

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 170-178.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 2. P. 170-178.

КОРМОПРОИЗВОДСТВО И КОРМА

Научная статья
УДК 632.95.028
doi:10.33284/2658-3135-107-2-170

Характер ферментации питательных веществ ячменя при использовании экзоферментов

**Юрий Андреевич Сечнев¹, Елена Владимировна Шейда², Ольга Вилориевна Кван³,
Ярослав Алексеевич Сизенцов⁴**

^{1,2,3,4}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹y.sechnev@outlook.com, <https://orcid.org/0009-0009-5920-1185>

²elena-shejjda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

³kwan111@vandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

⁴yasizen@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1871-0225>

Аннотация. Комплексы фибролитических ферментов широко используются в кормлении сельскохозяйственных животных с целью повышения переваримости и эффективности нутриентов за счёт применения их при приготовлении кормов. В статье приведены результаты исследований по обогащению зерновых кормов путём ферментации субстратов, используя различные дозы фибролитических ферментов. Цель исследования – изучить свойства фибролитических ферментных препаратов на изменение химического состава зерновых кормов. В качестве ферментного препарата использовали альфа-Амилазу грибную (Амилоризин) – фермент, полученный на основе штамма *Aspergillus oryzae*. В исследовании использовали различные сорта ячменя, культивируемые в нашем центре, с различным содержанием питательных веществ. Ферментный препарат использовали в дозах 25 и 50 мг/кг растительного сырья. Зерно ячменя развешивали по 200 г в герметичные пластиковые контейнеры, вносили нужный объём ферментного препарата и помещали в термостат для инкубирования при температуре +39 °С на 24 часа. Учёт деградации питательных веществ ячменя проводили через 3, 6, 9, 12 и 24 часа. Исследования переваримости сухого вещества (СВ) ячменя проводили методом *in vitro* с применением инкубатора «ANKOM Daisy II» (модификации D200 и D200I). Использование фибролитического фермента при ферментации зернового субстрата способствует разложению сырой клетчатки ячменя до 6 %, увеличению содержания жира и улучшению переваримости сухого вещества на 5,4-6,8 % в системе «искусственный рубец».

Ключевые слова: зерно ячменя, ферментация, амилоризин, сухое вещество, сырой жир, сырой протеин, сырая клетчатка

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-16-00061.

Для цитирования: 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. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-170>

FODDER PRODUCTION AND FODDERS

Original article

The nature of barley nutrients fermentation using exoenzymes

Yuri A Sechnev¹, Elena V Sheida², Olga V Kvan³, Yaroslav A Sizensov⁴

^{1,2,3,4}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹y.sechnev@outlook.com, <https://orcid.org/0009-0009-5920-1185>

^{2,5}elena-shejjda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

³kwan111@vandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

⁴yasizen@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1871-0225>

Abstract. Fibrolytic enzyme complexes are widely used in the feeding of farm animals in order to increase the digestibility and effectiveness of nutrients through their use in the preparation of feed. The article presents the results of research on the enrichment of grain feeds by fermentation of substrates using various doses of fibrolytic enzymes. The purpose of the research is to study the effects of fibrolytic en-

zyme preparations on changes in the chemical composition of grain forage. Fungal alpha-Amylase (Amilorizin), an enzyme derived from *Aspergillus oryzae* strain, was used as an enzyme preparation. The study used different varieties of barley cultivated in our center with different nutrient contents. The enzyme preparation was used in doses of 25 and 50 mg / kg of vegetable raw materials. Barley grain was hung 200 g each in sealed plastic containers, the required volume of enzyme preparation was introduced and placed in a thermostat for incubation at a temperature of 39 °C for 24 hours. The degradation of barley nutrients was recorded after 3, 6, 9, 12 and 24 hours. The studies of the digestibility of dry matter (DM) of barley were carried out by the in vitro method using the incubator "ANKOM Daisy II" (modifications D200 and D200I). The use of a fibrolytic enzyme in the fermentation of a grain substrate contributes to the decomposition of raw fiber of barley up to 6%, an increase in fat content and an improvement in the digestibility of dry matter by 5.4-6.8% in the "artificial rumen" system.

