

Е.В. Шейда^{1, 2} ✉Г.К. Дускаев¹С.А. Мирошников¹И.С. Мирошников¹

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

² Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

✉ elena-shejjda@mail.ru

Поступила в редакцию: 01.10.2024

Одобрена после рецензирования: 10.02.2025

Принята к публикации: 24.02.2025

© Шейда Е.В., Дускаев Г.К., Мирошников С.А., Мирошников И.С.

Elena V. Sheida^{1, 2} ✉Galimzhan K. Duskaev¹Sergey A. Miroshnikov¹Ivan S. Miroshnikov¹

¹ Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

² Federal State Educational Institution of Higher Education Orenburg State University, Orenburg, Russia

✉ elena-shejjda@mail.ru

Received by the editorial office: 01.10.2024

Accepted in revised: 10.02.2025

Accepted for publication: 24.02.2025

© Sheida E.V., Duskaev G.K., Miroshnikov S.A., Miroshnikov I.S.

Ферментация в рубце и эффективность использования питательных компонентов корма при включении в рацион жвачных ферментированных кормов

РЕЗЮМЕ

Проведена оценка метаболических параметров в рубце и эффективность преобразования питательных компонентов корма при использовании в рационе бычков ферментированного кормового субстрата (лузги подсолнечника).

Исследование проводили методом *in vivo*. Объект исследования — бычки казахской белоловой породы с хронической фистулой рубца в возрасте 11–12 месяцев. В качестве испытуемого растительного субстрата использовали отходы маслоперерабатывающих предприятий — подсолнечную лузгу, подвергнутую механическому измельчению и ферментации в биореакторе в течение 9 суток. Уровень ЛЖК в содержимом рубца определялся методом газовой хроматографии. Определение химического состава испытуемых субстратов осуществлялось по общепринятым методикам и ГОСТам.

Непрерывная ферментация характеризуется повторным использованием агропромышленных отходов в качестве кормовых продуктов для сельскохозяйственных животных. Правильный выбор культуральной среды, субстрата и режимов культивирования способствует улучшению качества кормовых продуктов, в частности увеличению белка на 2,8 г и снижению клетчатки до 20,5%, а также увеличению течения метаболических процессов в рубце, в частности повышению общего уровня ЛЖК на 30,8% и общего азота на 16,8%, что способствовало увеличению переваримости сухого вещества корма на 9,8% ($p \leq 0,05$), сырой клетчатки на 18,4% ($p \leq 0,01$) и сырой золы на 4,7% ($p \leq 0,05$).

Ключевые слова: ферментация, биореактор, лузга подсолнечника, переваримость, рубцовое пищеварение, анализ крови, крупный рогатый скот

Для цитирования: Шейда Е.В., Дускаев Г.К., Мирошников С.А., Мирошников И.С. Ферментация в рубце и эффективность использования питательных компонентов корма при включении в рацион жвачных ферментированных кормов. *Аграрная наука*. 2025; 392(03): 90–96.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-392-03-90-96>

Fermentation in the rumen and the effectiveness of the use of nutritious feed components when ruminant fermented feeds are included in the diet

ABSTRACT

The assessment of metabolic parameters in the rumen and the efficiency of the conversion of nutrient components of the feed when using fermented feed substrate (sunflower husk) in the diet of bull calves was carried out.

The study was performed using the *in vivo* method. The object of the study is Kazakh white-headed bull calves with chronic scar fistula, aged 11–12 months. Waste from oil processing enterprises was used as the test plant substrate — sunflower husk, subjected to mechanical grinding and fermentation in a bioreactor for 9 days, the level of VFA in the contents of the rumen was determined by gas chromatography. The chemical composition of the tested substrates was determined according to generally accepted methods and GOST standards.

Continuous fermentation is characterized by the reuse of agro-industrial waste as feed products for farm animals. The correct choice of culture medium, substrate and cultivation modes improves the quality of feed products, in particular, an increase in protein by 2.8 g and a decrease in fiber by up to 20.5%, as well as an increase in the course of metabolic processes in the rumen, in particular, an increase in the total level of LDL by 30.8% and total nitrogen by 16.8%, which contributed to an increase in the digestibility of dry matter feed by 9.8% ($p < 0.05$), crude fiber by 18.4% ($p < 0.01$) and crude ash by 4.7% ($p < 0.05$).

