

УДК 636.033, 636.2.033

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-383-6-87-92

Е.В. Шейда^{1, 2}О.В. Кван^{1, 2} ✉В.В. Гречкина^{1, 3}Ю.А. Сечнев¹А.В. Харламов¹

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

²Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

³Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

✉ kwan111@yandex.ru

Поступила в редакцию:
08.11.2023

Одобрена после рецензирования:
15.05.2024

Принята к публикации:
30.05.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-383-6-87-92

Elena V. Sheida^{1, 2}Olga V. Kvan^{1, 2} ✉Viktoria V. Grechkina^{1, 3}Yuri A. Sechnev¹Anatoly V. Kharlamov¹

¹Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

²Orenburg State University, Orenburg, Russia

³Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

✉ kwan111@yandex.ru

Received by the editorial office:
08.11.2023

Accepted in revised:
15.05.2024

Accepted for publication:
30.05.2024

Эффективная значимость разных вариантов заготовки ферментированных кормов

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Производство ферментированных кормов связано с необходимостью изменения и улучшения усвояемости питательных веществ как у жвачных, так и у других животных. Использование процесса ферментации существенно влияет на уровень содержания патогенных микроорганизмов в корме. В последние годы большое внимание уделяется разработке бактериальных заквасок, которые регулируют микробиологические процессы при силосовании.

Цель исследования — изучить изменение питательности ферментированных кормов (силоса) при использовании бактериальных заквасок «Силостан» и пробиотического препарата «Лактобифадол форте».

Методы. Объекты исследований: «Силостан» — кормовая добавка для силосования растительного сырья; пробиотик, который используют для восстановления микрофлоры и пищеварения у животных, «Лактобифадол форте» для КРС.

Результаты. Приготовление кукурузного силоса с внесением комплексной бактериальной закваски «Силостан» и «Лактобифадола форте» способствует лучшей сохранности сухого вещества и питательных веществ в кормовом продукте. Использование кукурузного силоса с внесением закваски по сравнению с самоконсервированием в питании крупного рогатого скота увеличивает адгезию микроорганизмов рубца на кормовых частицах и, как следствие, приведет к лучшей переваримости питательных компонентов корма и увеличению доступности питательных веществ и продуктивности.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, ферментированные корма, пробиотик, бактериальная закваска, питательность

Для цитирования: Шейда Е.В., Кван О.В., Гречкина В.В., Сечнев Ю.А., Харламов А.В. Эффективная значимость разных вариантов заготовки ферментированных кормов. *Аграрная наука*. 2024; 383(6): 87–92.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-383-6-87-92>

© Шейда Е.В., Кван О.В., Гречкина В.В., Сечнев Ю.А., Харламов А.В.

The effective significance of different options for harvesting fermented feed

ABSTRACT

Relevance. The production of fermented feed is associated with the need to change and improve the digestibility of nutrients in both ruminants and other animals. The use of the fermentation process significantly affects the level of pathogenic microorganisms in the feed. In recent years, much attention has been paid to the development of bacterial starter cultures that regulate microbiological processes during silage.

The aim of the study was to study the nutritional changes of fermented feed (silage) using bacterial starter cultures “Silostan” and probiotic drug “Lactobifadol forte”.

Methods. Research objects: “Silostan” — a feed additive for silage of vegetable raw materials; probiotic, which is used to restore microflora and digestion in animals, “Lactobifadol forte” for cattle.

Results. The preparation of corn silage with the introduction of a complex bacterial starter culture “Silostan” and “Lactobifadol forte” contributes to the better preservation of dry matter and nutrients in the feed product. The use of corn silage with the introduction of starter cultures, compared with self-preservation in the diet of cattle, increases the adhesion of rumen microorganisms to feed particles and, as a result, will lead to better digestibility of feed nutrients and increase nutrient availability and productivity.

Key words: cattle, fermented feed, probiotic, bacterial starter culture, nutritional value

For citation: Sheida E.V., Kvan O.V., Grechkina V.V., Sechnev Yu.A., Kharlamov A.V. The effective significance of different options for harvesting fermented feed. *Agrarian science*. 2024; 383(6): 87–92 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-383-6-87-92>

© Sheida E.V., Kvan O.V., Grechkina V.V., Sechnev Yu.A., Kharlamov A.V.