Keywords: barley grain, fermentation, amylorizine, dry matter, crude fat, crude protein, crude fiber

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 23-16-00061.

For citation: Sechnev YuA, Sheida 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.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-170>

Введение.

Продукты животного происхождения играют очень важную роль в обеспечении здоровья человека, поэтому спрос на них только возрастает и для снабжения населения достаточным их количеством необходимо предпринимать меры по увеличению продуктивности сельскохозяйственных животных. Продуктивность животных зависит не от кормов, которые они потребляют, а от питательных веществ, поступающих в организм (Ravindran V and Jang HS, 2011).

Повышение питательной и энергетической ценности рациона за счёт скармливания зерновых является одним из наиболее распространённых решений в кормлении жвачных. Зерновые культуры являются наиболее важным источником энергии и протеина для увеличения продуктивности. В связи с этим наука о кормлении животных работает в соответствии с биотехнологией, и в отрасли кормопроизводства появляются новые технологии, позволяющие повысить питательность и перевариваемость корма для повышения его конверсии и образования меньшего количества навоза, а также улучшения состава кормов (Bissi L et al., 2018).

Комплексы фибролитических ферментов широко используются в кормлении сельскохозяйственных животных с целью снижения содержания в кормах токсичных веществ, повышения переваримости рационов и эффективности нутриентов за счёт их применения в приготовлении кормов или при использовании совместно с кормами (Nazare C et al., 2024). Почти все химические реакции в биологической клетке требуют ферментов, поскольку они избирательны в отношении различных субстратов, а набор ферментов, вырабатываемых в клетке, определяет, какие метаболические процессы происходят в этой клетке.

Ферментированные корма повышают усвояемость пищевых добавок, что приводит к улучшению состояния животных и увеличению продуктивности. Увеличивая усвояемость питательных веществ, использование ферментов приводит к большей эффективности производства продуктов животного происхождения. Помимо повышения питательной ценности, ферментация кормов оказывает положительное воздействие на окружающую среду, позволяя экономить природные ресурсы и снижать загрязнение отходами производств (Агафонова Е.А. и др., 2023).

Цель исследования.

Изучить свойства фибролитических ферментных препаратов на изменение химического состава зерновых кормов.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. В качестве ферментного препарата использовали альфа-Амилазу грибную (Амилоризин) – фермент полученный на основе штамма *Aspergillus oryzae*. Расщепляет

молекулы доступного крахмала с образованием мальтодекстринов, олигосахаридов и мальтозы. Ферментная активность: 2 500 Ед/г (БИОПРЕПАРАТ, г. Воронеж, Россия).

В исследовании использовали различные сорта ячменя, культивируемые в нашем центре, с различным содержанием питательных веществ (табл. 1). Ферментный препарат использовали в дозах 25 и 50 мг/кг растительного сырья.

Таблица 1. Химический состав зерна ячменя, %
Table 1. Chemical composition of barley grain, %

Наименование показателей / Name of indicators	Сорт/ Variety				
	1 Анна /Anna	2 Губернаторский /Gubernatorial	3 Лида /Lida	4 Миар /Miar	5 Натали Natalie
Массовая доля сырого протеина / Mass fraction of crude protein	14,82	14,82	14,42	14,99	14,42
Массовая доля сухого вещества / Mass fraction of dry matter	91,0	89,3	88,7	87,3	89,6
Массовая доля влаги / Mass fraction of moisture	9,0	10,7	11,3	12,7	10,4
Массовая доля сырой клетчатки / Mass fraction of crude fiber	11,2	10,0	10,3	7,7	8,6
Массовая доля сырой золы / Mass fraction of crude ash	2,7	2,0	2,4	2,6	2,8
Массовая доля сырого жира / Mass fraction of crude fat	0,3	0,8	0,5	0,9	0,98
Массовая доля сахара / Mass fraction of sugar	4,08	3,73	3,58	3,45	3,48
Массовая доля крахмала / Mass fraction of starch	9,15	10,82	9,38	11,16	9,71