Key words: cattle, artificial rumen, bioreactor, flaxseed cake, metabolites, rumen biomass

For citation: Sheida E.V., Duskaev G.K., Miroshnikov S.A., Miroshnikov I.S. Fermentation in the rumen and the effectiveness of the use of nutritious feed components when ruminant fermented feeds are included in the diet. *Agrarian science*. 2025; 392(03): 90–96 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-392-03-90-96>

Введение/Introduction

Корма, употребляемые жвачными животными, такими как крупный рогатый скот и овцы, остаются в рубце в течение относительно длительного периода времени. При этом они умеренно перемешиваются перистальтическими движениями, ферментируются под действием различных микроорганизмов и ферментов и усваиваются в виде питательных веществ [1]. Однако когда содержание твердых волокнистых материалов в кормах слишком высокое или низкое, то ферментация не всегда может происходить эффективно, что создает различные проблемы. Следовательно, при кормлении жвачных животных различными кормами необходимо тщательно осуществлять подбор ингредиентов и состав питательных веществ в них.

Кроме того, требуется, чтобы корма не только содержали достаточное количество твердых волокнистых материалов, но и были легкоусвояемыми. Трава на пастбище и сено являются подходящими кормами, содержащими клетчатку, но в некоторых случаях их можно заменить отходами пищевых производств, некоторые из которых сравнительно легко усваиваются жвачными животными [2].

Однако из-за недавнего дефицита и роста цен на кормовые ресурсы в животноводстве стало желательным использовать в качестве кормов различные растительные волокна, такие как лузга, шелуха, опилки, которые ранее не использовались в качестве кормов для скота. С этой целью предпринималось много попыток [3, 4], но на сегодняшний день использование таких растительных волокон в качестве корма для скота оказалось непрактичным, поскольку они трудноперевариваемые [5]. Таким продуктом, например, является корм, приготовленный из древесных опилок и ферментированный с помощью *Bacillus subtilis*. Полученный таким образом кормовой продукт обладает лучшими вкусовыми качествами и может использоваться вместе с травой для увеличения кормовой базы.

Однако данным кормам не хватает питательной ценности, поскольку их перевариваемость остается такой же низкой, как у опилок, из которых они производятся. Кроме того, полученный таким образом корм является дорогостоящим, поскольку ферментация опилок занимает значительный период времени и требует сложной операции смешивания и специального устройства [6].

Помимо того, известен другой способ приготовления кормов, при котором трудногидролизуемые растительные волокнистые материалы, такие как рисовая шелуха, обрабатывают аммиаком при высоком давлении в диапазоне примерно от 80 до 100 атм. для разрушения их волокнистой

структуры [7]. Но данный способ оказался не очень эффективным, поскольку требует наличия специального крупногабаритного оборудования, способного выдерживать необычно высокую температуру и давление.

Возможно производить готовые комбикорма для скота путем смешивания различных кормов с вышеупомянутыми трудноперевариваемыми растительными волокнами. Однако серьезным недостатком остается низкая питательная ценность, поэтому необходима разработка технологии предварительной подготовки кормов к скармливанию для увеличения эффективности их использования.

Шелуха подсолнечника содержит: 4% сырого белка; 5% липидного материала, включая воск, углеводороды, жирные кислоты, стеринны и три-терпеновые спирты; 50% углеводов, в основном целлюлозы и лигнина; 26% редуцирующих сахаров, из которых большинство составляет ксилоза; 2% золы. Из-за высокого содержания в шелухе грубой клетчатки и низкого содержания белка и энергии данный продукт имеет незначительную питательную ценность [8], и для эффективности ее использования в рационах для животных необходима специальная подготовка к скармливанию, в частности ферментативный или химический гидролиз [9].

Цель исследования — дать оценку изменения метаболических процессов в организме бычков и эффективность использования питательных веществ при включении в рацион жвачных ферментированных кормов.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Работа была проведена с 03.2023 по 08.2024 г. на базе отдела кормления и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина и лаборатории биологических испытаний и экспертиз Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург).

Объект исследования — бычки казахской бело-головой породы с хронической фистулой рубца в возрасте 11–12 месяцев.

В качестве испытуемого растительного субстрата использовали отходы маслоперерабатывающих предприятий — подсолнечную лузгу, подвергнутую механическому измельчению и ферментации в биореакторе в течение 9 суток (рис. 1).

Обслуживание животных и экспериментальные исследования выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов¹. При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

¹ Модельный закон Межпарламентской ассамблеи государств — участников Содружества Независимых Государств «Об обращении с животными», ст. 20 (Постановление Межпарламентской ассамблеи государств — участников СНГ от 31.10.2007 № 29-17), Руководство по работе с лабораторными животными. http://fncbst.ru/?page_id=3553

Схема эксперимента. В ходе проведения опыта животные методом групп-аналогов были разделены: I группа получала основной рацион (ОР) и подсолнечную лузгу (механически измельченную), II группа — ОР и подсолнечную лузгу (подвергнутую ферментации в течение 9 суток в биореакторе при $t = 39\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 6,8\text{--}6,9$). Лузгу бычкам I и II групп вводили в рацион совместно с концентрированной частью корма, заменяя 10% по объему от количества концентрированных кормов.

