кормов, необходимо проводить детальный анализ их санитарно-микробиологических характеристик (Амерханов Х.А. и Миронова О.А., 2024; Амерханов Х.А. и др., 2024), поскольку при нарушении технологического процесса приготовления и условий хранения в таком субстрате могут развиваться и различные нежелательные микроорганизмы (Бурова О.А. и др., 2025), такие как кишечная палочка (*Escherichia coli*), сальмонелла (*Salmonella*), клостридии (*Clostridium*), стрептококк (*Streptococcus*), бактерии рода *Proteus* и др. Употребление же животными некачественных кормов, обсемененных микроорганизмами, провоцирует различные заболевания желудочно-кишечного тракта, поражает иммунную систему и может привести к летальному исходу (Stanley D and Bajagai YS, 2022).

Более того, обеспечение микробиологической безопасности кормов является одной из главных задач, решение которой непосредственно направлено на охрану здоровья населения. Во всем мире эта проблема приобретает особую актуальность в связи с увеличением числа пищевых токсикоинфекций, наиболее опасными возбудителями которых являются зоонозные бактериальные патогены, попадающие в пищевую цепь через корма (Mariasusai P et al., 2025). Типичными примерами таких зоонозных патогенов являются *Campylobacter spp.*, *Salmonella spp.*, *E. coli* O157, энтерококки и *Staphylococcus spp.* (Белоусов В.И. и др., 2019). Поэтому крайне важно регулярно осуществлять микробиологический контроль кормов. При этом, гигиенические нормативы по микробиологическим показателям безопасности кормов и кормовых добавок в Российской Федерации (РФ) включают следующие группы показателей: общая бактериальная обсемененность, энтеропатогенные типы кишечной палочки, бактерии рода *Proteus*, токсинообразующие анаэробы, ботулинический токсин, сальмонеллы, пастереллы (Соляник Т.В. и Гласкович М.А., 2014; Барышников П.И., 2022). На степень обсемененности может также повлиять и длительность процесса ферментации из-за расширения профиля питательных субстратов, что побуждает к поиску наиболее оптимальных временных диапазонов, при которых максимум качества кормов будет соответствовать минимуму рисков развития патогенной флоры.

Цель исследования.

Изучить в динамике показатели микробиологической безопасности лузги подсолнечника, кукурузных початков, зерновой смеси и ячменя при разной продолжительности микробиологической ферментации.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Лузга подсолнечника, кукурузные початки, зерновая смесь и ячмень до и после ферментации.

Схема эксперимента. Исследования проводили в 2025-2026 гг. Объектами исследований были 24 пробы лузги подсолнечника, кукурузных початков, зерновой смеси и ячменя: 6 проб исследовали в нативном виде (контроль); 18 проб каждого субстрата были подвергнуты твердофазному микробиологическому ферментированию в течение 12, 24 и 36 часов с применением микроорганизмов закваски Леснова по предложенной авторами методике: на 1 часть сырья вносили 0,000005 части закваски Леснова при влажности 45-55 % и температуре +50...+55 °C. По завершении процесса ферментации представленные пробы были исследованы на микробиологические показатели: плесневые грибы и дрожжи.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены с использованием приборной базы филиала государственного бюджетного учреждения Ростовской области «Донской государственный ветеринарный референтный центр» – «Ростовская областная ветеринарная лаборатория» (ГБУ РО «Донской ГВРЦ» – «Ростоблветлаборатория») согласно действующей нормативной документации (НД): «Правила бактериологического исследования кормов (1976); ГОСТ 31878-2012; ГОСТ 10444.12-2013» с использованием стандартных методик лабораторных анализов.

Результаты исследования.

Результаты опыта по изучению микробиологических показателей биологической безопасности лузги подсолнечника, кукурузных початков, зерновой смеси, ячменя под влиянием микробиологической ферментации с использованием закваски Леснова приведены в таблицах 1-4.

Таблица 1. Динамика микробиологических показателей лузги подсолнечника в зависимости от продолжительности ферментации

Table 1. Dynamics of microbiological indicators of sunflower husks depending on the duration of fermentation

Показатели, ед. измерения / <i>Indicators, units of measurement</i>	До ферментации / <i>Before fermentation</i>	Время ферментации, час / <i>Fermentation time, hours</i>		
		12	24	36
1	2	3	4	5
ОМЧ, КОЕ/г (менее $5,0 \times 10^2$) / <i>TMN, CFU/g (less than 5.0×10^2)</i>	$4,6 \times 10^1$	$5,8 \times 10^1$	$5,6 \times 10^1$	$5,8 \times 10^1$
Плесневые грибы, КОЕ/г (lim: от менее $1,0 \times 10^2$ до $5,0 \times 10^2$) / <i>Mold fungi, CFU/g (lim: from less than 1.0×10^2 to 5.0×10^2)</i>	$2,2 \times 10^1$	$2,8 \times 10^1$	$3,0 \times 10^1$	$3,2 \times 10^1$
Дрожжи, КОЕ/г (lim: от менее $1,0 \times 10^2$ до $5,0 \times 10^2$) / <i>Yeast, CFU/g (lim: from less than 1.0×10^2 to 5.0×10^2)</i>	$2,6 \times 10^1$	$3,0 \times 10^1$	$2,6 \times 10^1$	$2,6 \times 10^1$

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Сальмонеллы, КОЕ/г / <i>Salmonella</i> , CFU/g	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>
Анаэробы, КОЕ/г / <i>Anaerobes</i> , CFU/g	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>
БГКП (колиформы), КОЕ/г / <i>E. coli group bacteria (Coliforms)</i> , CFU/g	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / <i>absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001</i>	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 г / <i>absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001</i>	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 г / <i>absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001</i>	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 г / <i>absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001</i>

Примечание: НД: Правила бактериологического исследования кормов (1976); ГОСТ 31878-2012; ГОСТ 10444.12-2013.

Note: ND: Rules for bacteriological examination of feed (1976); State Standart 31878-2012; State Standart 10444.12-2013.

Так, в опыте с подсолнечной лузгой числовые значения показателя ОМЧ лузги подсолнечника в процессе микробиологической ферментации независимо от ее продолжительности не выходили за пределы нормативных значений (менее $5,0 \times 10^2$), однако существенно превышали контрольные показатели, что закономерно ввиду внесения закваски. КОЕ плесневых грибов и дрожжей в процессе разного времени ферментации также находились в пределах, указанных в НД (lim: от менее $1,0 \times 10^2$ до $5,0 \times 10^2$).