Зерно ячменя развешивали по 200 г в герметичные пластиковые контейнеры, вносили нужный объём ферментного препарата и помещали в термостат для инкубирования при температуре +39 °С на 24 часа. Учёт деградации питательных веществ ячменя проводили через 3, 6, 9, 12 и 24 часа.

В растительных субстратах определяли массовую долю сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), сырого протеина (ГОСТ 13496.4-2019), массовую долю сырого жира (ГОСТ 13496.15-2016), массовую долю сырой клетчатки (ГОСТ 31675-2012), массовую долю сырой золы (ГОСТ 26226-95).

Исследования переваримости сухого вещества (СВ) ячменя проводили методом *in vitro* с использованием инкубатора «ANKOM DaisyII» (модификации D200 и D200I) по специализированной методике (Шейда Е.В., 2022).

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены с использованием приборной базы ЦКП БСТ РАН (г. Оренбург) (<http://цкп-бст.рф>). Для ферментации ячменя использовали термостат суховоздушный ТС-1/80 СПУ мод. 1001 (80 л, камера из нержавеющей стали, вентилятор, освещение) (Смоленское СКТБ СПУ, Россия). Определение жира в опытных образцах проводили методом Сокслета-Рэндалла, клетчатки при помощи экстрактора VELP Scientifica (Италия). Переваримость определяли в искусственном рубце «ANKOM Daisy II» модификации D200 и D200I (США).

Результаты исследования.

По содержания сырого протеина сорта ячменя имеют не слишком большой разброс, так, максимальное содержания протеина наблюдается у 4-го сорта – 14,99 %, это больше чем в других на 0,17-0,57 % соответственно. По массовой доле содержания сухого вещества максимальное значение зафиксировано в 1-м сорте – 91,0 %, он превышает остальные сорта на 1,4-3,7 % соответственно. В ходе исследования было установлено, что большей способностью к накоплению клетчатки обладает 1-й сорт, он превышает другие сорта по содержанию клетчатки на 0,9-3,5 %. По содержанию концентрации 25 мг/кг массовая доля жира стабильно увеличивалась до 9 часов ферментации 1,69 %, жира наибольшее значение наблюдается в 5-м сорте – 0,98 %, данный показатель больше остальных сортов на 0,08-0,68 %. Помимо этого, в данном сорте больше всего содержится и золы – 2,8 %, этот показатель выше остальных сортов на 0,1-0,8 %. Самое большое содержания сахара наблюдается в 1-м сорте – 4,08 %, этот показатель больше остальных сортов на 0,35-0,63 % соответственно. Было установлено, что крахмала лучше всего накапливается в 4-м сорте – 11,16 %, данный показатель в данном сорте был выше остальных сортов на 0,34-2,01 % (табл. 1).

В ходе проведения исследования было установлено, что при использовании амилоризина в но при дальнейшей ферментации в 12 часов показатель снизился до 1,65% и в дальнейшем не менялся. В свою очередь массовая доля растворимых углеводов стабильно уменьшалась с 3,81 до 3,08 %. Аналогичная ситуация сложилась и с легкогидролизуемых углеводов, показатель снизился с 35,78 до 24,93 %. Это показывает усвояемости данных углеводов при ферментации данного компонента. В зерне содержание протеина на 9 час ферментации увеличилось с 13,13 до 14,19 %, но в дальнейшем доля протеина вернулась к изначальным показателям. По сухому веществу наблюдается снижение, так, изначальная доля в 98,9 % снизилась до 92,8 %. Массовая доля сырой клетчатки не менялась вплоть до 9 часов ферментации, но в дальнейшем содержание клетчатки увеличилось и максимальное значение было зафиксировано в 12 часов ферментации – 6,5 %. Массовая доля золы незначительно варьировалась от изначальных, так, максимальное значение было зафиксировано в 3 часа – 2,6 % а минимальное в 6 и 12 часов – 2,4 % (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав зерна ячменя при обработке ферментом амилоризин в дозировке 25 мг на 1 кг