При кормлении бычков использовали рационы, в состав которых входили: сено разнотравное луговое — 42,4–43,2%, силос кукурузный — 17,6–18,9%, зерновая смесь дробленая (пшеница/ячмень) — 38,2–39,0%. Рационы для животных были сформированы по потребности в питательных веществах и энергии².

Лабораторные исследования рубцовой жидкости проводили в Федеральном научном центре биологических систем и агротехнологий Российской академии наук: уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М» (СКБ «Хроматек», Россия), формы азота — по ГОСТ 26180-84³, ГОСТ 13496.4-2019⁴.

Переваримость корма оценивали в течение 7 дней в процессе проведения балансовых опытов и учитывали количество потребленного животными корма, несъеденные остатки, количество выделенного кала. Коэффициент переваримости (КП) рассчитывали в процентах как отношение переваренных питательных веществ к принятым питательным веществам. В кале и кормах анализировали содержание питательных веществ — сухого вещества, сырого протеина, сырого жира, содержание золы в соответствии с рекомендациями⁵.

В кормах и кале определяли массовую долю сухого вещества⁶, сырого протеина⁷, жира⁸, сырой клетчатки⁹, сырой золы¹⁰.

Биохимический анализ сыворотки крови проводили в лаборатории «Агроэкология техногенных наноматериалов» (ФНЦ БСТ РАН) на автоматическом анализаторе CS-T240 (DIRUI Industrial Co., Ltd, Китай) с коммерческими наборами (ЗАО «ДИАКОН-ДС», Россия). Отбор проб крови — по окончании эксперимента из подхвостовой вены (с утра до кормления) в вакуумные пробирки с активатором свертывания (XINLE, Китай).

Данные были обработаны с помощью программы SPSS Statistics 20 («IBM», США), рассчитывали средние (M), среднеквадратичные отклонения ($\pm\sigma$), ошибки стандартного отклонения ($\pm SE$). Для сравнения вариантов использовали непараметрический метод анализа. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Биореакторы обладают огромным потенциалом для применения в производстве сельскохозяйственных кормовых продуктов из альтернативных субстратов. Этот метод обработки отходов очень эффективен для утилизации антипитательных веществ. Ферментация трудногидролизуемых отходов пищевых производств значительно повышает качество ферментированных продуктов перед включением в конечный рацион.

Для лучшего разложения кормовых субстратов предпочтительна загрузка в биореактор одного субстрата [10]. Ферментирование лузги подсолнечника в биореакторе в течение 15 суток показало, что уровень сухого вещества на 1-е сутки снижался на 24,5% ($p \leq 0,05$), к 5-м суткам — на 27,3% ($p \leq 0,05$), к 9-м суткам — на 28,5% ($p \leq 0,05$). Дальнейшее разложение лузги (до 15-х суток) не показало значимого исчезновения питательных компонентов субстрата.

Достаточно эффективна деградация сырой клетчатки, ее содержание в кормовом субстрате при ферментации в течение 9 суток снижалось с 16,0 до 20,5% ($p \leq 0,05$) относительно нативного образца. Улучшение кормов методом ферментации включает среди прочего увеличение содержания белка на 2,8 г, а также улучшение усвояемости их для животных [11].

Понимание метаболизма в рубце имеет центральное значение и является необходимым условием для удовлетворения потребностей животного в питательных веществах и энергии [12].

Использование ферментированной лузги подсолнечника в рационе бычков казахской белоголовой породы при включении в рацион в количестве 10% с заменой по объему показало увеличение концентрации летучих жирных кислот в рубце: уксусной — на 32,1% ($p \leq 0,01$), пропионовой — на 33,8% ($p \leq 0,01$), масляной — на 29,9% ($p \leq 0,05$), валерьяновой — на 24,1% ($p \leq 0,05$) (рис. 1).

² Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А.П. Калашников, В.И. Фисинин, В.В. Щеглов и др. 3-е изд. (перераб. и доп.). М.: Знание. 2003; 456.

ISBN 5-94587-093-5, EDN PXQMHL

³ ГОСТ 26180-84 Корма. Методы определения аммиачного азота и активной кислотности (pH).

⁴ ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.

