

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ

Научная статья

УДК 636.084.1:633.393.1:591.11

doi:10.33284/2658-3135-104-4-12

Изменение биохимических показателей слюны, крови и степени переваримости корма (*in vitro*) на фоне введения лузги подсолнечника молодняку крупного рогатого скота

Елена Владимировна Шейда^{1,5}, Виталий Александрович Рязанов², Сергей Александрович Мирошников^{3,6}, Галимжан Калиханович Дускаев⁴

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

^{5,6}Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

^{1,5}elena-snejjda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

²vita7456@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0903-9561>

^{3,6}rector_osu@mail.osu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1173-1952>

⁴gduskaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

Аннотация. В исследовании изучено изменение биохимических параметров отдельных биосубстратов (слюна, кровь) молодняку крупного рогатого скота на фоне скармливания труднопереваримых отходов производства – лузги подсолнечника. В группе, получавшей лузгу, отмечено повышение антиоксидантной активности относительно контроля, так в сыворотке крови активность фермента супероксиддисмутазы была достоверно выше на 34 %, при этом показатель перекисного окисления липидов – на 26 % ($P \leq 0,05$). Морфологический и биохимический анализы крови показали, что все изучаемые параметры как контрольной, так и опытной групп находились в пределах физиологической нормы, что является основанием рассматривать лузгу в качестве кормового средства. Биохимический анализ слюны продемонстрировал в опытной группе относительно контрольного рациона повышение активности пищеварительных ферментов р-амилазы на 61 % и липазы – на 76,4 % ($P \leq 0,05$), также отмечено увеличение концентрации Са на 70,4 %, Fe – на 44,9 % и мочевины – на 73 % ($P \leq 0,05$). Изучение *in vitro* рубцового пищеварения при включении лузги и дополнительном введении малых молекул ванилина, 4 гексилрезорцинола, салициловой кислоты и ультрадисперсных частиц показало повышение переваримости сухого вещества (СВ) в пробах с салициловой кислотой и УДЧ хрома, однако механизм действия пока не изучен. Необходимо проведение дальнейших исследований по подбору добавок, их дозировок и экспозиции введения для повышения переваримости лузги и использования её в кормлении молодняку крупного рогатого скота.

Ключевые слова: бычки, кормление, лузга подсолнечника, малые молекулы, ультрадисперсные частицы Fe, Cr_2O_3 , переваримость, антиоксидантный статус, пищеварительные ферменты, морфологический состав крови, биохимический состав крови

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 20-16-00088.

Для цитирования: Шейда Е.В., Рязанов В.А., Мирошников С.А., Дускаев Г.К. Изменение биохимических показателей слюны, крови и степени переваримости корма (*in vitro*) на фоне введения лузги подсолнечника молодняку крупного рогатого скота // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 4. С. 12-21. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-12>

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ

Original article

Changes in the biochemical parameters of saliva, blood and the degree of feed digestibility (*in vitro*) against the background of the introduction of sunflower husk to young cattle

Elena V Sheyda^{1,5}, Vitaly A Ryazanov², Sergey A Miroshnikov^{3,6}, Galimzhan K Duskaev⁴

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

^{5,6}Orenburg State University, Orenburg, Russia

^{1,5}elena-snejjda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

²vita7456@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0903-9561>

^{3,6}rector_osu@mail.osu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1173-1952>

⁴gduskaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

Abstract. The work studied the change in the biochemical parameters of individual biosubstrates (saliva, blood) of young cattle against the background of feeding indigestible production waste – sunflow-

er husks. In the group receiving husk, there was an increase in antioxidant activity relative to the control, so in the blood serum the activity of the enzyme superoxide dismutase was significantly higher by 34%, while the lipid peroxidation index was 26% ($P \leq 0.05$). Morphological and biochemical blood tests showed that all the studied parameters of both the control and experimental groups were within the physiological norm, which is the reason to consider husk as a fodder. Biochemical analysis of saliva demonstrated in the experimental group, relative to the control diet, an increase in the activity of digestive enzymes p-amylase by 61% and lipase by 76.4% ($P \leq 0.05$), an increase in the concentration of Ca by 70.4%, Fe by 44.9% and urea by 73% ($P \leq 0.05$) was also noted. An *in vitro* study of ruminal digestion with the inclusion of husk and additional administration of small molecules of vanillin, 4 hexylresorcinol, salicylic acid and ultrafine particles showed an increase in the digestibility of dry matter in samples with salicylic acid and chromium UFPs, however, the mechanism of action has not yet been studied. It is necessary to conduct further research on the selection of additives, their dosages and the exposure of administration to increase the digestibility of husk and its use in feeding young cattle.

