

УДК 636.084:636.084.4; 591.13

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-394-05-63-68

Е.В. Шейда^{1,2}

Г.К. Дускаев¹

О.В. Кван^{1,2} ✉

Е.А. Букарева¹

Ю.А. Сечнев¹

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

²Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

✉ kwan111@yandex.ru

Поступила в редакцию: 25.03.2025

Одобрена после рецензирования: 08.04.2025

Принята к публикации: 22.04.2025

© Шейда Е.В., Дускаев Г.К., Кван О.В., Букарева Е.А., Сечнев Ю.А.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-394-05-63-68

Elena V. Sheida^{1,2}

Galimzhan K. Duskaev¹

Olga V. Kvan^{1,2} ✉

Elena A. Bukareva¹

Yuri A. Sechnev¹

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

²Orenburg State University, Orenburg, Russia

✉ kwan111@yandex.ru

Received by the editorial office: 25.03.2025

Accepted in revised: 08.04.2025

Accepted for publication: 22.04.2025

© Sheida E.V., Duskaev G.K., Kvan O.V., Bukareva E.A., Sechnev Yu.A.

Особенности усвоения питательных веществ и химических элементов бычками при включении в рацион фермента протеазы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Питательные вещества в кормах влияют на содержание, рост и воспроизводство животных. Дефицит основных питательных веществ в кормах обычно компенсируется добавками. Среди таких добавок широкое применение находят протеазы. Протеазы способствуют более эффективному расщеплению белков корма на аминокислоты, которые затем легко усваиваются организмом, что особенно важно для молодых животных, нуждающихся в достаточном количестве аминокислот для поддержания интенсивного роста. Оптимизация усвоения аминокислот при помощи протеаз может привести к повышению эффективности использования корма, увеличению привесов и улучшению общего состояния здоровья бычков. Кроме того, это может снизить зависимость от дорогостоящих белковых добавок в рационе.

Цель исследования — изучение особенностей усвоения аминокислот бычками при включении в рацион протеазы.

Материалы и методы. Объекты исследования: рубцовая жидкость (РЖ), химус и кал бычков казахской белоголовой породы.

Результаты. Анализ результатов показал, что внесение протеаз (грибной и бактериальной) способствует лучшей усвояемости аминокислот в организме бычков. Большой активности проявила протеаза бактериальная (II группа), что подтверждается данными увеличения усвояемости лизина (на 12,5%), фенилаланина (на 12,3%), тирозина (на 9,2%), серина (на 8,9%), треонина (на 8,8%), аланина (на 8,1%), изолейцина и глицина (на 7,6%), валина (на 5,9%), пролина (на 2,3%) и аргинина (на 2,9%) относительно контрольной группы.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, экзоферменты, кормление, протеаза, аминокислоты, химус

Для цитирования: Шейда Е.В., Дускаев Г.К., Кван О.В., Букарева Е.А., Сечнев Ю.А. Особенности усвоения питательных веществ и химических элементов бычками при включении в рацион фермента протеазы. *Аграрная наука*. 2025; 394(05): 63–68. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-394-05-63-68>

Features of the absorption of nutrients and chemical elements by gobies when the protease enzyme is included in the diet

ABSTRACT

Relevance. Nutrients in feed affect animal maintenance, growth and reproduction. Deficiencies of essential nutrients in feed are usually compensated by additives. Among such additives, proteases are widely used. Proteases facilitate more efficient breakdown of feed proteins into amino acids that are then easily digested by the body, which is especially important for young animals that need sufficient amino acids to support intensive growth. Optimising amino acid digestion by proteases can lead to improved feed utilisation efficiency, increased weight gains and better overall health of steers. In addition, it may reduce dependence on expensive protein supplements in the diet.

The aim of the study was to study the peculiarities of amino acid absorption by bullheads when protease is included in the diet.

Materials and methods. Objects of the study: rumen fluid (RF), chyme and faeces of steers of the Kazakh white-headed breed.