Тем не менее, здесь следует обратить внимание, что численность плесневых грибов все таки возрастала прямо пропорционально длительности ферментации: от $2,8 \times 10^1$ КОЕ/г до $3,2 \times 10^1$ КОЕ/г при 12- и 36-часовой экспозиции соответственно против $2,2 \times 10^1$ КОЕ/г в контроле. Количество дрожжей же, напротив, было максимальным при минимальном времени воздействия. Колиформы и патогенные микроорганизмы (сальмонеллы и анаэробы) отсутствовали во всех исследуемых образцах как до ферментации, так и при разной ее продолжительности.

Схожей была динамика и в случае с кукурузными початками (табл. 2). ОМЧ возрастало согласно длительности опыта от $3,8 \times 10^2$ КОЕ/г до $4,8 \times 10^2$ КОЕ/г, однако число плесневых грибов в опыте было меньше контрольных значений и достигало таковых лишь при 36-часовой экспозиции. Напротив, дрожжи размножались на кукурузе лучше, чем на лузге подсолнечника. Наблюдаемый здесь максимум ($2,6 \times 10^2$ КОЕ/г), укладываясь в нормы, был однако в 10 раз выше, чем в случае с лузгой. Колиформы и патогены также отсутствовали во всех пробах.

Таблица 2. Динамика микробиологических показателей кукурузных початков в зависимости от продолжительности ферментации

Table 2. Dynamics of microbiological parameters of corn cobs depending on the duration of fermentation

Показатели, ед. измерения / <i>Indicators, units of measurement</i>	До ферментации / <i>Before fermentation</i>	Время ферментации, час / <i>Fermentation time, hours</i>		
		12	24	36
1	2	3	4	5
ОМЧ, КОЕ/г (менее $5,0 \times 10^2$) / <i>TMN, CFU/g (less than 5.0×10^2)</i>	$3,6 \times 10^2$	$3,8 \times 10^2$	$4,6 \times 10^2$	$4,8 \times 10^2$
Плесневые грибы, КОЕ/г (lim: от менее $1,0 \times 10^2$ до $5,0 \times 10^2$) / <i>Mold fungi, CFU/g (lim: from less than 1.0×10^2 to 5.0×10^2)</i>	$2,2 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$2,2 \times 10^2$

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Дрожжи, КОЕ/г (lim: от менее $1,0 \times 10^2$ до $5,0 \times 10^2$) / Yeast, CFU/g (lim: from less than 1.0×10^2 to 5.0×10^2)	$1,6 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$2,6 \times 10^2$	$2,6 \times 10^2$
Сальмонеллы, КОЕ/г / Salmonella, CFU/g	не обнаружено / not found	не обнаружено / not found	не обнаружено / not found	не обнаружено / not found
Анаэробы, КОЕ/г / Anaerobes, CFU/g	не обнаружено / not found	не обнаружено / not found	не обнаружено / not found	не обнаружено / not found
БГКП (колиформы), КОЕ/г / E. coli group bacteria (Coliforms), CFU/g	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001

Примечание: НД: Правила бактериологического исследования кормов (1976); ГОСТ 31878-2012; ГОСТ 10444.12-2013.

Note: ND: Rules for bacteriological examination of feed (1976); State Standart 31878-2012; State Standart 10444.12-2013.

В то же время ферментативные процессы на зерновой смеси (табл. 3) не сопровождались повышением ОМЧ при увеличении временного интервала и во всех опытах составляли $4,8 \times 10^2$ КОЕ/г против $3,6 \times 10^2$ КОЕ/г в контроле, однако численность плесневых грибов также увеличивалась со временем от $2,8 \times 10^2$ КОЕ/г до $3,2 \times 10^2$ КОЕ/г аналогично опыту с лузгой подсолнечника. Концентрация дрожжей достигала своего максимума при 24-часовой ферментации. Колиформ и патогенов выявлено не было.

Таблица 3. Динамика микробиологических показателей зерновой смеси в зависимости от продолжительности ферментации

Table 3. Dynamics of microbiological parameters of grain mixture depending on the duration of fermentation

Показатели, ед. измерения / Indicators, units of measurement	До ферментации / Before fermentation	Время ферментации, час / Fermentation time, hours		
		12	24	36
1	2	3	4	5
ОМЧ, КОЕ/г (менее $5,0 \times 10^2$) / TMN, CFU/g (less than 5.0×10^2)	$3,6 \times 10^2$	$4,8 \times 10^2$	$4,8 \times 10^2$	$4,8 \times 10^2$
Плесневые грибы, КОЕ/г (lim: от менее $1,0 \times 10^2$ до $5,0 \times 10^2$) / Mold fungi, CFU/g (lim: from less than 1.0×10^2 to 5.0×10^2)	$2,0 \times 10^2$	$2,8 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$
Дрожжи, КОЕ/г (lim: от менее $1,0 \times 10^2$ до $5,0 \times 10^2$) / Yeast, CFU/g (lim: from less than 1.0×10^2 to 5.0×10^2)	$1,6 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
Сальмонеллы, КОЕ/г / <i>Salmonella</i> , CFU/g	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>
Анаэробы, КОЕ/г / <i>Anaerobes</i> , CFU/g	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>
БГКП (колиформы), КОЕ/г / <i>E. coli group bacteria (Coliforms)</i> , CFU/g	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / <i>absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001</i>	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / <i>absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001</i>	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / <i>absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001</i>	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / <i>absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001</i>

Примечание: НД: Правила бактериологического исследования кормов (1976); ГОСТ 31878-2012; ГОСТ 10444.12-2013.

Note: ND: Rules for bacteriological examination of feed (1976); State Standart 31878-2012; State Standart 10444.12-2013.

Наконец, представленные выше динамики были характерны и для ячменя (табл. 4). ОМЧ и концентрация плесневых грибов достигали здесь своего максимума в $5,0 \times 10^2$ КОЕ/г и $3,2 \times 10^2$ КОЕ/г соответственно при 36-часовой экспозиции. Количество дрожжей было идентично опыту с зерновой смесью.