Table 2. Chemical composition of barley grain when treated with the enzyme amilorizine at a dosage of 25 mg per 1 kg

Наименование показателей/ <i>Name of indicators</i>	Ед. изм./ <i>Unit</i>	Время ферментации, ч / <i>Fermentation time, h</i>				
		3	6	9	12	24
Массовая доля жира/ <i>Mass fraction of fat</i>	%	1,25	1,5	1,69	1,65	1,65
Массовая доля растворимых углеводов/ <i>Mass fraction of soluble carbohydrates</i>	%	3,81	3,42	3,42	3,16	3,08
Массовая доля легкогидролизуемых углеводов/ <i>Mass fraction of easily hydrolyzable carbohydrates</i>	%	35,78	31,0	29,56	20,23	24,93
Массовая доля протеина/ <i>Mass fraction of protein</i>	%	13,13	13,25	14,19	12,56	13,13
Массовая доля сухого вещества/ <i>Mass fraction of dry matter</i>	%	98,9	97,3	97,8	91,9	92,8
Массовая доля сырой клетчатки/ <i>Mass fraction of crude fiber</i>	%	6,1	6,1	6,1	6,5	6,4
Массовая доля сырой золы/ <i>Mass fraction of crude ash</i>	%	2,6	2,4	2,5	2,4	2,5

При ферментации ячменя с включением амилоризина в концентрации 50 мг на кг наблюдалось увеличение массовой доли жира с 1,65 % до 2,3 % в 9 часов, но в дальнейшем показатель снизился до 1,6 %, минимальное значение было зафиксировано в 12 часов и составило 1,5 %. Доля растворимых углеводов снижалась за все время ферментации с 3,7 до 2,97 %. В свою очередь доля легкогидролизуемых углеводов незначительно повысилась в 6 часов ферментации до 34,9 %, но в дальнейшем данный показатель снизился до 24,9 %. Это показывает положительное влияние фермента на усвояемость углеводов. Содержание протеина за всё время ферментации снижалось с 16 до 12,88 %. Сухое вещество за всё время ферментации снизилось с 97,1 до 91,2 %, показатель сырой клетчатки варьировался незначительно с 6,2 до 5,9 % вплоть до 12 часов ферментации и снизился в 24 часа до 5,5 %. Массовая доля сырой золы незначительно изменялась за все время ферментации, данный показатель снизился с 2,6 до 2,4 %, а минимальное значение было зафиксировано в 6 и 12 часов и составляло 2,3 % (рис. 1).