Results. Analysis of the results showed that the introduction of proteases (fungal and bacterial) promotes better absorption of amino acids in the body of bulls. Bacterial protease (group II) showed the greatest activity, which is confirmed by the data of increase in assimilation of lysine (by 12,5%), phenylalanine (by 12,3%), tyrosine (by 9,2%), serine (by 8,9%), threonine (by 8,8%), alanine (by 8,1%), isoleucine and glycine (by 7,6%), valine (by 5,9%), proline (by 2,3%) and arginine (by 2,9%), relative to the control group.

Key words: cattle, exoenzymes, feeding, protease, amino acids, chyme

For citation: Sheida E.V., Duskaev G.K., Kvan O.V., Bukareva E.A., Sechnev Yu.A. Features of the absorption of nutrients and chemical elements by gobies when the protease enzyme is included in the diet. *Agrarian science*. 2025; 394(05): 63–68 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-394-05-63-68>

Введение/Introduction

Обеспечение кормами — самые высокие расходы в секторе животноводства. Питательные вещества в кормах влияют на содержание, рост и воспроизводство животных. Однако не все элементы кормов имеют одинаковую питательную ценность, некоторые из них неперевариваемые, не усваиваются или даже токсичны для организма. Основные питательные вещества — это углеводы, жиры, белки, минералы и витамины [1].

Один из подходов к повышению эффективности использования кормов — добавление каталитических количеств стратегических питательных веществ, таких как микроэлементы, витамины, аминокислоты и другие биоактивные соединения, в основной рацион. Добавление этих питательных веществ увеличивает активность местной микробной популяции в рубце, что приводит к улучшению ферментации рубца и общей производительности животных.

Дефицит основных питательных веществ в кормах обычно компенсируется добавками [2]. Среди таких добавок широкое применение находят протеазы. Протеазы катализируют переваривание белков в короткоцепочечные пептиды или аминокислоты [3]. Протеазы встречаются в различных организмах, таких как растения, животные и микроорганизмы. Однако микробные протеазы предпочтительнее для производства на промышленном уровне, чем растительные и животные источники, поскольку микроорганизмы производят ферменты легче и быстрее и на них не влияют климатические условия или сезонные изменения [4]. Более того, микробные протеазы в основном встречаются как внеклеточные ферменты, демонстрирующие быстрый микробный рост на недорогих средах, легко производимые в больших масштабах, экономически выгодные, с высоким выходом продукции, демонстрирующие высокую активность и стабильность в широком диапазоне pH и температур [5].

Включение протеазы в рацион бычков может оптимизировать усвоение аминокислот, играющих ключевую роль в росте и развитии животных [6]. Протеазы, добавленные в корм, способствуют более эффективному расщеплению белков корма на аминокислоты, которые затем легко усваиваются организмом, что особенно важно для молодых животных, нуждающихся в достаточном количестве аминокислот для поддержания интенсивного роста [7].

Оптимизация усвоения аминокислот при помощи протеаз может привести к повышению эффективности использования корма, увеличению привесов и улучшению общего состояния здоровья

бычков. Кроме того, это может снизить зависимость от дорогостоящих белковых добавок в рационе.

Цель данного исследования — изучение особенностей усвоения аминокислот бычками при включении в рацион протеазы.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили с 02.2023 по 06.2024 на базе отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина в ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (г. Оренбург, Россия).

Объекты исследования — рубцовая жидкость (РЖ), химус и кал бычков казахской белоголовой породы средней массой 310–320 кг, возраст — 14–15 месяцев, количество — 4 головы.

Эксперимент проводили в 4 повторностях с использованием латинского квадрата 4×4 .

Для исследования использовали препараты экзоферментов — протеазы грибной и протеазы бактериальной щелочной («Биопрепарат», г. Воронеж, Россия).

Обслуживание животных и экспериментальные исследования осуществляли в соответствии с требованиями инструкций и рекомендаций к выполнению биологических исследований^{1,2}. При проведении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и количество исследованных опытных образцов.

Кормление подопытных животных было организовано с учетом рекомендаций А.П. Калашникова и др.³

Отбор проб содержимого рубца производили спустя 12 часов после кормления через хроническую фистулу рубца (ANKOM, d = 80 мм) резиновым шлангом длиной 200 см и наружным диаметром 40 мм в термос объемом 3 л. Транспортировку осуществляли в термосах в течение 30 мин.