⁵ Ассоциация аналитических сообществ АОАС, 1995 г.; Пособие для проведения научно-исследовательских работ в зоотехнии: учебно-методическое пособие / В.И. Левахин, Н.А. Балакирев, А.В. Харламов и др. М.; Оренбург: Изд-во ВНИИМС. 2016; 227. ISBN 978-5-906723-14-7

⁶ ГОСТ 31640-2012 Корма. Методы определения содержания сухого вещества.

⁷ ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.

⁸ ГОСТ 13496.15-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира.

⁹ ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации.

¹⁰ ГОСТ 26226-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы.

Микробиота рубца представляет собой сложную экосистему, метаболическая активность которой отвечает за метаболизм в рубце, включая переработку азота внутрируминально [13]. Включение в рацион ферментированного корма повышало содержание в рубце метаболитов азота, в частности общего, белкового и небелкового, на 16,8% ($p \leq 0,05$), 13,2% и 26,3% ($p \leq 0,05$) соответственно, что увеличивает долю пищевого протеина для животного (табл. 1). Снижение концентрации мочевиного азота на 26,6% ($p \leq 0,01$) в рубцовой жидкости бычков II группы указывает на снижение потерь азота из рубца [14, 15].

Изменение структуры рациона может повлиять на определенные группы микроорганизмов, разлагающих аммиак [16]. В рационах, содержащих трудногидролизуемые углеводы и менее доступную энергию, увеличиваются процессы дезаминирования в рубце, что сопровождается достоверным увеличением аммиачного азота в 2,3 раза ($p \leq 0,01$) и может способствовать большему образованию парниковых газов [17].

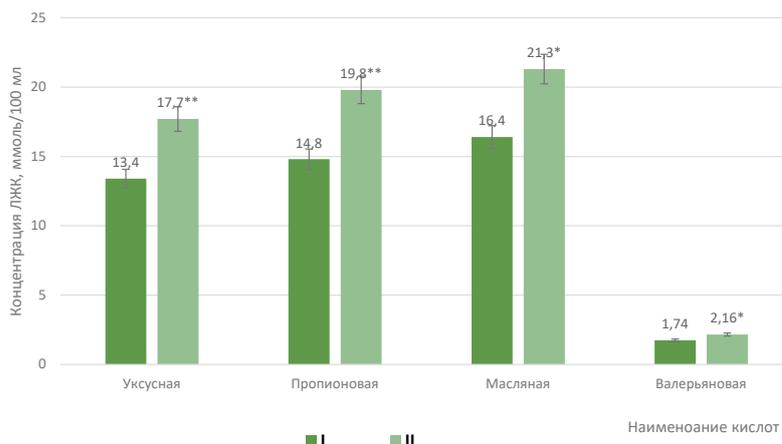
Содержащиеся в составе лузги подсолнечника волокнистые трудноперевариваемые компоненты (лигнинцеллюлозы), подвергающиеся предварительному разложению в биореакторе или микробной ферментации, являются более доступными в организме животных по сравнению с включением данных кормовых продуктов в рацион жвачных в нативном измельченном виде [18, 19]. В результате установлено повышение переваримости сухого вещества корма на 9,8% ($p \leq 0,05$), сырой клетчатки на 18,4% ($p \leq 0,01$), сырой золы на 4,7% ($p \leq 0,05$) у бычков II группы при сравнении с I (табл. 2).

Биохимический анализ крови показал, что использование в рационе лузги подсолнечника в измельченном и ферментированном видах не оказывало существенного влияния на параметры крови, все они находились в пределах физиологической нормы (рис. 2). У бычков II группы отмечено усиление липидного обмена, что сопровождалось увеличением показателей триглицеридов, холестерина и билирубина, соответственно, на 112,5% ($p \leq 0,001$), 32,4% ($p \leq 0,01$) и 53,6% ($p \leq 0,001$) относительно I группы.

От интенсивности белкового и углеводного обмена в организме зависят функциональное состояние и резистентность, при этом объективными критериями оценки метаболизма являются такие биохимические параметры, как концентрация общего белка и глюкозы.

При нарушении белкового обмена иммунная система не способна осуществлять эффективную

Рис. 1. Уровень летучих жирных кислот в рубцовой жидкости при использовании ферментированной лузги подсолнечника, ммоль / 100 мл
Fig. 1. The level of volatile fatty acids in the rumen fluid when using fermented sunflower husk, mmol / 100 ml



Примечание: достоверность показана относительно I образца — * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$.