Введение/Introduction

Производство ферментированных кормов связано с необходимостью изменения и улучшения усвояемости питательных веществ как у жвачных, так и у других животных [1]. Использование процесса ферментации для различных видов кормов, таких как пшеничная солома, соевый шрот или рапсовое семя, может повысить уровень добавок этих сельскохозяйственных отходов в рационы для животных, что позволит снизить спрос на традиционные корма и, как следствие, сократить площадь земель, используемых под засев культур при их производстве [2–4].

Цели процесса ферментации — уменьшение количества антипитательных веществ, разложение сырой клетчатки и снижение уровня лигнина для повышения усвояемости потребляемого корма, увеличение сроков хранения и использования корма.

Ферментация изменяет микробиологические и питательные свойства кормовых смесей [5] и, кроме того, как биологический метод предпочтительнее других, поскольку в данном случае образуется минимальное количество вредных побочных продуктов и требуется меньше затрат на кормопроизводство [6, 7].

Существует множество доступных методов ферментации кормов, таких как жидкая ферментация, твердая ферментация и силосование. В процессе ферментации кормовые добавки разлагаются бактериями и (или) дрожжами. Наиболее часто используемыми штаммами дрожжей являются *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhizopus oligosporus* и бактерии из групп *Lactobacillus*, *Bacillus Enterococcus* [8, 9]. Однако в случае других грибов, используемых в процессе, это в основном *Aspergillus* (например, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*). Применение этих микроорганизмов связано с их способностью продуцировать ферменты, такие как гемицеллюлаза, пектиназа, протеаза, амилаза, липаза и фитаза, а также вещества, обладающие бактериостатической активностью, такие как молочная кислота [10, 11]. Использование процесса ферментации существенно влияет на уровень содержания патогенных микроорганизмов в корме. Корма, ферментированные *Pediococcus pentosaceus* при температуре 20 °C, характеризовались сохранением *S. typhimurium* DT 104:30 в течение 72 ч., при этом инкубация в течение 48 ч. при температуре 30 °C показала отсутствие *S. typhimurium* DT 104:30. Снижение уровня этого возбудителя было вызвано не только повышением уровня молочной кислоты, но и веществами, вырабатываемыми *Pediococcus pentosaceus*, обладающими антимикробной активностью [12].

Ферментированные корма в основном используются для молодняка жвачных животных, однако некоторые их виды могут положительно влиять на микробиоту взрослых животных [13]. Примером являются данные научных исследований [14], где было показано, что включение рисовой соломы, обработанной *Aspergillus terreus*, снижает выработку метана у жвачных животных до 32%. Полученный эффект был связан с левастатином — веществом, вырабатываемым *A. terreus*, который подавляет рост *Methanobrevibacter smithii*, что приводит к снижению синтеза метана.

Однако наблюдалось повышение уровня *Ruminococcus albus*. Ингибирование роста метаногенов связано с ингибированием активности ГМГ-КоА-редуктазы в пути биосинтеза их клеточных мембран. Кроме того, этот корм характеризовался лучшей усвояемостью животными сухого вещества на 13%. С другой стороны, в

случае молодняка использование ферментированных кормовых добавок может оказать положительное влияние на рост и развитие животных. Например, ферменты дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* улучшают параметры роста телят и ускоряют развитие эпителия рубца [15]. В исследовании [16] на пшеничной соломе, которая была ферментирована с *Ganoderma*, было обнаружено, что ферменты данного рода грибов оказывают положительное влияние не только на состав корма, но и на его потребление животными. *Ganoderma* показали улучшенную усвояемость, значительное снижение содержания кислотных детергентных (КДК) и нейтрально-детергентных волокон (НДК), гемицеллюлозу, лигнин и целлюлозу через 15 дней применения. В течение этого периода наблюдалось увеличение метаболической энергии и количества летучих жирных кислот в исследуемом корме. Использование этого ферментированного корма в рационе коз способствовало увеличению потребления сухого вещества (СВ), сырого протеина (СП), общего количества питательных веществ и азота (N) по сравнению с контрольной группой [16].

Сократить потери питательных веществ при заготовке и хранении силоса, сенажа можно строгим соблюдением технологии силосования, а также применением химических или микробиологических препаратов. Однако трудности, связанные с приготовлением, хранением, транспортировкой и особенно внесением химических веществ в силосуемую массу, сдерживают их широкое применение. При химическом консервировании имеется возможность не только сократить потери кормов, но и повысить их питательную ценность и переваримость питательных веществ кормов рациона. С помощью химических препаратов можно заготавливать корма из любых кормовых культур, в том числе из трудносилосующихся и несилосующихся, любой влажности [17, 18]. При этом ежегодная закладка силоса с внесением химических препаратов составляет 8–10%.