Схема эксперимента: животные контрольной и опытных групп находились на основном сбалансированном рационе; бычкам опытных групп в концентрированный корм вносили ферментные препараты: I — протеазу грибную (25 г/т), II — протеазу бактериальную (25 г/т).

Количество аминокислот в корме, химусе и кале оценивали с помощью ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией нингидриновым реагентом и последующим детектированием при длине волны 570 нм (для пролина — 440 нм). Анализы выполняли с использованием системы для высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) YL 9100 HPLC

¹ Сарымсакова Б.Е., Розенсон Р.И., Баттакова Ж.Е. Руководство по этике научных исследований: методические рекомендации. Астана. 2007; 98.

² Веселова Т.А., Мальцева А.А., Швеи И.М. Биоэтические проблемы в биологических и экологических исследованиях: учебно-методическое пособие в электронном виде. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет. 2018; 187.

³ Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглова В.В., Клейменова Н.И. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие. 3-е изд. (доп. и перераб.). Москва. 2003; 456.

System (Young Lin Instrument Co., Ltd., Корея), которая состоит из кватернарного градиентного насоса YL9110, вакуумного дегазатора YL9101, UV/VIS детектора YL9120, автосамплера YL9150 (постколоночный дериватизатор Pinnacle PCX, ионообменная колонка Na+ 4,0/2150 мм, 5 мкм, предколонка Na+ 3,0/220 мм, 5 мкм; Pickering Laboratories, Inc., США)⁴.

Численные 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 $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Установлено, что синтез и усвоение отдельных аминокислот в пищеварительном тракте происходят с различной интенсивностью. Во всех группах (I и II) было установлено увеличение в химусе суммы аминокислот, соответственно, на 1,22% и 1,05% относительно контрольной группы (табл. 1). Возможно это связано с тем, что протеазы, добавленные вместе с кормом в рацион животных I и II групп, способствуют более эффективному расщеплению белков корма на аминокислоты.

Особенно много содержалось в химусе рубца бычков незаменимой аминокислоты — метионина, несколько меньше гистидина и аргинина. Так, в I и II опытных группах установлено увеличение содержания тирозина (на 0,06% и 0,05%), фенилаланина (на 0,21% и 0,01%), лейцин-изолейцина (на 0,03% и 0,02%), пролина (на 0,11% и 0,09%), треонина (на 0,11% и 0,09%), серина (на 0,05% и 0,06%), аланина (на 0,03% и 0,02%), глицина (на 0,07% и 0,05%), метионина (0,95% и 0,78%) на фоне снижения аргинина (0,18% и 0,05%) и гистидина (0,1% и 0,06%) относительно контрольных значений. Концентрация лизина в химусе оказалась на одном уровне во всех группах (с незначительным увеличением (на 0,01%) во II группе).

С.В. Лебедев и др. утверждают, что в химусе больше синтезируется тех аминокислот, которых меньше содержится в рационе. Вероятно, одним из звеньев обмена белков и аминокислот является стремление животного организма к созданию устойчивого состава химуса по содержанию и соотношению аминокислот. Колебания в абсолютном количестве аминокислот в химусе организма животного стремятся сгладить путем создания постоянной концентрации, «разбавляя» или «сгущая» химус выделением пищеварительных соков [8].

Таблица 1. Содержание аминокислот в химусе рубца бычков при включении в рацион фермента протеазы, % в пробе

Table 1. Amino acid content in the rumen chyme of steers when protease enzyme is included in the diet, % in sample