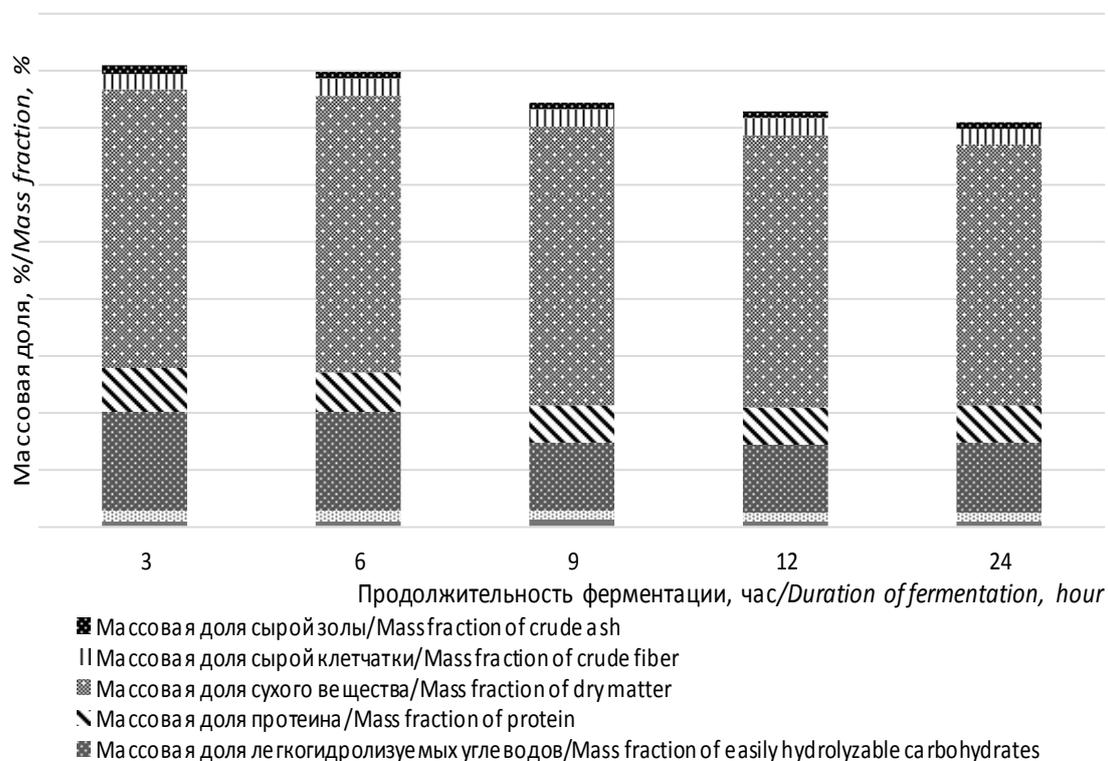


Рисунок 1. Химический состав зерна ячменя при обработке ферментом амилоризин в дозировке 50 мг на 1 кг в течение 24 часов

Figure 1. Chemical composition of barley grain when treated with the enzyme amilorizine at a dosage of 50 mg per 1 kg for 24 hours

Изучение переваримости СВ ячменя после ферментации показало, что без обработки кормовой субстрат после 48-часовой инкубации способствовал переваримости сухого вещества на 63,5 %. Обработка ферментом амилоризином увеличивала переваримость СВ ячменя на 6,8 % при использовании фермента в концентрации 25 мг/кг и на 5,4 % – при использовании в концентрации 50 мг/кг (рис. 2).