Цель данного исследования — изучение динамики изменения питательности ценности ферментированных кормов (силоса) при использовании бактериальных заквасок «Силостан» и пробиотического препарата «Лактобифадол форте».

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования проводили в лабораторных условиях в отделе кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина ФНЦ БСТ РАН (г. Оренбург) в 2022–2023 гг., изучали влияние заквасок «Силостан» (НВП «Башинок», г. Уфа, Россия) и «Лактобифадол форте» («Компонент», Россия) (отдельно и в сочетании) на интенсивность брожения и образования органических кислот, аммиака и сохранность сухого вещества кукурузного силоса молочно-восковой спелости в сравнении с самоконсервированным кормом.

Для изучения динамики накопления органических кислот в процессе созревания лабораторный силос открывали после закладки на 90-й день хранения.

Объект исследования — кормовая добавка для силосования растительного сырья «Силостан». Содержит живые молочнокислые бактерии *Lactobacillus plantarum* 8PA3 и *Lactobacillus casei* 12 и спорообразующие бактерии *Bacillus subtilis* 11B, *Bacillus subtilis* 12B, *Bacillus subtilis* 1K. Общее количество молочнокислых бактерий

в 1 мл кормовой добавки не менее 1×10^8 КОЕ, спорообразующих бактерий — не менее 1×10^8 КОЕ¹.

«Лактобифадол форте» для КРС — пробиотик, который используют для восстановления микрофлоры и пищеварения у животных. В скотоводстве препарат применяют для всех возрастов и половых групп животных. «Лактобифадол форте» позволяет сгладить погрешности в кормлении КРС, поскольку в большом хозяйстве тяжело контролировать каждую особь. Пробиотик помогает поддерживать микрофлору пищеварительной системы КРС после лечения антибиотиками. «Лактобифадол форте» используют как профилактическое средство для высокопродуктивных животных, испытывающих проблемы с пищеварением из-за большой нагрузки на организм [19, 20].

В состав «Лактобифадола форте» входят штаммы микроорганизмов, которые составляют нормальную микрофлору КРС. В 1 г препарата содержится: *Bifidobacterium adolescentis* — не менее 8×10^7 , *Lactobacterium acidophilum* — 10^6 (биотехнологическая фирма «Компонент», г. Бугуруслан).

Схема эксперимента: ферментирующие вещества вносят при загрузке массы кукурузы сорта Росс 130 МВ (гибрид F1, ФАО 130) для силосования из расчета 1 л закваски на 150 т консервируемой массы (ООО «Семена Сибири 54», г. Новосибирск, Россия). Перед применением готовили рабочий раствор: к 1 л консервирующего вещества добавляли 9 л водопроводной воды, затем 1 л полученного раствора разводили в 60 л воды и вносили из расчета 4 л на 1 т консервируемой массы. Рабочий раствор готовили непосредственно перед закладкой и использовали в течение суток. Опрыскивание растительной массы рабочим раствором консервирующего вещества производили после равномерного распределения консервируемой массы, закладку растительной массы для ферментации производили в стеклянные банки объемом 3 л, закрывали крышками с газоотводной трубкой для замера выброса газа и фиксации окончания процесса активной ферментации. До и после ферментации была проведена оценка питательности кормовых средств по общепринятым методикам и стандартам, определяли массовую долю сухого вещества (ГОСТ 31640-2012²), сырого протеина (ГОСТ 13496.4-2019³), массовую долю сырого жира (ГОСТ 13496.15-2016⁴), массовую долю сырой клетчатки (ГОСТ 31675-2012⁵), массовую долю сырой золы (ГОСТ 26226-95⁶), кальция (ГОСТ 26570-95⁷), фосфора (ГОСТ 26657-97⁸).