Таблица 4. Динамика микробиологических показателей ячменя в зависимости от продолжительности ферментации

Table 4. Dynamics of microbiological parameters of barley depending on the duration of fermentation

Показатели, ед. измерения / <i>Indicators, units of measurement</i>	До ферментации / <i>Before fermentation</i>	Время ферментации, час / <i>Fermentation time, hours</i>		
		12	24	36
ОМЧ, КОЕ/г (менее $5,0 \times 10^2$) / <i>TMN, CFU/g (less than 5.0×10^2)</i>	$3,0 \times 10^2$	$4,6 \times 10^2$	$4,8 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$
Плесневые грибы, КОЕ/г (lim: от менее $1,0 \times 10^2$ до $5,0 \times 10^2$) / <i>Mold fungi, CFU/g (lim: from less than 1.0×10^2 to 5.0×10^2)</i>	$2,0 \times 10^2$	$2,8 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$
Дрожжи, КОЕ/г (lim: от менее $1,0 \times 10^2$ до $5,0 \times 10^2$) / <i>Yeast, CFU/g (lim: from less than 1.0×10^2 to 5.0×10^2)</i>	$1,1 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$
Сальмонеллы, КОЕ/г / <i>Salmonella</i> , CFU/g	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>
Анаэробы, КОЕ/г / <i>Anaerobes</i> , CFU/g	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>	не обнаружено / <i>not found</i>
БГКП (колиформы), КОЕ/г / <i>E. coli group bacteria (Coliforms)</i> , CFU/g	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / <i>absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001</i>	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / <i>absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001</i>	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / <i>absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001</i>	отсутствие в 0,1 г; в 0,01; в 0,001 / <i>absence in 0.1 g; in 0.01; in 0.001</i>

Примечание: НД: Правила бактериологического исследования кормов (1976); ГОСТ 31878-2012; ГОСТ 10444.12-2013.

Note: ND: Rules for bacteriological examination of feed (1976); State Standart 31878-2012; State Standart 10444.12-2013.

Таким образом, на санитарно-микробиологические характеристики полученных при ферментации кормов оказывали влияние как вид исходного сырья, так и продолжительность технологического процесса. Среди отмеченных тенденций: рост ОМЧ и численности плесневых грибов при пролонгации опыта, концентрация дрожжей менялась непропорционально, патогены и колиформы отсутствовали во всех пробах.

Обсуждение полученных результатов.

Проведенные исследования показали, что твердофазная микробиологическая ферментация с использованием закваски Леснова является эффективным и безопасным способом переработки целлюлозосодержащих отходов АПК (лузги подсолнечника, кукурузных початков, зерновой смеси и ячменя) в кормовые продукты. Полученные результаты подтверждают, что при соблюдении рекомендуемых параметров (влажность – 45-55 %, температура – +50...+55 °С, экспозиция – до 36 ч) готовые ферментированные субстраты соответствуют гигиеническим нормативам РФ по микробиологическим показателям безопасности («Правила бактериологического исследования кормов, 1976; ГОСТ 31878-2012; ГОСТ 10444.12-2013).

При этом одной из ключевых закономерностей, выявленных в работе, является экспозиционно зависимое увеличение общего микробного числа во всех опытных образцах по сравнению с нативным сырьем, что объясняется внесением полимикробной закваски, и размножением содержащихся в ней активных штаммов целлюлозолитических, пектолитических и амилалитических микроорганизмов.

Важно подчеркнуть, что даже при максимальной продолжительности ферментации (36 ч) значения ОМЧ не превышали установленного лимита ($5,0 \times 10^2$ КОЕ/г). Наибольший рост ОМЧ был отмечен на ячмене и зерновой смеси (до $5,0 \times 10^2$ и $4,8 \times 10^2$ КОЕ/г соответственно), что, вероятно, связано с более доступным углеводным составом этих субстратов по сравнению с лузгой подсолнечника, богатой трудногидролизуемой клетчаткой (Prosvirnikov D et al., 2023).

Динамика численности плесневых грибов имела четкую положительную корреляцию с длительностью ферментации для всех видов сырья, за исключением кукурузных початков, где начальные контрольные значения ($2,2 \times 10^2$ КОЕ/г) были несколько выше, чем в опыте на 12-часовой экспозиции ($1,8 \times 10^2$ КОЕ/г). Это может указывать на конкурентное подавление аборигенной плесневой микрофлоры штаммами закваски на ранних этапах ферментации кукурузы (Mille-Lindblom C et al., 2006; Alimadadi N et al., 2023).

Особый интерес представляет поведение дрожжевой микрофлоры, которая, в отличие от плесневых грибов не демонстрировала монотонного роста с увеличением длительности экспозиции: максимальное количество КОЕ/г было достигнуто при 24-часовой ферментации. Продление же эксперимента либо не сказывалось на общей численности дрожжей, либо снижало их количество. Иными словами, в данных условиях после 24 часов наступала стационарная фаза развития культуры дрожжей или же отмирание клеток, что может быть обусловлено накоплением органических кислот и изменением pH среды (Рена А et al., 2015). Подобные сдвиги также стоит учитывать, поскольку дрожжи в составе ферментированного корма выступают в качестве дополнительного источника белка и витаминов группы В (Pang Y et al., 2022), однако их избыточное развитие нежелательно из-за риска ухудшения органолептических свойств корма.

Абсолютное отсутствие патогенных микроорганизмов (сальмонелл, сульфитредуцирующих анаэробов) и бактерий группы кишечной палочки (колиформ) во всех пробах, включая нативное сырьё, свидетельствует о высоком исходном санитарном состоянии используемых отходов и эффективности выбранного режима ферментации в подавлении посторонней условно-патогенной микрофлоры (Guan Y et al., 2023). В частности, Chen H et al. (2023) продемонстрировали, что рост *Escherichia coli* O157:H7, *Shigella flexneri* и *Staphylococcus aureus* в процессе ферментации искусственно загрязненного соевого шрота существенно подавляется.

В целом представленные динамики согласуются с ранее проведенными исследованиями. Так, например, Zhu М с коллегами (2024), изучая влияние продолжительности ферментации на микробную экосистему зерновых отходов, показали, что этот фактор имеет важное значение для обеспечения безопасности и улучшения питательного профиля кормов для животных. Результаты показали, что ранняя ферментация (9-30 дней) увеличила численность полезных бактерий, таких как *Lactobacillus reuteri* и *Lactobacillus pontis*, в то время как численность патогенных бактерий, таких как *Serratia marcescens* и *Citrobacter freundii*, значительно снизилась. Метаболомический анализ выявил увеличение содержания ненасыщенных жирных кислот и деградацию биогенных аминов на ранней стадии ферментации. Однако длительная ферментация (60 дней) привела к возобновлению активности патогенных бактерий и снижению синтеза необходимых метаболитов.