Содержание аминокислот, % в пробе	Группы		
	контрольная	I	II
Аргинин	0,70 $\pm$ 0,02	0,52 $\pm$ 0,03	0,65 $\pm$ 0,03
Лизин	0,16 $\pm$ 0,04	0,16 $\pm$ 0,001	0,17 $\pm$ 0,001
Тирозин	0,10 $\pm$ 0,02	0,16 $\pm$ 0,003	0,15 $\pm$ 0,003
Фенилаланин	0,15 $\pm$ 0,04	0,21 $\pm$ 0,02	0,16 $\pm$ 0,02
Гистидин	0,16 $\pm$ 0,03	0,06 $\pm$ 0,03	0,10 $\pm$ 0,03
Лейцин-изолейцин	0,51 $\pm$ 0,05	0,54 $\pm$ 0,06	0,53 $\pm$ 0,06
Метионин	0,77 $\pm$ 0,02	1,72 $\pm$ 0,02	1,55 $\pm$ 0,02
Валин	0,24 $\pm$ 0,03	0,27 $\pm$ 0,04	0,22 $\pm$ 0,04
Пролин	0,23 $\pm$ 0,03	0,34 $\pm$ 0,01	0,32 $\pm$ 0,01
Треонин	0,21 $\pm$ 0,04	0,32 $\pm$ 0,03	0,30 $\pm$ 0,03
Серин	0,18 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,02
Аланин	0,29 $\pm$ 0,04	0,32 $\pm$ 0,03	0,31 $\pm$ 0,03
Глицин	0,21 $\pm$ 0,05	0,28 $\pm$ 0,03	0,26 $\pm$ 0,03
Всего	3,91	5,13	4,96

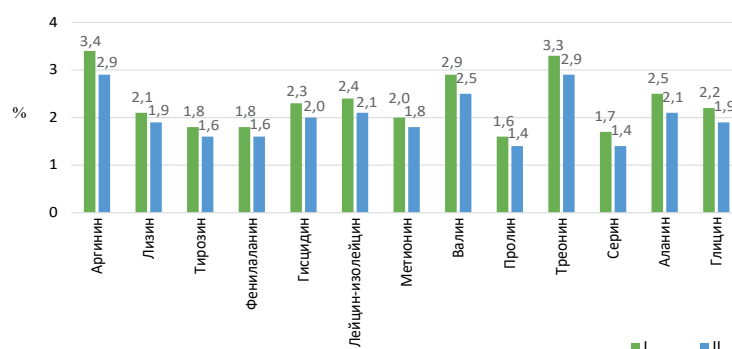
Данные о количестве поступивших аминокислот в организм бычков в составе рациона представлены на рисунке 1.

Анализируя данные, нетрудно заметить увеличенное количество поступивших аминокислот во всех опытных группах относительно контроля. Однако можно отметить, что в I опытной группе максимальное увеличение содержания среди аминокислот наблюдается у аргинина (3,4%), треонина (3,3%) и валина (2,9%) на фоне минимального увеличения пролина (1,6%) и серина (1,7%) при сравнении с контрольной группой. Во II опытной группе максимальным содержанием отличались такие аминокислоты, как аргинин и треонин (2,9%), валин (2,5%) на фоне минимальных значений пролина и серина (1,4%).

Результаты исследований показали, что доля аминокислот, выделенных из организма бычков с калом, в условиях настоящего эксперимента не превышает 8,7% от всех аминокислот химуса. Анализ данных по выделению аминокислот с калом показал, что во II опытной группе были более

Рис. 1. Количество поступивших аминокислот в организм бычков в составе рациона, % относительно контроля

Fig. 1. Amount of amino acids supplied to the body of steers as part of the diet, % relative to control



⁴ ГОСТ Р 55569-2013 Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза.

выраженными потери такой незаменимой аминокислоты, как гистидин (61,6%), относительно контрольных значений (рис. 2).

Необходимым условием изучения потребностей животного в аминокислотах является определение величины всасывания аминокислот в кишечнике. Данные по количеству поступивших аминокислот в организм в составе рациона и количеству аминокислот, выделенных с калом, позволяют рассчитать количество аминокислот, усвоенных организмом (рис. 3).

По количеству усвоенных в кишечнике аминокислот выявлена существенная разница между группами, свидетельствующая о четко выраженном влиянии протеаз в рационе на интенсивность всасывания аминокислот в кишечнике. Так, в I опытной группе установлено повышение содержания тирозина (на 2,9%), пролина (на 1,2%), аргинина (на 0,6%), фенилаланина (на 0,3%) при снижении содержания глицина (на 2,9%), аланина (на 3,0%), серина (1,0%), треонина (1,5%) и валина (4,8%) относительно контроля.