Спустя 90 суток ферментации был проведен количественный учет микроорганизмов рубцовой жидкости, адгезированных на кормовых частицах [21]. Реализацию метода люминесцентного исследования осуществляли следующим образом: пробы содержимого рубца предварительно центрифугировали для отделения бактерий от простейших. Смешанные с консервирующими веществами образцы растительной массы инкубировали при температуре 38–39 °С в течение 3 ч. с последующим центрифугированием в течение 1 мин. при

500 об/мин для отделения частиц субстрата оптимального размера. Производили отбор супернатанта с последующим разведением в 10 и 100 раз в физиологическом растворе, 2 мкл подготовленной суспензии наносили на обезжиренное предметное стекло, каждый из тестируемых образцов исследовали в трех повторностях (для получения достоверно значимых результатов). В качестве флюорохрома в исследовании использовали водный раствор акридинового оранжевого (приготовление *ex tempore*) в концентрации 1 мг/мл, краситель добавляли к нанесенной капле суспензии в соотношении 1:1. Препарат накрывали покровным стеклом и исследовали с помощью люминесцентного микроскопа не более 15 мин. для одной серии одновременно приготовленных проб. Подсчет адгезированных клеток осуществляли путем определения количества живых (зеленое свечение) и мертвых (красное свечение) бактериальных клеток на поверхности частичек субстрата (не менее 10).

Полученные результаты подвергались статистической обработке с использованием программы Excel (США) с определением средней арифметической величины и ошибки средней арифметической. Для выявления статистически значимых (достоверных) различий использовали критерий Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате ферментации кормов отмечено снижение количества сухого вещества на 9%. Количество жира при силосовании кукурузы снижается на 2,5 г/кг готового продукта, количество сырого протеина — на 12,4 г/кг, сырой клетчатки — на 17,2 %. При этом отмечено увеличение уровня фосфора на 0,1 г/кг (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав кормов при силосовании, %
Table 1. Chemical composition of feed during silage, %

Наименование показателей	Зеленая масса кукурузы	Силос кукурузный (без введения закваски)
Массовая доля сухого вещества*	35,00±2,82	26,00±2,02
Массовая доля жира	1,97±0,21	1,7±0,16
Массовая доля сырого протеина*	9,31±0,54	7,75±0,55
Массовая доля сырой клетчатки*	23,30±1,43	24,78±1,24
Массовая доля сырой золы*	8,60±0,36	5,10±0,32
Массовая доля кальция*	0,48±0,01	0,36±0,01
Массовая доля фосфора*	0,140±0,001	0,220±0,001

Примечание: * результаты даны на абсолютное сухое вещество.

Различные приемы силосования зеленой массы кукурузы показали эффективность использования комплекса ферментных препаратов «Силостан» и «Лактобифадол форте» (табл. 2).

¹ <https://bf-component.ru/production/probiotik-dlya-krs/>

² ГОСТ 31640-2012 Корма. Методы определения содержания сухого вещества.

³ ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.

⁴ ГОСТ 13496.15-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира.

⁵ ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации.

⁶ ГОСТ 26226-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы.

⁷ ГОСТ 26570-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция.

⁸ ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора.

Таблица 2. Химический состав кормов, ферментированных различными способами

Table 2. Chemical composition of feed fermented in various ways

Наименование показателей	Ед. изм.	Силос кукурузный (без введения закваски)	Силос кукурузный («Силостан»)	Силос кукурузный («Силостан» + «Лактобифадол форте»)	Силос кукурузный («Лактобифадол форте»)
Массовая доля жира	%	1,71±0,02	1,89±0,02	2,00±0,01	1,89±0,01
Массовая доля сухого вещества**	%	26,0±1,3	25,6±1,4	27,0±1,6	24,9±1,4
Массовая доля сырого протеина*	%	7,75±0,04	8,88±0,06	8,13±0,04	6,5±0,02
Массовая доля сырой клетчатки*	%	24,78±2,11	22,42±1,18	22,00±1,94	26,4±2,24
Массовая доля сырой золы*	%	5,1±0,24	6,1±0,36*	5,1±0,26	5,1±0,19
Массовая доля кальция*	%	0,36±0,02	0,4±0,01	0,32±0,01	0,3±0,02
Массовая доля фосфора*	%	0,22±0,01	0,24±0,01	0,22±0,01	0,2±0,01
Кормовые единицы**	к. ед. / кг	0,21±0,01	0,22±0,01	0,23±0,01	0,2±0,01
Обменная энергия	МДж/кг	2,41±0,18	2,42±0,21	2,54±0,24	2,34±0,20

Примечание: * результаты даны в сухом веществе, ** результаты на натуральную влажность.