Сравнительная оценка субстратов в нашем исследовании показала, что наиболее чувствительным к видовым особенностям сырья является показатель ОМЧ, тогда как динамика плесневых грибов была универсальной для всех изученных объектов. Это позволяет рекомендовать 24-36-часовую ферментацию как оптимальный технологический регламент, обеспечивающий баланс между улучшением питательной ценности корма и сохранением его микробиологической чистоты. В то же время, для кукурузных початков и зерновой смеси 24-часовая выдержка предпочтительнее с точки зрения максимального накопления дрожжевой биомассы.

Таким образом, результаты проведенной работы подтверждают, что предлагаемый метод твердофазной ферментации целлюлозосодержащих отходов с закваской Леснова не только экологически и экономически обоснован, но и полностью безопасен в санитарно-микробиологическом отношении даже при пролонгировании процесса до 36 ч.

Заключение.

Независимо от времени ферментации лузги подсолнечника, кукурузных початков, зерновой смеси, ячменя показатели микробиологической безопасности: ОМЧ, КОЕ плесневелых грибов и дрожжей соответствовали нормативным требованиям; патогенные микроорганизмы (сальмонеллы и анаэробы) не обнаруживались, как в нативных образцах, так и при ферментации независимо от ее продолжительности. Последнее делает такие корма пригодными для использования в рационах сельскохозяйственных животных без дополнительных этапов обеззараживания, что упрощает производственную цепочку и снижает себестоимость конечного продукта. Вместе с тем, для завершения оценки их полноценности целесообразно провести дальнейшие исследования, направленные на изучение витаминного состава, содержания органических кислот и усвояемости аминокислот в ферментированных кормах в зависимости от длительности ферментации.

Список источников

1. Амерханов Х.А., Миронова О.А. Качество и безопасность ферментированных комбикормов для свиней с использованием отходов сельскохозяйственного производства // Свиноводство. 2024. № 8. С. 19-22. [Amerkhanov KhA, Mironova OA. Quality and safety of fermented feed for pigs using agricultural waste. Svinovodstvo. 2024;8:19-22. (In Russ.)]. doi: 10.37925/0039-713X-2024-8-19-22
2. Амерханов Х.А., Миронова О.А., Миронова А.А. Сравнительная характеристика физико-химических свойств и показателей безопасности ферментированных комбикормов из растительных отходов АПК // Зоотехния. 2024. № 10. С. 30-33. [Amerkhanov KhA, Mironova OA, Mironova AA. Comparative characteristics of physicochemical properties and safety indicators of fermented mixed feed from plant waste of the agribusiness complex. Zootechhniya. 2024;10:30-33. (In Russ.)]. doi: 10.25708/ZT.2024.46.95.008
3. Аспекты биологической безопасности производства кормов для свиней (обзор) / О.А. Бурова, Е.А. Широкова, Т.В. Овсяно, Т.Н. Демидова, И.В. Яшин, А.А. Блохин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025. Т. 26. № 4. С. 725-736. [Burova OA, Shirokova EA, Ovsyukhno TV,

Demidova TN, Yashin IV, Blokhin AA. Aspects of biosecurity of pig feed production (review). Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(4):725-736. (*In Russ.*). doi: 10.30766/2072-9081.2025.26.4.725-736

4. Баландин Д.А., Пыткин А.Н., Тарасов Н.М. Управление процессами биологизации АПК в достижении нового технологического уклада. Екатеринбург: Ин-т экономики Урал. отд. РАН, 2015. 177 с. [Balandin DA, Pytkin AN, Tarasov NM. Process management biologization apk to achieve new technological order. Ekaterinburg: Institut ehkonomiki Ural'skogo otdeleniya RAN; 2015:177 p. (*In Russ.*)].

5. Барышников П.И. Лабораторная диагностика бактериальных болезней животных: учеб. пособие для СПО. СПб.: Лань (СПО), 2022. 712 с. [Baryshnikov PI. Laboratornaya diagnostika bakterial'nyh boleznej zhivotnyh: ucheb. posobie dlya SPO. Saint-Petersburg: Lan' (SPO); 2022:712 p. (*In Russ.*)].

6. Белов А.А., Собченко Ю.А. Обоснование актуальности совершенствования микронизации зерновых кормов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8(178). С. 179-183. [Belov AA, Sobchenko YuA. Substantiation of importance of grain feed micronization improvement. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2019;8(178):179-183. (*In Russ.*)].

7. Беляев В.И., Добрынин В.И., Серов С.Н. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе. Резервы биоэнергетики на Алтае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. № 8(70). С. 61-66. [Belyaev VI, Dobrynin VI, Serov SN. Innovatsionnye tekhnologii v agropromyshlennom komplekse. Rezervy bioenergetiki na Altae. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2010;8(70):61-66. (*In Russ.*)].

8. Воздействие Mn_2O_3 и Co_3O_4 на бактериальную люминесценцию и переваримость сухого вещества (*in vitro*) / А.М. Камирова, Е.А. Сизова, Д.Е. Шошин, Е.А. Власов // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 35-47. [Kamirova AM, Sizova EA, Shoshin DE, Vlasov EA. Effect of Mn_2O_3 and Co_3O_4 on bacterial luminescence and dry matter digestibility (*in vitro*). Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(1):35-47. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-35

9. ГОСТ 10444.12-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. Введ. 01.07.2015. М.: Стандартиформ, 2014. 9 с. [GOST 10444.12-2013. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Methods for the detection and colony count of yeasts and moulds. Vved. 01.07. 2015. Moscow: Standartinform; 2014:9 p. (*In Russ.*)].

10. ГОСТ 31878-2012. Корма для животных. Метод обнаружения и подсчета бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). Метод наиболее вероятного числа. Введ. 01.01.2014. М.: Стандартиформ, 2020. 10 с. [GOST 31878-2012. Animal feeding stuffs. Method for the detection and enumeration of conforms. Most probable number technique. Vved. 01.01.2014. Moscow: Standartinform; 2020:10 p. (*In Russ.*)].

11. Иванов В.П., Свиридович Т.Г. Исследование способов утилизации растительных остатков в валах мелиоративных систем // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. науч. тр. М.: ООО «Угрешская типография», 2018. Вып. 18(66). С. 90-95. [Ivanov VP, Sviridovich TG. Research of ways of utilization of vegetable residues in the shafts of meliorative systems. Mnogo-funkcional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sb. nauch. tr. Moscow: ООО «Ugreshskaya tipografiya». 2018;18(66):90-95. (*In Russ.*)].