Важно отметить, что во II опытной группе наблюдалось значительное увеличение лизина (на 12,5%), фенилаланина (на 12,3%), тирозина (на 9,2%), серина (на 8,9%), треонина (на 8,8%), аланина (на 8,1%), изолейцина и глицина (на 7,6%), валина (на 5,9%), пролина (на 2,3%), аргинина (на 2,9%) на фоне снижения метионина (на 3,9%) и гистидина (17,8%), относительно контрольной группы. Предполагаем, что более высокая усвояемость аминокислот при включении в рацион протеаз могла распределить переваренный субстрат в сторону увеличения микробной биомассы [9].

На основании имеющихся данных можно предположить, что различное содержание и соотношение аминокислот в рационе выравнивается за счет биосинтеза микробного белка, выделения белков пищеварительных соков и плазмы крови, в результате чего в химусе кишечника создается состав аминокислот, необходимый для тканевого обмена и обеспечения синтеза своего белка — белка животного.

Известно [10], что в разных отделах кишечника всасывание аминокислот происходит с различной скоростью, в основном снижение всасывания идет от двенадцатиперстной кишки к конечному отделу кишечника. Одна аминокислота всасывается интенсивнее, чем при совместном введении двух и более аминокислот. В то же время одни аминокислоты могут стимулировать всасывание других. Всасывание различных аминокислот происходит не с одинаковой скоростью. По наблюдениям C.G. Schwab *et al.* [11], интенсивность всасывания аминокислот располагается в следующем порядке: гликокол, аланин,

Рис. 2. Количество выделенных аминокислот из организма бычков с калом, % относительно контроля

Fig. 2. Amount of amino acids excreted from the body of steers with faeces, % relative to control

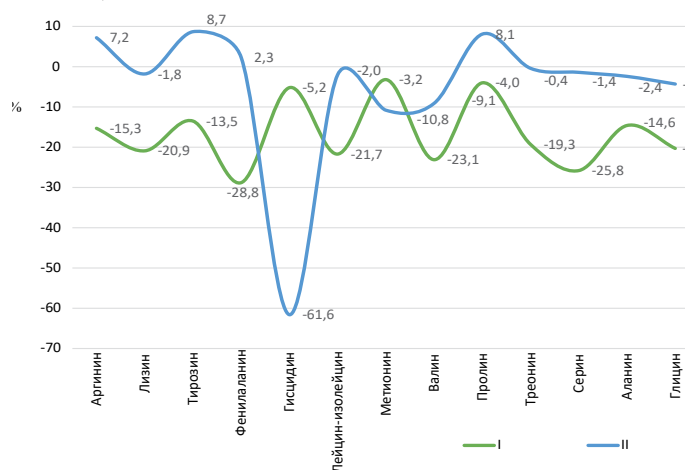
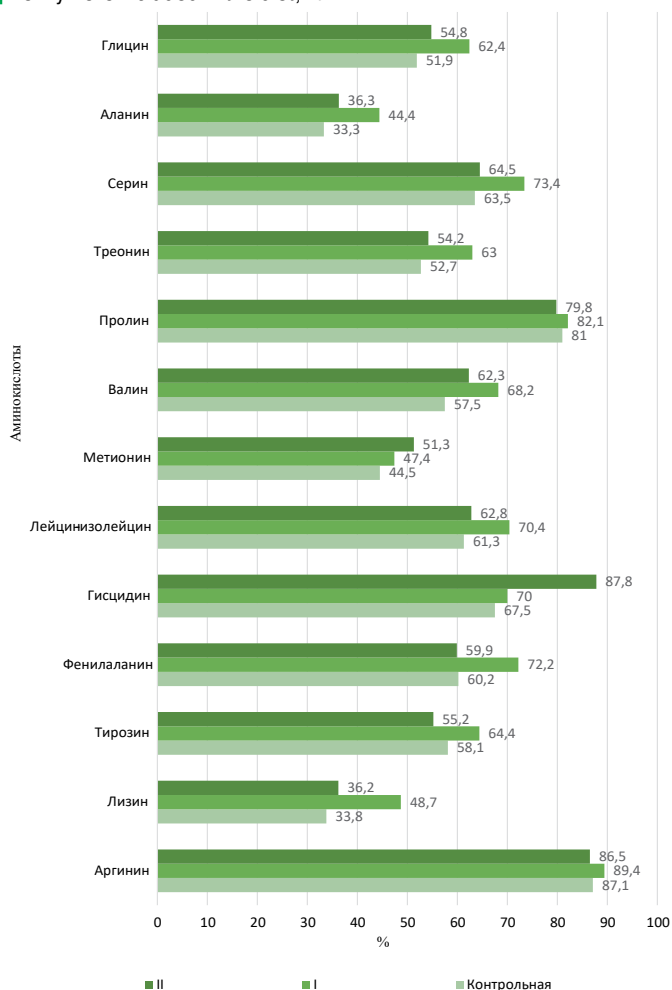