Так, при использовании данного комплекса препаратов отмечено увеличение массовой доли сырого жира (СЖ), сырого протеина (СП) на 1%, 0,3%, 0,4%, соответственно, но при этом отмечено снижение сырой клетчатки на 2,8% при сравнении с образцом силоса, ферментированного без использования заквасок. При этом в 1 кг силоса, заготовленного без включения заквасок, уровень обменной энергии составил 2,41 МДж, а при использовании комплекса «Силостан» + «Лактобифадол форте» — 2,54 МДж. Использование закваски «Силостан» оказалось менее эффективным, чем в комплексе с «Лактобифадалом форте», однако относительно образца силоса без закваски оказался лучше в плане содержания СЖ и СП, а также массовой доли кальция и фосфора.

Динамика изменения кислотного состава силоса показывает, что увеличение массовой доли кислот было больше в силосе с использованием комплекса «Силостан» + «Лактобифадол форте». Относительно образца силоса, приготовленного без использования закваски, в данном опытном образце содержание молочной кислоты было выше на 9,5% (табл. 3).

На основании полученных данных установлено, что процессы ферментации при заготовке корма увеличивают адгезию микроорганизмов из биоценозов содержимого рубца крупного рогатого скота к кормовому субстрату (табл. 4, рис. 2).

Полученные результаты показывают, что наиболее выраженная адгезия бактерий к кормовым частицам происходит при использовании в процессе силосования бактериальных заквасок, что связано с воздействием консервирующих препаратов на химическую и физическую структуру корма. Так, отмечено, что при использовании комплекса «Силостан» + «Лактобифадол форте» количество адгезированных бактерий к частицам корма было выше, чем в образце без

Таблица 4. Адгезия бактерий рубцовой жидкости к частицам кормов при различных способах силосования

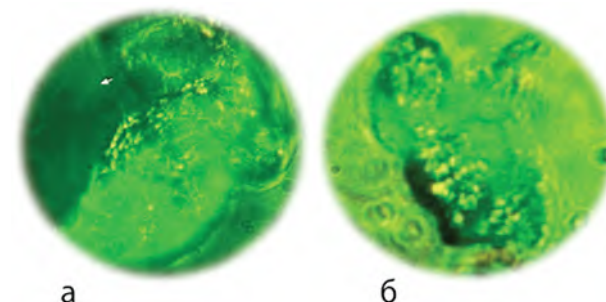
Table 4. Adhesion of bacteria of scar fluid to feed particles in various silage methods

Вариант кормового продукта	Количество адгезированных бактерий, шт. / частицу корма
Силос кукурузный (без введения закваски)	18,4±0,78
Силос кукурузный («Силостан»)	21,1±0,87*
Силос кукурузный («Силостан» + «Лактобифадол форте»)	24,2±0,61**
Силос кукурузный («Лактобифадол форте»)	22,4±0,55*

Примечание: * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$ при сравнении с образцом без использования закваски.

Рис. 2. Адгезия микроорганизмов к частице субстрата (окраска акридиновым оранжевым): А — образец с использованием закваски, Б — образец без использования закваски

Fig. 2. Adhesion of microorganisms to a substrate particle (coloring with acridine orange): A — sample using starter culture, B — sample without using starter culture



введения закваски, на 31,5% ($p \leq 0,01$), при использовании «Силостана» данный показатель был выше на 14,7% ($p \leq 0,01$), а при использовании «Лактобифадола форте» — на 21,7% ($p \leq 0,01$) относительно образца без закваски.

Таблица 3. Изменение кислотности силоса, %

Table 3. Changing the acidity of the silage, %

Вариант силоса	pH	Содержание молочной кислоты в общем количестве (молочной, уксусной и масляной кислот)	Массовая доля масляной кислоты	Массовая доля сахаров	Массовая доля крахмала
Силос кукурузный (без введения закваски)	4,3	40,5	0,03	1,7	5,6
Силос кукурузный («Силостан»)	4,3	38,5	0,01	1,7	3,8
Силос кукурузный («Силостан» + «Лактобифадол форте»)	4,3	50,0	0,01	1,7	4,9
Силос кукурузный («Лактобифадол форте»)	4,3	33,3	0,01	2,0	4,2