12. Лабораторный контроль безопасности кормов в Российской Федерации / В.И. Белоусов, А.А. Варенцова, А.И. Грудев, С.Б. Базарбаев, А.А. Кремлев // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2019. Т. 240. № 4. С. 28-31. [Belousov VI, Varentsova AA, Grudev AI, Bazarbayev SB, Kremlev AA. Laboratory control of feed safety in the Russian Federation. Scientific notes Kazan Bauman Academy of Veterinary Medicine. 2019;240(4):28-31. (*In Russ.*)].

13. Лебедев С.В., Шаврина И.В., Здоров А.Н. Зоотехнические характеристики и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров при использовании кавитированных пшеничных отрубей в рационе // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 4. С. 310-319. [Lebedev SV, Shavrina IV, Zdorov AN. Zootechnical characteristics and biochemical parameters of broiler chicken blood fed with cavitated wheat bran. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(4):310-319. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-108-4-310

14. Лукин С.М. Перспективные технологии переработки и использования ресурсов органического сырья в сельском хозяйстве в качестве органических удобрений // Биоконверсия побочных продуктов животноводства и отходов АПК. Владимир: ВНИИОУ – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», 2023. С. 5-30. [Lukin SM. Perspective technologies of processing and use of organic resources in agriculture as organic fertilisers. Biokonversiya pobochnyh produktov zhivotnovodstva i othodov APK. Vladimir: VNIIOU – filial FGBNU «Verhnevolzhskij FANC»; 2023:5-30. (*In Russ.*)].
15. Морозова Е.Э., Баутин В.М. Формирование системы глубокой переработки отходов промышленно-производственных подсистем АПК // Агропродовольственная экономика. 2015. № 7. С. 12-18. [Morozova EE, Bautin VM. Formirovanie sistemy glubokoj pererabotki othodov promyshlennoproizvodstvennyh podsystem APK. Agroprodovol'stvennaya ekonomika. 2015;7:12-18. (*In Russ.*)].
16. Правила бактериологического исследования кормов: утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975. М.: Колос, 1976. 18 с. [Pravila bakteriologicheskogo issledovaniya kormov: utv. GUV MSH SSSR 10.06.1975. Moscow: Kolos; 1976:18 p. (*In Russ.*)].
17. Припоров И.Е., Иванайский Р.Е. Усовершенствованная технология экспандирования кормов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2025. № 4(114). С. 92-97. [Priporov IE, Ivanaysky RE. Advanced feed expansion technology. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2025;4(114):92-97. (*In Russ.*)].
18. Продуктивный эффект различных источников кальция в кормлении цыплят-бройлеров: качественные характеристики мяса / К.В. Рязанцева, Т.Н. Холодилина, Д.Е. Шошин, К.С. Нечитайло, Е.В. Яушева, Е.А. Сизова // Птицеводство. 2025. № 9. С. 33-39. [Ryazantseva KV, Kholodilina TN, Shoshin DE, Nechitailo KS, Yausheva EV, Sizova EA. Effect of different calcium sources in diets for broilers on the yield and quality of meat. Pticevodstvo. 2025;9:33-39. (*In Russ.*)]. doi: 10.33845/0033-3239-2025-74-9-33-39
19. Саушева О.С. Рециклинг отходов АПК как приоритетное направление обеспечения продовольственной безопасности РФ // Экономика и предпринимательство. 2015. № 7(60). С. 137-141. [Sausheva OS. Waste recycling agriculture as a priority of ensuring food security of the Russian Federation. Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2015;7(60):137-141. (*In Russ.*)].
20. Соляник Т.В., Гласкович М.А. Микробиология. Микробиология кормов животного и растительного происхождения: курс лекций. Горки: БГСХА, 2014. 76 с. [Solyanik TV, Glaskovich MA. Mikrobiologiya. Mikrobiologiya kormov zhivotnogo i rastitel'nogo proiskhozhdeniya: course of lectures. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy; 2014:76 p. (*In Russ.*)].
21. Физические и биологические методы улучшения питательности кормов (обзор) / Е.А. Власов, Е.А. Сизова, К.С. Нечитайло, К.В. Рязанцева, А.М. Камирова, А.П. Иванишева, Д.Е. Шошин, Л.Л. Мусабаева, А.С. Мустафина // Сельскохозяйственная биология. 2024. Т. 59. № 3. С. 411-425. [Vlasov EA, Sizova EA, Nechitailo KS, Ryazantseva KV, Kamirova AM, Ivanishcheva AP, Shoshin DE, Musabaeva LL, Mustafina AS. Physical and biological methods to improve feed nutrition value (review). Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2024;59(3):411-425. (*In Russ.*)]. doi: 10.15389/agrobiology.2024.3.411rus doi: 10.15389/agrobiology.2024.3.411eng
22. Физические параметры микрочастиц железа и биологическая доступность при воздействии сверхвысокими частотами / Н.В. Гарипова, Т.Н. Холодилина, М.Я. Курилкина, В.В. Ваншин // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 2. С. 21-29. [Garipova NV, Kholodilina TN, Kurilkina MYa, Vanshin VV. Physical parameters of iron microparticles and bioavailability after exposure with very high frequency. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(2):21-29. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-2-21
23. Характер ферментации питательных веществ ячменя при использовании экзоферментов / Ю.А. Сечнев, Е.В. Шейда, О.В. Кван, Я.А. Сизенцов // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 2. С. 170-178. [Sechnev YuA, Sheyda EV, Kvan OV, Sizentsov YaA. The nature of barley nutrients fermentation using exoenzymes. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(2):170-178. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-170