Таблица 1. Содержание азотистых фракций в содержимом рубца при использовании ферментированной лузги подсолнечника, ммоль/л
Table 1. The content of the nitrogen fraction in the composition of ruminant and follicular enzymes of helianthus, mmol/l

| Формы азота | Ед. изм. | Группа | |
|-------------|----------|-----------------|-------------------|
| | | I | II |
| Общий | мг/% | 91,20 ± 3,54 | 106,52 ± 6,01* |
| Белковый | мг/% | 66,51 ± 2,12 | 75,30 ± 3,06 |
| Небелковый | мг/% | 24,72 ± 1,04 | 31,22 ± 1,12* |
| Мочевинный | мг/% | 5,63 ± 0,62 | 4,13 ± 0,54** |
| Аммиачный | % | 0,0018 ± 0,0001 | 0,0042 ± 0,0002** |

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

Таблица 2. Коэффициенты переваримости питательных компонентов корма при использовании ферментированной лузги подсолнечника в рационе бычков, %
Table 2. Coefficients of digestibility of nutritious feed components when using fermented sunflower husk in the diet of bull calves, %

| Показатель | Группы | |
|-----------------------|------------|--------------|
| | I | II |
| Сухое вещество | 53,1 ± 2,1 | 62,9 ± 3,3* |
| Органическое вещество | 56,2 ± 1,9 | 66,1 ± 3,5 |
| Сырой протеин | 64,6 ± 3,4 | 70,8 ± 3,6 |
| Сырая клетчатка | 46,2 ± 1,6 | 64,6 ± 2,4** |
| Сырая зола | 36,6 ± 1,2 | 46,8 ± 1,3* |
| Сырой жир | 64,7 ± 3,2 | 69,4 ± 2,8 |

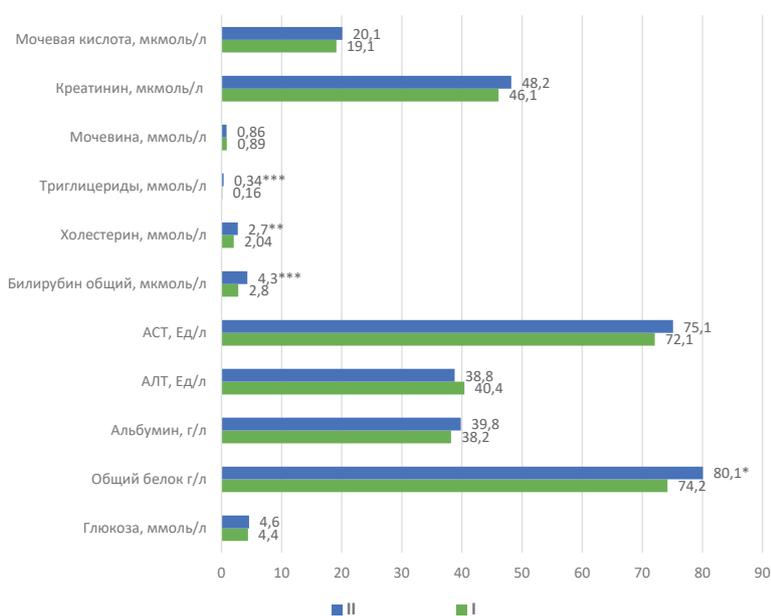
Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

защиту от потенциально болезнетворных агентов, а также при снижении активности белкового обмена теряется и реализация продуктивного потенциала. Основными показателями белкового обмена являются общий белок и альбумин, в опытной II группе отмечено увеличение данных показателей на 8,0% ($p \leq 0,05$) и 4,2% относительно I группы.

Глюкоза является основным показателем состояния углеводного обмена, а также главным

Рис. 2. Изменение биохимических показателей крови при введении ферментированной лузги подсолнечника в рацион бычков приравнивании с I группой, %

Fig. 2. Changes in blood biochemical parameters after the introduction of fermented sunflower husk in the diets of bull calves when compared with group I, %



Примечание: * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$ при сравнении с контрольной группой.

источником энергии для организма животных. От наличия в рационах жвачных легкоусвояемых углеводов зависит уровень глюкозы в крови животных, а при снижении уровня данного показателя, соответственно, происходит угнетение окислительно-восстановительных процессов в организме животных. Анализ уровня данного показателя в сыворотке крови опытных бычков показал, что у животных I группы он был в пределах нижней границы нормы — $2,8 \pm 0,19$ г/л, а у бычков II группы уровень глюкозы увеличивался на 4,5%.

Содержание азотсодержащих продуктов (мочевина — главного конечного продукта белкового обмена) в крови определяет уровень поддержания гомеостаза. Снижение концентрации мочевины на 3,4% во II опытной группе свидетельствует

о повышенном синтезе белка, что может рассматриваться как прогноз увеличения продуктивности.