Выводы/Conclusions

Таким образом, можно отметить, что приготовление кукурузного силоса с внесением комплексной бактериальной закваски «Силостан» + «Лактобифадол форте» способствует лучшей сохранности в кормовом продукте сухого вещества на 1%, питательных веществ (в частности, сырого жира) — на 0,3%, сырого протеина — на 0,4%.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 23-16-00061.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Michalak M., Wojnarowski K., Cholewińska P., Szeligowska N., Baweł M., Paoń J. Selected Alternative Feed Additives Used to Manipulate the Rumen Microbiome. *Animals*. 2021; 11(6): 1542. <https://doi.org/10.3390/ani11061542>
- Herlinae H., Yemima Y., Rumiasih R. Pengaruh Aditif EM4 dan Gula Merah Terhadap Karakteristik Silase Rumpun Gajah (*Pennisetum purpureum*). *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*. 2015; 4(1): 27–30.
- Nega T., Woldes Y. Review on nutritional limitations and opportunities of using rapeseed meal and other rape seed by products in animal feeding. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*. 2018; 8(1): 43–48. <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2018.08.00254>
- Бондарчук О.Н., Ермолаев В.А. Ферментация пищевых отходов. Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы. Материалы VIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 20-летию юбилею академии. Кемерово: Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия. 2022; 115–117. <https://elibrary.ru/ukcfew>
- Wang C., Shi C., Zhang Y., Song D., Lu Z., Wang Y. Microbiota in fermented feed and swine gut. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2018; 102(7): 2941–2948. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-8829-4>
- Canibe N., Jensen B.B. Fermented liquid feed — Microbial and nutritional aspects and impact on enteric diseases in pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 2012; 173(1–2): 17–40. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2011.12.021>
- Кулишов Б.А., Туан Л.А., Канарский А.В. Утилизация отходов переработки растительного сырья в биореакторах для твердофазной ферментации. *Вестник Технологического университета*. 2015; 18(3): 286–290. <https://elibrary.ru/tjummh>
- Dai Z. et al. Fermentation techniques in feed production. Bazer F.W., Lamb G.C., Wu G. (eds.). *Animal Agriculture, Sustainability, Challenges and Innovations*. Academic Press. 2020; 407–429. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00024-0>
- Basu S., Gaur R., Gomes J., Sreekrishnan T.R., Bisaria V.S. Effect of seed culture on solid-state bioconversion of wheat straw by *Phanerochaete chrysosporium* for animal feed production. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2002; 93(1): 25–30.
- Shrivastava B., Thakur S., Khata Y.P., Gupta A., Puniya A.K., Kuhad R.C. White-rot fungal conversion of wheat straw to energy rich cattle feed. *Biodegradation*. 2011; 22(4): 823–831. <https://doi.org/10.1007/s10532-010-9408-2>
- Chi C.-H., Cho S.-J. Improvement of bioactivity of soybean meal by solid-state fermentation with *Bacillus amyloliquefaciens* versus *Lactobacillus* spp. and *Saccharomyces cerevisiae*. *LWT — Food Science and Technology*. 2016; 68(9): 619–625. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.002>
- Shi C. et al. Amino acid, phosphorus, and energy digestibility of *Aspergillus niger* fermented rapeseed meal fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*. 2015; 93(6): 2916–2925. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8326>
- Canibe N., Højberg O., Badsberg J.H., Jensen B.B. Effect of feeding fermented liquid feed and fermented grain on gastrointestinal ecology and growth performance in piglets. *Journal of Animal Science*. 2007; 85(11): 2959–2971. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-744>
- Brooks P.H. Fermented liquid feed for pigs. *CABI Reviews*. 2008; (3): 073. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20083073>
- Kiesz M.E. Efektywność stosowania fermentowanej poekstrakcyjnej śruty sojowej lub (i) rzepakowej w żywieniu łoch i warchlaków. Autoreferat pracy doktorskiej. Lublin. 2019; 28.
- Ran T., Gomaa W.M.S., Shen Y.Z., Saleem A.M., Yang W.Z., McAllister T.A. Use of naturally sourced feed additives (lactobacillus fermentation products and enzymes) in growing and finishing steers: Effects on performance, carcass characteristics and blood metabolites. *Animal Feed Science and Technology*. 2019; 254: 114190. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2019.05.013>

Использование кукурузного силоса с внесением заквасок по сравнению с самоконсервированием в питании крупного рогатого скота увеличивает адгезию микроорганизмов рубца на кормовых частицах на 31,5% и, как следствие, приведет к лучшей переваримости питательных компонентов корма и увеличению доступности питательных веществ и продуктивности.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 23-16-00061.