Переваримость СВ, %/The digestibility of DM, %

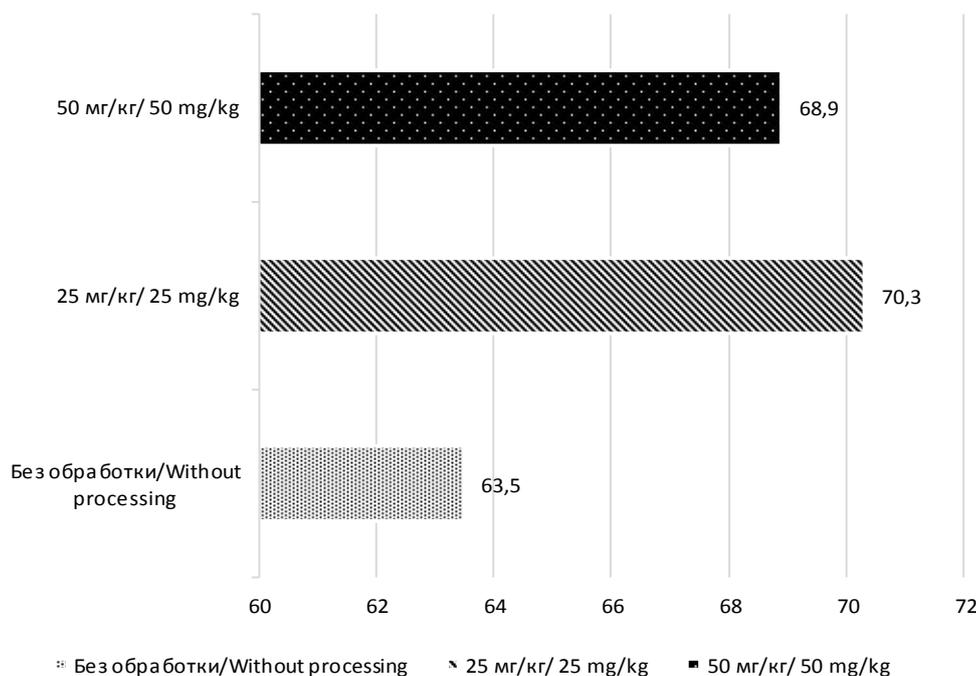


Рисунок 2. Степень переваримости сухого вещества ячменя методом *in vitro*, %
Figure 2. Degree of digestibility of dry matter of barley by *in vitro* method, %

Обсуждение полученных результатов.

До недавнего времени к использованию экзогенных ферментов в кормлении животных, особенно полигастричных, относились со значительным скептицизмом. Недавние исследования показали, что ферментные препараты могут быть весьма эффективными в приготовлении кормов и повышении эффективности использования питательных компонентов рационов сельскохозяйственными животными. Имеется достаточно доказательств весьма значимых взаимодействий фермента с кормом. Кроме того, уровень фермента имеет решающее значение для получения положительного эффекта. Разработка новых ферментных препаратов, предназначенных для животных и для определённых видов кормов повысит потенциальную рентабельность использования этих ферментных продуктов.

Действие экзогенных ферментов максимизируется при нанесении их водного раствора на сухой корм. В нашей лаборатории мы наблюдали, что при нанесении фермента на сухой корм создаётся стабильный комплекс фермент-корм, который повышает эффективность фермента. Этот стабильный комплекс образуется быстро (в течение нескольких часов), и после стабилизации на сухом корме ферменты остаются стабильными и эффективными достаточно длительное время.

Ферменты можно применять при производстве кормов, но необходимо следить за тем, чтобы температура, используемая во время обработки, находилась в пределах допустимого диапазона для конкретного используемого ферментного препарата (Ali AMM et al., 2022).

Feng P с коллегами (1992) наносили раствор фермента непосредственно на траву и не наблюдали эффекта при добавлении к свежему или увядшему сену, но при применении к высушенной траве ферменты повышали усвояемость СВ и клетчатки. Когда мы обрабатывали фибролитическим ферментным препаратом зерно ячменя в концентрации 25 и 50 мг/кг кормового субстрата, мы отметили увеличение переваримости СВ на 5,4-6,8 %.

Treacher R с соавторами (1997) также сообщили, что эффекты добавления ферментов в рационы для силосования ячменя были переменными. Препарат фибролитических ферментов ежедневно распыляли на силосную часть (60 % от суточной нормы) рациона, состоящего из ячменного силоса и перловки. Ферментативные добавки увеличивали переваримость СВ при самом высоком уровне включения, однако когда тот же ферментный препарат включали в количестве 15 % от суточной нормы рациона, не наблюдалось никакого влияния на переваримость СВ и клетчатки (Beauchemin KA et al., 1995). Авторы предположили, что чем выше концентрация фермента при обработке кормового субстрата, тем выше эффективность использования питательных веществ. Однако в нашем исследовании данная тенденция не отмечалась, использование фермента в более низкой концентрации способствовало лучшей переваримости СВ на 1,4 %.