Рис. 3. Усвояемость аминокислот в организме бычков при включении в рацион фермента протеазы, %

Fig. 3. Amino acid digestibility in the body of steers when protease enzyme is included in the diet, %



цистеин, глутаминовая кислота, валин, метионин, лейцин, триптофан.

Выводы/Conclusions

Сравнительный анализ влияния двух протеазных добавок (грибной и бактериальной) позволяет делать следующие выводы: внесение изучаемых протеаз способствовало лучшей

усвояемости аминокислот в организме бычков. Наиболее перспективной добавкой для питания бычков может служить бактериальная протеаза, обладающая высокой активностью (II группа), что подтверждается данными увеличения усвояемости лизина (на 12,5%), фенилаланина (на 12,3%), тирозина (на 9,2%), серина (на 8,9%), треонина (на 8,8%), аланина (на 8,1%), изолейцина и глицина (на 7,6%), валина (на 5,9%), пролина (на 2,3%), аргинина (на 2,9%) относительно контрольной группы.

Полученные результаты необходимы для прогнозирования процессов пищеварения и создания оптимальных условий нутриентной обеспеченности молодняка крупного рогатого скота. Добавление протеаз в рацион бычков представляет собой перспективный подход к улучшению усвоения аминокислот и повышению продуктивности животных. Дальнейшие исследования в этой области позволят более точно определить оптимальные дозировки и условия применения протеаз для достижения максимальной эффективности.

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 выполнено за счет средства гранта Российского научного фонда № 23-16-00061.
<https://rscf.ru/project/23-26-00061/>

FUNDING

The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 23-16-00061.
<https://rscf.ru/project/23-26-00061/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lukuyu B., Gachui C.K., Lukuyu M.N., Lusweti C., Mwenda S. (eds.). Feeding dairy cattle in East Africa. Nairobi, Kenya: *East Africa Dairy Development*. 2012; xi: 95. ISBN 92-9146-272-1
2. Engels E. Voedingsnavorsing met die weidende dier. *South African Journal of Animal Science*. 1983; 13(4): 292–298.
3. Mótyán J.A., Tóth F., Tózsér J. Research Applications of Proteolytic Enzymes in Molecular Biology. *Biomolecules*. 2013; 3(4): 923–942. <https://doi.org/10.3390/biom3040923>
4. Contesini F.J., Melo R.R. de, Sato H.H. An overview of *Bacillus* proteases: from production to application. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2017; 38(3): 321–334. <https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1354354>
5. Tufvesson P., Lima-Ramos J., Nordblad M., Woodley J.M. Guidelines and Cost Analysis for Catalyst Production in Biocatalytic Processes. *Organic Process Research & Development*. 2011; 15(1): 266–274. <https://doi.org/10.1021/op1002165>
6. Beauchemin K.A., Holtshausen L. Developments in enzyme usage in ruminants. Bedford M.R., Partridge G.G. (eds.). *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. 2nd Edition. CABI. 2010; 206–230. <https://doi.org/10.1079/9781845936747.0206>
7. Beauchemin K.A., Rode L.M., Sewalt V.J.H. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. *Canadian Journal of Animal Science*. 1995; 75(4): 641–644. <https://doi.org/10.4141/cjas95-096>
8. Лебедев С.В., Губайдулина Э.З., Шейда Е.В., Гречкина В.В. Обмен (синтез и усвоение) аминокислот в пищеварительном тракте крупного рогатого скота при использовании в рационе различных по ингредиентному составу кормов. *Аграрный научный журнал*. 2019; (4): 54–57. <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i4pp54-57>
9. Getachew G., Robinson P.H., DePeters E.J., Taylor S.J. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 2004; 111(1–4): 57–71. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00217-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00217-7)
10. Zinn R.A., Shen Y. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *Journal of Animal Science*. 1998; 76(5): 1280–1289. <https://doi.org/10.2527/1998.7651280x>
11. Schwab C.G., Bozak C.K., Whitehouse N.L., Mesbah M.M.A. Amino Acid Limitation and Flow to Duodenum at Four Stages of Lactation. 1. Sequence of Lysine and Methionine Limitation. *Journal of Dairy Science*. 1992; 75(12): 3486–3502. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78125-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78125-9)