REFERENCES

- Michalak M., Wojnarowski K., Cholewińska P., Szeligowska N., Baweł M., Paoń J. Selected Alternative Feed Additives Used to Manipulate the Rumen Microbiome. *Animals*. 2021; 11(6): 1542. <https://doi.org/10.3390/ani11061542>
- Herlinae H., Yemima Y., Rumiasih R. Effect of Additives EM4 and Palm Sugar on The Characteristics of Elephant Grass (*Pennisetum purpureum*) Silage. *Journal of Tropical Animal Science*. 2015; 4(1): 27–30 (in Indonesian).
- Nega T., Woldes Y. Review on nutritional limitations and opportunities of using rapeseed meal and other rape seed by products in animal feeding. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*. 2018; 8(1): 43–48. <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2018.08.00254>
- Bondarchuk O.N., Ermolaev V.A. Food waste fermentation. *Actual scientific and technical means and agricultural problems. Proceedings of the VIII National Scientific and Practical conference with international participation dedicated to the 20th anniversary of the Academy*. Kemerovo: Kuzbass State Agricultural Academy. 2022; 115–117 (in Russian). <https://elibrary.ru/ukcfew>
- Wang C., Shi C., Zhang Y., Song D., Lu Z., Wang Y. Microbiota in fermented feed and swine gut. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2018; 102(7): 2941–2948. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-8829-4>
- Canibe N., Jensen B.B. Fermented liquid feed — Microbial and nutritional aspects and impact on enteric diseases in pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 2012; 173(1–2): 17–40. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2011.12.021>
- Kulishov B.A., Tuan L.A., Kanarsky A.V. Utilization of waste from processing plant raw materials in bioreactors for solid-phase fermentation. *Herald of Technological University*. 2015; 18(3): 286–290 (in Russian). <https://elibrary.ru/tjummh>
- Dai Z. et al. Fermentation techniques in feed production. Bazer F.W., Lamb G.C., Wu G. (eds.). *Animal Agriculture, Sustainability, Challenges and Innovations*. Academic Press. 2020; 407–429. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00024-0>
- Basu S., Gaur R., Gomes J., Sreekrishnan T.R., Bisaria V.S. Effect of seed culture on solid-state bioconversion of wheat straw by *Phanerochaete chrysosporium* for animal feed production. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2002; 93(1): 25–30.
- Shrivastava B., Thakur S., Khata Y.P., Gupta A., Puniya A.K., Kuhad R.C. White-rot fungal conversion of wheat straw to energy rich cattle feed. *Biodegradation*. 2011; 22(4): 823–831. <https://doi.org/10.1007/s10532-010-9408-2>
- Chi C.-H., Cho S.-J. Improvement of bioactivity of soybean meal by solid-state fermentation with *Bacillus amyloliquefaciens* versus *Lactobacillus* spp. and *Saccharomyces cerevisiae*. *LWT — Food Science and Technology*. 2016; 68(9): 619–625. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.002>
- Shi C. et al. Amino acid, phosphorus, and energy digestibility of *Aspergillus niger* fermented rapeseed meal fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*. 2015; 93(6): 2916–2925. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8326>
- Canibe N., Højberg O., Badsberg J.H., Jensen B.B. Effect of feeding fermented liquid feed and fermented grain on gastrointestinal ecology and growth performance in piglets. *Journal of Animal Science*. 2007; 85(11): 2959–2971. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-744>
- Brooks P.H. Fermented liquid feed for pigs. *CABI Reviews*. 2008; (3): 073. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20083073>
- Kiesz M.E. The effectiveness of fermented soybean meal and (or) rapeseed meal in sows and weaners feeding. Summary of PhD thesis. Lublin. 2019; 28 (in Polish).
- Ran T., Gomaa W.M.S., Shen Y.Z., Saleem A.M., Yang W.Z., McAllister T.A. Use of naturally sourced feed additives (lactobacillus fermentation products and enzymes) in growing and finishing steers: Effects on performance, carcass characteristics and blood metabolites. *Animal Feed Science and Technology*. 2019; 254: 114190. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2019.05.013>

17. Azlan P.M., Jahromi M.F., Ariff M.O., Ebrahimi M., Candyrine S.C.L., Liang J.B. *Aspergillus terreus* treated rice straw suppresses methane production and enhances feed digestibility in goats. *Tropical Animal Health and Production*. 2018; 50(3): 565–571. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1470-x>