Прямое внесение ферментов в рубец приносит меньше пользы, чем ферментация кормов перед кормлением. Авторы (Treacher R et al., 1997) сравнили эффекты распыления фермента на корм с добавлением фермента непосредственно в рубец через фистулу. Переваримость СВ и клетчатки была выше при добавлении ферментированного корма. Фактически, прямое добавление в рубец может снизить переваримость СВ. Это означает, что, по крайней мере, для определённых ферментных смесей использование прямого скармливания ферментного препарата, который предварительно не был стабилизирован в корме, принесёт мало пользы или вообще не принесёт. Хотя внесение водного раствора ферментов непосредственно в корм усиливает связывание фермента с субстратом, нельзя полностью исключать возможность получения благоприятного эффекта при прямом введении ферментов, поскольку в некоторых исследованиях сообщалось о положительном эффекте введения ферментов в рацион животных (Schoonmaker J, 2015; He ZX et al., 2015).

Заключение.

Использование фибролитического фермента при ферментации зернового субстрата способствует разложению сырой клетчатки ячменя до 6 %, увеличению содержания жира и улучшению переваримости сухого вещества на 5,4-6,8 % в системе «искусственный рубец». Кроме того, существует взаимосвязь между источником корма и типом фермента. Необходимы дальнейшие исследования для чёткого выяснения важных факторов, которые следует учитывать для уменьшения вариабельности, связанной с использованием ферментов в рационах жвачных животных.

Список источников

1. Агафонова Е.А., Шейда Е.В., Кван О.В. Использование ферментов в кормлении крупного рогатого скота, последствия для здоровья и продуктивности // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 132-143. [Agafonova EA, Sheida EV, Kwan OV. Enzyme use in cattle nutrition, implications for health and productivity (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):132-143. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-132
2. Шейда Е.В. Изучение влияния различных добавок на ферментативные процессы в рубце и таксономический состав микробиома // Аграрный вестник Урала. 2022. № 3(218). С. 72-82. [Sheyda EV. Study of the effect of various additives on enzymatic processes in the rumen and the taxonomic composition of the microbiome. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022;3(218):72-82. (*In Russ.*)]. doi: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-72-82

3. Ali AMM, Bavissety SCB, Gullo M, Lertsiri S, Morris J, Massa S. Production of fibrinolytic enzymes during food production. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Technologies for Production of Nutraceuticals and Functional Food Products*. 2022;157-187. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823506-5.00018-7>
4. Beauchemin KA, Rode LM, Sewalt VJH. Fibrolytic enzymes improve growth of steers fed forage-based diets. *Ann Zootech*. 1995;44(S1):69. doi: 10.1051/animres:19950539
5. Bissi L, Zervoudakis JT, de Paula NF, Silva CL, Tedeschi L, Silva PIJLR, Melo ACB, Possamai AJ. Exogenous enzyme on in vitro gas production and ruminal fermentation of diet containing high level of concentrate. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2018;19(3):287-300. doi: 10.1590/s1519-99402018000300006
6. Feng P, Hunt CW, Julien WE, Dickinson K, Moen T. Effect of enzyme additives on in situ and in vitro degradation of mature cool-season grass forage. *J Anim Sci*. 1992;70(S1):309.
7. Hazare C, Bhagwat P, Singh S, Pillai S. Diverse origins of fibrinolytic enzymes: A comprehensive review. *Heliyon*. 2024;10(5):e26668. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26668
8. He ZX, Walker ND, McAllister TA, Yang WZ. Effect of wheat dried distillers grains with solubles and fibrolytic enzymes on ruminal fermentation, digestibility, growth performance, and feeding behavior of beef cattle. *J Anim Sci*. 2015;93(3):1218-1228. doi: 10.2527/jas.2014-8412
9. Ravindran V, Jang HS. Feed enzyme technology: present status and future developments. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*. 2011;3(2):102-109. doi: 10.2174/2212798411103020102
10. Schoonmaker J. Novel feed additives for beef cattle. 76th Minnesota Nutrition Conference. Prior Lake, MN. September 16-17; 2015:130-142.
11. Treacher R, McAllister TA, Popp JD, Mir Z, Mir P, Cheng KJ. Effect of exogenous cellulases and xylanases on feed utilization and growth performance of feedlot steers. *Can J Anim Sci*. 1997;77:541.