Введение в рацион бычков ферментированной лузги подсолнечника оказало определенное влияние и на функциональную активность ряда ферментов крови. У животных II группы при сравнении с I группой активность ферментов трансаминирования АСТ повышалась (на 4,2%), при этом активность АЛТ, напротив, снижалась — на 4,0%.

Однако следует отметить, что уровень данных ферментов в сыворотке крови животных обеих опытных групп был на нижней границе нормы, что, возможно, связано с дефицитом энергии в рационе бычков при включении отходов — лузги подсолнечника.

Выводы/Conclusion

Непрерывная ферментация характеризуется повторным использованием агропромышленных отходов в качестве кормовых продуктов для сельскохозяйственных животных. Произведенные с помощью этой простой технологии кормовые субстраты для животных могут повысить эффективность использования кормов и снизить экономические затраты на производство продукции.

Правильный выбор культуральной среды, субстрата и режимов культивирования способствует улучшению качества кормового продукта, в частности увеличению белка (на 2,8 г) и снижению клетчатки (до 20,5%), а также увеличению течения метаболических процессов в рубце, в частности повышению общего уровня ЛЖК (на 30,8%) и общего азота (на 16,8%), что способствовало увеличению переваримости сухого вещества корма (на 9,8%) ($p \leq 0,05$), сырой клетчатки (на 18,4%) ($p \leq 0,01$) и сырой золы (на 4,7%) ($p \leq 0,05$).

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.

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.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование было выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 20-16-00088-П).

FUNDING

The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation (project No. 20-16-00088-P).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черная Л.В. Особенности желудочного пищеварения у жвачных животных. *Научное обозрение. Биологические науки*. 2017; (2): 153–156. <https://elibrary.ru/ynwpmn>
2. Singh A., Tuteja S., Singh N., Bishnoi N.R. Enhanced saccharification of rice straw and hull by microwave-alkali pretreatment and lignocellulolytic enzyme production. *Bioresource Technology*. 2011; 102(2): 1773–1782. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.08.113>

REFERENCES

1. Chernaya L.V. Features of gastric digestion in ruminants. *Scientific review. Biological sciences*. 2017; (2): 153–156 (in Russian). <https://elibrary.ru/ynwpmn>
2. Singh A., Tuteja S., Singh N., Bishnoi N.R. Enhanced saccharification of rice straw and hull by microwave-alkali pretreatment and lignocellulolytic enzyme production. *Bioresource Technology*. 2011; 102(2): 1773–1782. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.08.113>