18. Lesmeister K.E., Heinrichs A.J., Gabler M.T. Effects of Supplemental Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Culture on Rumen Development, Growth Characteristics, and Blood Parameters in Neonatal Dairy Calves. *Journal of Dairy Science*. 2004; 87(6): 1832–1839. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73340-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73340-8)

19. Ласыгина Ю.А. Влияние «Лактобифадола форте» на мясную продуктивность и качество мяса бычков симментальской породы. *Разработка и освоение инноваций в животноводстве. Материалы Международной научно-практической конференции*. Оренбург: Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства. 2013; 103–105. <https://elibrary.ru/rxhbp>

20. Shrivastava B. et al. Solid state bioconversion of wheat straw into digestible and nutritive ruminant feed by *Ganoderma* sp. rckk02. *Bioresource Technology*. 2012; 107: 347–351. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.12.096>

21. Кондакова К.С., Япрынцева Е.В., Дроздова Е.А., Курилкина М.Я. Зависимость адгезивной активности микроорганизмов рубца и переваримости кормов от внесения минеральных добавок. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2011; (15): 67–70. <https://www.elibrary.ru/oydeyf>

17. Azlan P.M., Jahromi M.F., Ariff M.O., Ebrahimi M., Candyrine S.C.L., Liang J.B. *Aspergillus terreus* treated rice straw suppresses methane production and enhances feed digestibility in goats. *Tropical Animal Health and Production*. 2018; 50(3): 565–571. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1470-x>

18. Lesmeister K.E., Heinrichs A.J., Gabler M.T. Effects of Supplemental Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Culture on Rumen Development, Growth Characteristics, and Blood Parameters in Neonatal Dairy Calves. *Journal of Dairy Science*. 2004; 87(6): 1832–1839. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73340-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73340-8)

19. Lasygina Yu.A. The effect of “Lactobifadol forte” on meat productivity and meat quality of Simmental bulls. *Development and adoption of innovations in animal husbandry. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Orenburg: All-Russian Research Institute of Meat Cattle Breeding. 2013; 103–105 (in Russian). <https://elibrary.ru/rxhbp>

20. Shrivastava B. et al. Solid state bioconversion of wheat straw into digestible and nutritive ruminant feed by *Ganoderma* sp. rckk02. *Bioresource Technology*. 2012; 107: 347–351. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.12.096>

21. Kondakova Ch.S., Yapryntseva E.V., Drozdova E.A., Kurilkina M.Ya. The dependence of adhesive activity rumen bacteria and digestibility from making mineral supplements. *Vestnik of the Orenburg State University*. 2011; (15): 67–70 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/oydeyf>

ОБ АВТОРАХ

Елена Владимировна Шейда^{1, 2}

¹ кандидат биологических наук, научный сотрудник

² кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
elena-shejda@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2586-613>

Ольга Вилориевна Кван^{1, 2}

¹ кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, и. о. заведующего отделом кормления

² кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
kwan111@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Виктория Владимировна Гречкина^{1, 3}

кандидат биологических наук

¹ доцент кафедры незаразных болезней животных

³ и. о. заведующего лабораторией

Viktoria1985too@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1159-0531>

Юрий Андреевич Сечнев¹

аспирант

y.sechnev@outlook.com

<https://orcid.org/0009-0009-5920-1185>

Анатолий Васильевич Харламов¹

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

harlamov52@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9477-6568>

¹ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия

² Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, Оренбург, 460018, Россия

³ Оренбургский государственный аграрный университет, ул. Челюскинцев, 18, Оренбург, 460014, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Elena Vladimirovna Sheida^{1, 2}

¹ Candidate of Biological Sciences, -Researcher

² Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
elena-shejda@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2586-613>

Olga Vilorievna Kvan^{1, 2}

¹ Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Acting Head of the Feeding Department

² Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
kwan111@yandex.ru,

<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Victoria Vladimirovna Grechkina^{1, 3}

Candidate of Biological Sciences

¹ Associate Professor of the Department of Non-Infectious Animal Diseases

² Acting Head of the laboratory

Viktoria1985too@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1159-0531>

Yuri Andreevich Sechnev¹

Postgraduate Student

y.sechnev@outlook.com

<https://orcid.org/0009-0009-5920-1185>

Anatoly Vasilyevich Kharlamov¹

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

harlamov52@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9477-6568>

¹ Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9th January Str., Orenburg, 460000, Russia

² Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russia

³ Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev Str., Orenburg, 460014, Russia