24. Холодилина Т.Н., Курилкина М.Я., Атландерова К.Н. Экструзионная обработка как фактор, определяющий аминокислотный состав различных компонентов корма для цыплят-бройлеров // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 74-81. [Kholodilina TN, Kurilkina MYa, Atlanderova KN. Extrusion processing as factor determining the amino acid composition of various feed components for broiler chickens. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(1):74-81. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-74
25. Шошин Д.Е., Сизова Е.А. Кора *Quercus robur* L. как регулятор пищеварительных процессов в рубце крупного рогатого скота // Ветеринария и кормление. 2026. № 2. С. 209-215. [Shoshin DE, Sizova EA. Bark of *Quercus robur* L. as a regulator of digestive processes in cattle rumen. Veterinariya i kormlenie. 2026;2:209-215. (In Russ.)]. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2026-2-42
26. Alimadadi N, Nasr S, Fazeli SAS, et al. Screening of antagonistic yeast strains for postharvest control of *Penicillium expansum* causing blue mold decay in table grape. Fungal Biology. 2023;127(3):901-908. doi: 10.1016/j.funbio.2023.01.003
27. Chen H, Kang L, Li K, Feng T, Ni Z, Gao E, Fang Z. Accurate quantification on the change of some live pathogenic microbial flora in fermented feed. International Journal of Food Science and Technology. 2023;58(7):3552-3559. doi: 10.1111/ijfs.16453
28. Dayoub M, Shnaigat S, Tarawneh RA, Al-Yacoub AN, Al-Barakeh F, Al-Najjar K. Enhancing animal production through smart agriculture: possibilities, hurdles, resolutions, and advantages. Ruminants. 2024;4(1):22-46. doi: 10.3390/ruminants4010003
29. Falcon WP, Naylor RL, Shankar ND. Rethinking global food demand for 2050. Population and Development Review. 2022;48(4):921-957. doi: 10.1111/padr.12508
30. Guan Y, Lv H, Wu G, Chen J, Wang M, Zhang M, Pang H, Duan Y, Wang L, Tan Z. Effects of lactic acid bacteria reducing the content of harmful fungi and mycotoxins on the quality of mixed fermented feed. Toxins. 2023;15(3):226. doi: 10.3390/toxins15030226
31. Hajar H. Nutritional transformation of ruminant feed: a literature review on the role of fermentation in enhancing productivity. Journal of Agriculture, Agribusiness, Welfare, Technology, Humanity, Environment, Social, and Economy. 2025;1(1):50-58.
32. Mariasusai P, Gopalan N, Behera SK, Larebo YM. Knowledge, attitude, and husbandry practices on zoonoses prevention and control among livestock farmers in Thiruvavur, Tamil Nadu, India: a cross-sectional study. BMC Veterinary Research. 2025;21(1):610. doi: 10.1186/s12917-025-04997-1
33. Mayulu H. Role of animal husbandry nutrition science on feed, food and environment safety. Technium BioChemMed. 2023;6:12-21. doi: 10.47577/biochemmed.v6i.9554
34. Mille-Lindblom C, Fischer H, Tranvik LJ. Antagonism between bacteria and fungi: substrate competition and a possible tradeoff between fungal growth and tolerance towards bacteria. Oikos. 2006;113(2):233-242. doi: 10.1111/j.2006.0030-1299.14337.x
35. Ningrum HN, Martini S, Mufidah I. Designing tools to increase productivity and efficiency in the agricultural sector by paying attention to user needs and product design. International Journal of Social Service and Research. 2023;3(4):1038-1044. doi: 10.46799/ijssr.v3i4.331
36. Pang Y, Zhang H, Wen H, Wan H, Wu H, Chen Y, Li S, Zhang L, Sun X, Li B, Liu X. Yeast probiotic and yeast products in enhancing livestock feeds utilization and performance: an overview. Journal of Fungi. 2022;8(11):1191. doi: 10.3390/jof8111191
37. Pena A, Sánchez NS, Alvarez H, Calahorra M, Ramírez J. Effects of high medium pH on growth, metabolism and transport in *Saccharomyces cerevisiae*. FEMS Yeast Research. 2015;15(2):fou005. doi: 10.1093/femsyr/fou005
38. Prosvirnikov D, Tuntsev D, Gizzatullina L, Kulikova Y, Michaud P, Babich O. Protein production from cellulosic waste using *Candida utilis*. Environmental Technology & Innovation. 2023;32:103445. doi: 10.1016/j.eti.2023.103445
39. Shaniware YA, Pandey P, Dash AP, Haokip SW, et al. The role of genetics and plant breeding for crop improvement: current progress and future prospects. International Journal of Plant and Soil Science. 2023;35(20):190-202. doi: 10.9734/IJPSS/2023/v35i203798

40. Sizova EA, Shoshin DE, Yausheva VE, Ivanishcheva AP, Nechitailo KS, Ryazanceva KV. Influence of lactulose as a composition of organic-mineral feed additive on broiler chicken productivity, feed digestibility, and microbiome. *Veterinary World*. 2025;18(7):2095-2105. doi: 10.14202/vetworld.2025.2095-2105
41. Sousa D, Moset V, del Carmen López-Luján M, Salgado JM, Dias A, Belo I, Pascual JJ, Cambra-López M. Potential of solid-state fermentation to enhance the nutritional value of oilseed cakes for poultry. *Animal Feed Science and Technology*. 2024;316:116056. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2024.116056
42. Stanley D, Bajagai YS. Feed safety and the development of poultry intestinal microbiota. *Animals*. 2022;12(20):2890. doi: 10.3390/ani12202890
43. Yausheva E, Kholodilina T, Sizova E, Shoshin D, Ryazantseva K, Nechitailo K, Klimova T, Mustafina A. Dietary calcium citrate enhances nutrient digestibility and modulates cecal microbiota function in pre-laying hens. *Veterinary World*. 2026;19(2):821-839. doi: 10.14202/vetworld.2026.821-839
44. Yousuf M, Yusuf A, Mohammed I. Review on current animal breeding and genetic technologies to increase production and productivity of cattle. *Journal of Animal Scientific Research*. 2024;12(1):19-36.
45. Zhu M, Xu D, Liao C, Zhang T, Zhou B, Wang K, Li P, Cheng Zh, Chen C. Microbial dynamics and pathogen control during fermentation of distiller grains: effects of fermentation time on feed safety. *Int J Mol Sci*. 2024;25(21):11463. <https://doi.org/10.3390/ijms252111463>