3. Шейда Е.В., Мирошников С.А., Дускаев Г.К., Рязанов В.А., Гречкина В.В. Изменение параметров рубцового содержимого *in vitro* при использовании лужки подсолнечника и цинка в ультрадисперсной форме. *Аграрная наука*. 2022; (6): 43–47. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-43-47>
4. Атландерова К.Н., Мирошников С.А., Рязанов В.А., Дускаев Г.К., Шейда Е.В. Влияние лужки кавитированной на метаболизм конечных продуктов ферментации, микробиом и физико-химические параметры рубца (*in vitro*). *Аграрная наука*. 2022; (12): 20–25. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-365-12-20-25>
5. Teixeira J.A. *et al.* Enzymatic hydrolysis of lignocellulosic residues and bromatological characterization for animal feed. *Ciência Rural*. 2023; 53(7): e20210720. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210720>
6. Гращенко К.В., Ковалева Е.Г., Савиных Д.Ю. Биотехнологическая переработка отходов производства птицы в ценный кормовой белково-пробиотический концентрат. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2022; 10(1): 58–66. <https://elibrary.ru/vcuchw>
7. Taniguchi M. *et al.* Effect of steam explosion pretreatment on treatment with *Pleurotus ostreatus* for the enzymatic hydrolysis of rice straw. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2010; 110(4): 449–452. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2010.04.014>
8. Chandraru S., Venkatesh R., Kumar C.S.C., Kumar B.A. Estimation of Reducing Sugar by Acid Hydrolysis of Sunflower (*Helianthus annuus*) Husk by Standard Methods. *Agricultural Sciences*. 2016; 7(5): 322–325. <https://doi.org/10.4236/as.2016.75032>
9. Morales-Payán J.P., Ortiz J.R., Cicero J., Taveras F. *Digitaria exilis* as a Crop in the Dominican Republic. Janick J., Whipkey A. (eds.). *Trends in New Crops and New Uses*. Alexandria, VA: ASHS Press. 2002; S1–S3.
10. Шейда Е.В., Лебедев С.В., Мирошников С.А., Гречкина В.В., Шошина О.В. Адаптационные процессы в пищеварительной системе при введении ультрадисперсных частиц железа в жировые рационы крупного рогатого скота. *Сельскохозяйственная биология*. 2022; 57(2): 328–342. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.2.328rus>
11. Vandenberghe L.P.S. *et al.* Solid-state fermentation technology and innovation for the production of agricultural and animal feed bioproducts. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*. 2020; 1(2): 142–165. <https://doi.org/10.1007/s43393-020-00015-7>
12. 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>
13. Baldwin R.L., Allison M.J. Rumen metabolism. *Journal of Animal Science*. 1983; 57(S2): 461–477.
14. Hartinger T., Gresner N., Südekum K.-H. Does intra-ruminal nitrogen recycling waste valuable resources? A review of major players and their manipulation. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2018; 9: 33. <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0249-x>
15. Merry R.J. *et al.* Effects of high-sugar ryegrass silage and mixtures with red clover silage on ruminant digestion. *In vitro* and *in vivo* studies of nitrogen utilization. *Journal of Animal Science*. 2006; 84(11): 3049–3060. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-735>
16. Chumpawadee S., Sommart K., Vongpralub T., Pattarajinda V. Effects of Synchronizing the Rate of Dietary Energy and Nitrogen Release on Ruminal Fermentation, Microbial Protein Synthesis, Blood Urea Nitrogen and Nutrient Digestibility in Beef Cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2006; 19(2): 181–188. <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.181>
17. Gresner N., Wichern A., Lumpp L., Hoedemaker M., Höltershinken M. Effects of grass silages with two levels of free amino acids on degradation of amino acids and fixation of nitrogen in bacterial protein in bovine ruminal fluid using the rumen simulation technique (Rusitec). *Animal Feed Science and Technology*. 2015; 202: 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2014.12.012>
18. Sheida E.V., Miroshnikov S.A., Duskaev G.K., Atlanderova K.N., Grechkina V.V. Strategies for Reducing Ruminant Methane Emissions. *BIO Web of Conferences*. 2022; 42: 01014. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224201014>
19. Hanif A., Sohail M. Agro-industrial Waste Exploitation for Pectin-degrading Enzyme Production by Microbial Fermentation. Molina G., Usmani Z., Sharma M., Benhida R., Kuhad R.C., Gupta V.K. (eds.). *Microbial Bioprocessing of Agri-food Wastes*. Industrial Enzymes. CRC Press. 2023; 117–146. <https://doi.org/10.1201/9781003341017-5>
3. Sheida E.V., Miroshnikov S.A., Duskaev G.K., Ryazanov V.A., Grechkina V.V. Changes in the parameters of ruminal digesta *in vitro* when using sunflower husk and zinc in ultrafine form. *Agrarian science*. 2022; (6): 43–47 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-43-47>
4. Atlanderova K.N., Miroshnikov S.A., Ryazanov V.A., Duskaev G.K., Sheida E.V. Effect of cavitated husks on the metabolome of fermentation end products, microbiome and physicochemical parameters of the rumen (*in vitro*). *Agrarian science*. 2022; (12): 20–25 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-365-12-20-25>
5. Teixeira J.A. *et al.* Enzymatic hydrolysis of lignocellulosic residues and bromatological characterization for animal feed. *Ciência Rural*. 2023; 53(7): e20210720. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210720>
6. Grashchenkova K.V., Kovaleva E.G., Savinykh D.Yu. Biotechnological processing of poultry production waste into a valuable feed protein-probiotic concentrate. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2022; 10(1): 58–66 (in Russian). <https://elibrary.ru/vcuchw>
7. Taniguchi M. *et al.* Effect of steam explosion pretreatment on treatment with *Pleurotus ostreatus* for the enzymatic hydrolysis of rice straw. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2010; 110(4): 449–452. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2010.04.014>
8. Chandraru S., Venkatesh R., Kumar C.S.C., Kumar B.A. Estimation of Reducing Sugar by Acid Hydrolysis of Sunflower (*Helianthus annuus*) Husk by Standard Methods. *Agricultural Sciences*. 2016; 7(5): 322–325. <https://doi.org/10.4236/as.2016.75032>
9. Morales-Payán J.P., Ortiz J.R., Cicero J., Taveras F. *Digitaria exilis* as a Crop in the Dominican Republic. Janick J., Whipkey A. (eds.). *Trends in New Crops and New Uses*. Alexandria, VA: ASHS Press. 2002; S1–S3.
10. Sheida E.V., Lebedev S.V., Miroshnikov S.A., Grechkina V.V., Shoshina O.V. Adaptive responses of cattle digestive system as influenced by dietary ultrafine iron particles combined with fat diets. *Agricultural Biology*. 2022; 57(2): 328–342. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.2.328eng>
11. Vandenberghe L.P.S. *et al.* Solid-state fermentation technology and innovation for the production of agricultural and animal feed bioproducts. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*. 2020; 1(2): 142–165. <https://doi.org/10.1007/s43393-020-00015-7>
12. 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>
13. Baldwin R.L., Allison M.J. Rumen metabolism. *Journal of Animal Science*. 1983; 57(S2): 461–477.
14. Hartinger T., Gresner N., Südekum K.-H. Does intra-ruminal nitrogen recycling waste valuable resources? A review of major players and their manipulation. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2018; 9: 33. <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0249-x>
15. Merry R.J. *et al.* Effects of high-sugar ryegrass silage and mixtures with red clover silage on ruminant digestion. *In vitro* and *in vivo* studies of nitrogen utilization. *Journal of Animal Science*. 2006; 84(11): 3049–3060. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-735>
16. Chumpawadee S., Sommart K., Vongpralub T., Pattarajinda V. Effects of Synchronizing the Rate of Dietary Energy and Nitrogen Release on Ruminal Fermentation, Microbial Protein Synthesis, Blood Urea Nitrogen and Nutrient Digestibility in Beef Cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2006; 19(2): 181–188. <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.181>
17. Gresner N., Wichern A., Lumpp L., Hoedemaker M., Höltershinken M. Effects of grass silages with two levels of free amino acids on degradation of amino acids and fixation of nitrogen in bacterial protein in bovine ruminal fluid using the rumen simulation technique (Rusitec). *Animal Feed Science and Technology*. 2015; 202: 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2014.12.012>
18. Sheida E.V., Miroshnikov S.A., Duskaev G.K., Atlanderova K.N., Grechkina V.V. Strategies for Reducing Ruminant Methane Emissions. *BIO Web of Conferences*. 2022; 42: 01014. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224201014>
19. Hanif A., Sohail M. Agro-industrial Waste Exploitation for Pectin-degrading Enzyme Production by Microbial Fermentation. Molina G., Usmani Z., Sharma M., Benhida R., Kuhad R.C., Gupta V.K. (eds.). *Microbial Bioprocessing of Agri-food Wastes*. Industrial Enzymes. CRC Press. 2023; 117–146. <https://doi.org/10.1201/9781003341017-5>