References

1. Agafonova EA, Sheida EV, Kwan OV. Enzyme use in cattle nutrition, implications for health and productivity (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):132-143. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-132
2. Sheyda EV. Study of the effect of various additives on enzymatic processes in the rumen and the taxonomic composition of the microbiome. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022;3(218):72-82. doi: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-72-82
3. Ali AMM, Bavissety SCB, Gullo M, Lertsiri S, Morris J, Massa S. Production of fibrinolytic enzymes during food production. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Technologies for Production of Nutraceuticals and Functional Food Products*. 2022;157-187. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823506-5.00018-7>
4. Beauchemin KA, Rode LM, Sewalt VJH. Fibrolytic enzymes improve growth of steers fed forage-based diets. *Ann Zootech*. 1995;44(S1):69. doi: 10.1051/animres:19950539
5. Bissi L, Zervoudakis JT, de Paula NF, Silva CL, Tedeschi L, Silva PIJLR, Melo ACB, Possamai AJ. Exogenous enzyme on in vitro gas production and ruminal fermentation of diet containing high level of concentrate. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2018;19(3):287-300. doi: 10.1590/s1519-99402018000300006
6. Feng P, Hunt CW, Julien WE, Dickinson K, Moen T. Effect of enzyme additives on in situ and in vitro degradation of mature cool-season grass forage. *J Anim Sci*. 1992;70(S1):309.
7. Hazare C, Bhagwat P, Singh S, Pillai S. Diverse origins of fibrinolytic enzymes: A comprehensive review. *Heliyon*. 2024;10(5):e26668. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26668
8. He ZX, Walker ND, McAllister TA, Yang WZ. Effect of wheat dried distillers grains with solubles and fibrolytic enzymes on ruminal fermentation, digestibility, growth performance, and feeding behavior of beef cattle. *J Anim Sci*. 2015;93(3):1218-1228. doi: 10.2527/jas.2014-8412

9. Ravindran V, Jang HS. Feed enzyme technology: present status and future developments. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*. 2011;3(2):102-109. doi: 10.2174/2212798411103020102
10. Schoonmaker J. Novel feed additives for beef cattle. 76th Minnesota Nutrition Conference. Prior Lake, MN. September 16-17; 2015:130-142.
11. Treacher R, McAllister TA, Popp JD, Mir Z, Mir P, Cheng KJ. Effect of exogenous cellulases and xylanases on feed utilization and growth performance of feedlot steers. *Can J Anim Sci*. 1997;77:541.

Информация об авторах:

Юрий Андреевич Сечнев, аспирант отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 89112151912.

Елена Владимировна Шейда, доктор биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-922-862-64-02.

Ольга Вилориевна Кван, кандидат биологических наук, и.о. заведующего отделом кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 89225485657.

Ярослав Алексеевич Сизенцов, аспирант, младший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 89538391917.

Information about the authors:

Yuri A Sechnev, postgraduate student of the Department of feeding of agricultural animals and feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvary St., Orenburg, 460000, tel.: 89112151912.

Elena V Sheida, Dr. Sci. (Biology), Researcher at the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvary St., Orenburg, 460000, tel.: 8-922-862-64-02.

Olga V Kvan, Cand. Sci. (Biology), Acting Head of the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvary St., Orenburg, 460000, phone: 89225485657.

Yaroslav A Sizensov, post-graduate student, Junior Research Associate of the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvary St., Orenburg, 460000, tel.: 89538391917.

Статья поступила в редакцию 30.05.2024; одобрена после рецензирования 04.06.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 30.05.2024; approved after reviewing 04.06.2024; accepted for publication 10.06.2024.