References

1. Amerkhanov KhA, Mironova OA. Quality and safety of fermented feed for pigs using agricultural waste. *Pig Breeding*. 2024;8:19-22. doi: 10.37925/0039-713X-2024-8-19-22
2. Amerkhanov KhA, Mironova OA, Mironova AA. Comparative characteristics of physicochemical properties and safety indicators of fermented mixed feed from plant waste of the agribusiness complex. *Zootechniya*. 2024;10:30-33. doi: 10.25708/ZT.2024.46.95.008
3. Burova OA, Shirokova EA, Ovsyukhno TV, Demidova TN, Yashin IV, Blokhin AA. Aspects of biosecurity of pig feed production (review). *Agricultural Science Euro-North-East*. 2025;26(4):725-736. doi: 10.30766/2072-9081.2025.26.4.725-736
4. Balandin DA, Pytkin AN, Tarasov NM. Process management biologization apk to achieve new technological order. Yekaterinburg: Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 2015:177 p.
5. Baryshnikov PI. Laboratory diagnostics of bacterial diseases of animals: textbook for secondary vocational education. SPb.: Lan' (SVE);2022:712 p.
6. Belov AA, Sobchenko YuA. Substantiation of importance of grain feed micronization improvement. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2019;8(178):179-183.
7. Belyaev VI, Dobrynin VI, Serov SN. Innovative technologies in the agro-industrial complex. Bioenergy reserves in Altai. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2010;8(70):61-66.
8. Kamirova AM, Sizova EA, Shoshin DE, Vlasov EA. Effect of Mn₂O₃ and Co₃O₄ on bacterial luminescence and dry matter digestibility (*in vitro*). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):35-47. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-35
9. State Standart 10444.12-2013. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Methods for the detection and colony count of yeasts and moulds. Implementation date 01.07.2015. Moscow: Standartinform; 2014:9 p.
10. State Standart 31878-2012. Animal feeding stuffs. Method for the detection and enumeration of conforms. Most probable number technique. Implementation date 01.01.2014. Moscow: Standartinform; 2020:10 p.

11. Ivanov VP, Sviridovich TG. Research of ways of utilization of vegetable residues in the shafts of meliorative systems. Multifunctional adaptive feed production: collection of scientific papers. Moscow: Ugreshskaya Tipografiya LLC, 2018;18(66):90-95.
12. Belousov VI, Varentsova AA, Grudev AI, Bazarbayev SB, Kremleva AA. Laboratory control of feed safety in the Russian Federation. Scientific notes Kazan Bauman Academy of Veterinary Medicine. 2019;240(4):28-31.
13. Lebedev SV, Shavrina IV, Zdorov AN. Zootechnical characteristics and biochemical parameters of broiler chicken blood fed with cavitated wheat bran. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(4):310-319. doi: 10.33284/2658-3135-108-4-310
14. Lukin SM. Perspective technologies of processing and use of organic resources in agriculture as organic fertilisers. Bioconversion of animal by-products and agricultural waste. Vladimir: All-Russian Scientific Research Institute of Organic Fertilizers and Peat - A branch of the Upper Volga Federal Agrarian Research Center; 2023:5-30.
15. Morozova EE, Bautin VM. Formation of a system of deep waste processing of industrial and production subsystems of the agro-industrial complex. Agro-food Economics. 2015;7:12-18.
16. Rules for bacteriological examination of feed: approved by Main Veterinary Directorate of the USSR Ministry of Agriculture 06/10/1975. Moscow: Kolos; 1976:18 p.
17. Priporov IE, Ivanaysky RE. Advanced feed expansion technology. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2025;4(114):92-97.
18. Ryazantseva KV, Kholodilina TN, Shoshin DE, Nechitailo KS, Yausheva EV, Sizova EA. Effect of different calcium sources in diets for broilers on the yield and quality of meat. Poultry Farming. 2025;9:33-39
19. Sausheva OS. Waste recycling agriculture as a priority of ensuring food security of the Russian Federation. Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2015;7(60):137-141.
20. Solyanik TV, Glaskovich MA. Microbiology. Microbiology of animal and plant feed: a course of lectures. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy; 2014:76 p.
21. Vlasov EA, Sizova EA, Nechitailo KS, Ryazantseva KV, Kamirova AM, Ivanishcheva AP, Shoshin DE, Musabaeva LL, Mustafina AS. Physical and biological methods to improve feed nutrition value (review). Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2024;59(3):411-425. doi: 10.15389/agrobiology.2024.3.411rus doi: 10.15389/agrobiology.2024.3.411eng
22. Garipova NV, Kholodilina TN, Kurilkina MYa, Vanshin VV. Physical parameters of iron microparticles and bioavailability after exposure with very high frequency. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(2):21-29. doi: 10.33284/2658-3135-102-2-21
23. Sechnev YuA, Sheyda EV, Kvan OV, Sizentsov YaA. The nature of barley nutrients fermentation using exoenzymes. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(2):170-178. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-170
24. Kholodilina TN, Kurilkina MYa, Atlanderova KN. Extrusion processing as factor determining the amino acid composition of various feed components for broiler chickens. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(1):74-81. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-74
25. Shoshin DE, Sizova EA. Bark of *Quercus robur* L. as a regulator of digestive processes in cattle rumen. Veterinary Science and Feeding. 2026;2:209-215. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2026-2-42
26. Alimadadi N, Nasr S, Fazeli SAS, et al. Screening of antagonistic yeast strains for postharvest control of *Penicillium expansum* causing blue mold decay in table grape. Fungal Biology. 2023;127(3):901-908. doi: 10.1016/j.funbio.2023.01.003
27. Chen H, Kang L, Li K, Feng T, Ni Z, Gao E, Fang Z. Accurate quantification on the change of some live pathogenic microbial flora in fermented feed. International Journal of Food Science and Technology. 2023;58(7):3552-3559. doi: 10.1111/ijfs.16453
28. Dayoub M, Shnaigat S, Tarawneh RA, Al-Yacoub AN, Al-Barakeh F, Al-Najjar K. Enhancing animal production through smart agriculture: possibilities, hurdles, resolutions, and advantages. Ruminants. 2024;4(1):22-46. doi: 10.3390/ruminants4010003