ОБ АВТОРАХ

Елена Владимировна Шейда^{1,2}

доктор биологических наук
 • ведущий научный сотрудник¹;
 • старший научный сотрудник²
 elena-shaejjda@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

Галимжан Калиханович Дускаев¹

доктор биологических наук,
 ведущий научный сотрудник
 gduskaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

Сергей Александрович Мирошников¹

доктор биологических наук,
 член-корреспондент РАН,
 главный научный сотрудник
 fncbst@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1173-1952>

Иван Сергеевич Мирошников¹

кандидат сельскохозяйственных наук,
 научный сотрудник
 sparco911@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0190-0612>

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

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

ABOUT THE AUTHORS

Elena Vladimirovna Sheida^{1,2}

Doctor of Biological Sciences
 • Leading Researcher¹;
 • Senior Researcher²
 elena-shejjda@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

Galimzhan Kalihanovich Duskaev¹

Doctor of Biological Sciences,
 Leading Researcher
 gduskaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

Sergey Alexandrovich Miroshnikov¹

Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences,
 Chief Researcher
 fncbst@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1173-1952>

Ivan Sergeevich Miroshnikov¹

Candidate of Agricultural Sciences,
 Researcher
 sparco911@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0190-0612>

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

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

ПРОДУКТЫ



ИННОВАЦИИ



УСЛУГИ



ЛОГИСТИКА

МЕЖДУНАРОДНАЯ
 СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ B2B
 ВЫСТАВКА

**GLOBAL FRESH
 MARKET:
 VEGETABLES
 & FRUITS**



11-13 НОЯБРЯ 2025

Гостиный Двор, Москва

Контакты

+7 (495) 481-29-19

business@gfmexpo.com

www.gfmexpo.com

РЕКЛАМА

Соорганизатор

национальный
 ПЛОДООВОЩНОЙ СОЮЗ

При поддержке



**Global Fresh
 MARKET**

Полный цикл производства «от поля до прилавка» на единой площадке

Прямой диалог с ключевыми игроками рынка

Обширная деловая программа с участием экспертов мирового уровня:

110+

приглашенных спикеров

30

отраслевых мероприятий по овощеводству и садоводству

Конкурс студенческих работ для молодых специалистов в АПК