REFERENCES

1. Lukuyu B., Gachui C.K., Lukuyu M.N., Lusweti C., Mwenda S. (eds.). Feeding dairy cattle in East Africa. Nairobi, Kenya: *East Africa Dairy Development*. 2012; xi: 95. ISBN 92-9146-272-1
2. Engels E. Feeding research with grazing ruminants. *South African Journal of Animal Science*. 1983; 13(4): 292–298 (in Dutch).
3. Mótyán J.A., Tóth F., Tózsér J. Research Applications of Proteolytic Enzymes in Molecular Biology. *Biomolecules*. 2013; 3(4): 923–942. <https://doi.org/10.3390/biom3040923>
4. Contesini F.J., Melo R.R. de, Sato H.H. An overview of *Bacillus* proteases: from production to application. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2017; 38(3): 321–334. <https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1354354>
5. Tufvesson P., Lima-Ramos J., Nordblad M., Woodley J.M. Guidelines and Cost Analysis for Catalyst Production in Biocatalytic Processes. *Organic Process Research & Development*. 2011; 15(1): 266–274. <https://doi.org/10.1021/op1002165>
6. Beauchemin K.A., Holtshausen L. Developments in enzyme usage in ruminants. Bedford M.R., Partridge G.G. (eds.). *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. 2nd Edition. CABI. 2010; 206–230. <https://doi.org/10.1079/9781845936747.0206>
7. Beauchemin K.A., Rode L.M., Sewalt V.J.H. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. *Canadian Journal of Animal Science*. 1995; 75(4): 641–644. <https://doi.org/10.4141/cjas95-096>
8. Lebedev S.V., Gubaidulina E.Z., Sheida E.V., Grechkina V.V. Exchange (uptake and synthesis) of amino acids in the digestive tract of cattle when used in diet different ingredient composition of the feed. *Agrarian scientific journal*. 2019; (4): 54–57 (in Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i4pp54-57>
9. Getachew G., Robinson P.H., DePeters E.J., Taylor S.J. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 2004; 111(1–4): 57–71. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00217-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00217-7)
10. Zinn R.A., Shen Y. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *Journal of Animal Science*. 1998; 76(5): 1280–1289. <https://doi.org/10.2527/1998.7651280x>
11. Schwab C.G., Bozak C.K., Whitehouse N.L., Mesbah M.M.A. Amino Acid Limitation and Flow to Duodenum at Four Stages of Lactation. 1. Sequence of Lysine and Methionine Limitation. *Journal of Dairy Science*. 1992; 75(12): 3486–3502. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78125-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78125-9)

ОБ АВТОРАХ

Елена Владимировна Шейда^{1,2}

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

Галимжан Калиханович Дускаев¹

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

Ольга Вилориевна Кван^{1,2}

кандидат биологических наук, старший научный
сотрудник¹;
кандидат биологических наук, старший научный
сотрудник²
kwan111@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Елена Анатольевна Букарева¹

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
elenka_rs@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1622-1284>

Юрий Андреевич Сечнев¹

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

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

Galimzhan Kalihanovich Duskaev¹

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

Olga Vilorieva Kvan^{1,2}

Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher¹;
Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher²
kwan111@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Elena Anatolyevna Bukareva¹

Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher
elenka_rs@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1622-1284>

Yuri Andreevich Sechnev¹

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

¹Federal Scientific Center for 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

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