29. Falcon WP, Naylor RL, Shankar ND. Rethinking global food demand for 2050. *Population and Development Review*. 2022;48(4):921-957. doi: 10.1111/padr.12508
30. Guan Y, Lv H, Wu G, Chen J, Wang M, Zhang M, Pang H, Duan Y, Wang L, Tan Z. Effects of lactic acid bacteria reducing the content of harmful fungi and mycotoxins on the quality of mixed fermented feed. *Toxins*. 2023;15(3):226. doi: 10.3390/toxins15030226
31. Hajar H. Nutritional transformation of ruminant feed: a literature review on the role of fermentation in enhancing productivity. *Journal of Agriculture, Agribusiness, Welfare, Technology, Humanity, Environment, Social, and Economy*. 2025;1(1):50-58.
32. Mariasusai P, Gopalan N, Behera SK, Larebo YM. Knowledge, attitude, and husbandry practices on zoonoses prevention and control among livestock farmers in Thiruvavur, Tamil Nadu, India: a cross-sectional study. *BMC Veterinary Research*. 2025;21(1):610. doi: 10.1186/s12917-025-04997-1
33. Mayulu H. Role of animal husbandry nutrition science on feed, food and environment safety. *Technium BioChemMed*. 2023;6:12-21. doi: 10.47577/biochemmed.v6i.9554
34. Mille-Lindblom C, Fischer H, Tranvik LJ. Antagonism between bacteria and fungi: substrate competition and a possible tradeoff between fungal growth and tolerance towards bacteria. *Oikos*. 2006;113(2):233-242. doi: 10.1111/j.2006.0030-1299.14337.x
35. Ningrum HN, Martini S, Mufidah I. Designing tools to increase productivity and efficiency in the agricultural sector by paying attention to user needs and product design. *International Journal of Social Service and Research*. 2023;3(4):1038-1044. doi: 10.46799/ijssr.v3i4.331
36. Pang Y, Zhang H, Wen H, Wan H, Wu H, Chen Y, Li S, Zhang L, Sun X, Li B, Liu X. Yeast probiotic and yeast products in enhancing livestock feeds utilization and performance: an overview. *Journal of Fungi*. 2022;8(11):1191. doi: 10.3390/jof8111191
37. Pena A, Sánchez NS, Alvarez H, Calahorra M, Ramírez J. Effects of high medium pH on growth, metabolism and transport in *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS Yeast Research*. 2015;15(2):fou005. doi: 10.1093/femsyr/fou005
38. Prosvirnikov D, Tuntsev D, Gizzatullina L, Kulikova Y, Michaud P, Babich O. Protein production from cellulosic waste using *Candida utilis*. *Environmental Technology & Innovation*. 2023;32:103445. doi: 10.1016/j.eti.2023.103445
39. Shaniware YA, Pandey P, Dash AP, Haokip SW, et al. The role of genetics and plant breeding for crop improvement: current progress and future prospects. *International Journal of Plant and Soil Science*. 2023;35(20):190-202. doi: 10.9734/IJPSS/2023/v35i203798
40. Sizova EA, Shoshin DE, Yausheva VE, Ivanishcheva AP, Nechitailo KS, Ryazanceva KV. Influence of lactulose as a composition of organic-mineral feed additive on broiler chicken productivity, feed digestibility, and microbiome. *Veterinary World*. 2025;18(7):2095-2105. doi: 10.14202/vetworld.2025.2095-2105
41. Sousa D, Moset V, del Carmen López-Luján M, Salgado JM, Dias A, Belo I, Pascual JJ, Cambra-López M. Potential of solid-state fermentation to enhance the nutritional value of oilseed cakes for poultry. *Animal Feed Science and Technology*. 2024;316:116056. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2024.116056
42. Stanley D, Bajagai YS. Feed safety and the development of poultry intestinal microbiota. *Animals*. 2022;12(20):2890. doi: 10.3390/ani12202890
43. Yausheva E, Kholodilina T, Sizova E, Shoshin D, Ryazantseva K, Nechitailo K, Klimova T, Mustafina A. Dietary calcium citrate enhances nutrient digestibility and modulates cecal microbiota function in pre-laying hens. *Veterinary World*. 2026;19(2):821-839. doi: 10.14202/vetworld.2026.821-839
44. Yousuf M, Yusuf A, Mohammed I. Review on current animal breeding and genetic technologies to increase production and productivity of cattle. *Journal of Animal Scientific Research*. 2024;12(1):19-36.
45. Zhu M, Xu D, Liao C, Zhang T, Zhou B, Wang K, Li P, Cheng Zh, Chen C. Microbial dynamics and pathogen control during fermentation of distiller grains: effects of fermentation time on feed safety. *Int J Mol Sci*. 2024;25(21):11463. <https://doi.org/10.3390/ijms252111463>

Информация об авторах:

Харон Адиевич Амерханов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, профессор, Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, тел.: +7(985)768-83-49.

Ольга Анатольевна Миронова, доктор биологических наук, заведующий базовой кафедрой фитосанитарной биологии и безопасности экосистем института экологии, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6 Е; Всероссийский центр карантина растений, 140150, р.п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия, тел.: +7(961)288-98-88.

Елена Александровна Йылдырым, доктор биологических наук, главный биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории ООО «БИОТРОФ+», 192284, г. Санкт-Петербург, Загребский б-р, д. 19 к. 1, 13, Россия; профессор кафедры крупного животноводства, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 196605, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия, тел.: +7(921)-310-70-92.

Людмила Павловна Миронова, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры терапии и пропедевтики, Донской государственный аграрный университет, 346493, пос. Персиановский, Октябрьского района, Ростовской области, ул. Кривошлыкова, 24, Россия, тел.: +7(928)-117-14-31.

Information about the authors:

Kharon A Amerkhanov, Dr Sci. (Agriculture), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Timiryazevskaya St., 49, 127550, tel.: +7 (985) 768-83-49.

Olga A Mironova, Dr Sci. (Biology), Head of the Basic Department of Phytosanitary Biology and Ecosystem Safety, Institute of Ecology, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya St., 6; All-Russian Plant Quarantine Center (VNIIKR), settlement of Bykovo, Ramenskoye, Moscow Region, Russia, 140150, tel.: +7(961)288-98-88.

Elena A Yildirim, Dr Sci. (Biology), Chief Biotechnologist of the Molecular Genetic Laboratory of BIOTROF+ LLC, 192284, St. Petersburg, Zagrebsky Blvd., Bldg. 19, Bldg. 1, 13, Russia; Professor of the Large Livestock Husbandry Department, St. Petersburg State Agrarian University, Pushkin, St. Petersburg, 196605, Russia, tel.: +7(921)-310-70-92.

Lyudmila P Mironova, Dr Sci. (Veterinary), Professor of the Department of Therapy and Pro-paedeutics, Don State Agrarian University, Persianovsky settlement, Oktyabrsky district, Rostov region, Krivoshlykova street, 24, 346493, Russia, tel.: +7 (928) -117-14-31.

Статья поступила в редакцию 19.05.2026; одобрена после рецензирования 24.06.2026; принята к публикации 14.09.2026.

The article was submitted 19.05.2026; approved after reviewing 24.06.2026; accepted for publication 14.09.2026.