Keywords: calves, feeding, sunflower husk, small molecules, ultrafine particles of Fe, Cr₂O₃, digestibility, antioxidant status, digestive enzymes, morphological composition of blood, biochemical composition of blood

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project № 20-16-00088.

For citation: Sheyda EV, Ryazanov VA, Miroshnikov SA, Duskaev GK. Changes in the biochemical parameters of saliva, blood and the degree of feed digestibility (*in vitro*) against the background of the introduction of sunflower husk to young cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):12-21. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-12>

Введение.

Во время выращивания сельскохозяйственных культур растений и производства пищевой продукции накапливается широкий спектр побочных продуктов, большинство из которых в настоящее время не применяются или используется в качестве корма для животных (Klingel T et al., 2020).

В качестве альтернативы в последние 10 лет рассматривается разрешение на использование шелухи в ЕС для производства безалкогольных напитков на водной основе (Panama Varietals GmbH, 2018). Подсолнечная лузга может представлять собой альтернативное топливо с относительно высокой теплотворной способностью (Turzyński T et al., 2021). Изучается способ разложения лузги штаммами бактерий (Marcus A and Fox G, 2021).

В то же время для активного использования отходов производства в кормлении животных необходимы поиск и разработка эффективных путей их подготовки к скармливанию и тщательному изучению их влияния на процессы пищеварения.

Определённый интерес в этом отношении представляет собой лузга подсолнечника, влияние которой на процессы пищеварения в рубце жвачных слабо изучено. В недавних исследованиях были оценены рационы на основе лузги подсолнечника и люцерны как менее опасные при выращивании свиней, в части химического состава и запаха (Mpendulo CT et al., 2018a; Mpendulo CT et al., 2018b). Рассматриваются методы обработки побочных продуктов масличных культур, которые могут быть использованы в кормах для животных, их влияние на приблизительный состав питательных веществ, аминокислотный профиль и антинутриенты (Duodu CP et al., 2018).

Цель исследования.

Оценить изменение биохимических показателей биосубстратов (*in vivo*) и переваримость сухого вещества (*in vitro*) на фоне введения лузги подсолнечника у молодняка крупного рогатого скота.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Бычки казахской белоголовой породы средней массой 220-225 кг, в возрасте 8 месяцев. Рубцовая жидкость крупного рогатого скота.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08 1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the

Carre and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследованных опытных образцов.

Схема эксперимента. Первая серия исследований проведена в отделе кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» на молодняке крупного рогатого скота, разделённого на две группы (n=5): рацион 1 группы (контрольная, контроль) включал 70 % грубых кормов, 25 % – концентрированных, 5 % – биологически активные вещества, в т. ч. премикс; 2 группа (опытная) – ОР+10 % лузга подсолнечника (измельчённая, 0,5-2 мм) взамен грубой части рациона. Содержание животных – привязное, поение – вволю. Отбор показателей (слюна, кровь) проводился утром перед кормлением. Морфологические показатели крови оценивались на автоматическом гематологическом анализаторе URIT-2900 VetPlus («URIT Medical Electronic Co., Ltd», Китай). Биохимический состав сыворотки крови – на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd.», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии («ДИАКОН-ДС», Россия; «Randox Laboratories Ltd», Великобритания). Определение ферментативной активности в плазме крови проводилось спектрофотометрическим методом на Stat fax 1904 Plus.

Вторая серия – исследования *in vitro* по оценке переваривания рационов, содержащих корма со значительным преобладанием труднорасщепляемых компонентов (подсолнечная лузга), с учётом характеристик эффективности рубцового пищеварения. Исследовались рубцовая жидкость крупного рогатого скота, измельчённая лузга подсолнечника (2-3 мм), ультрадисперсные частицы (УДЧ) железа (Fe) (d=90 нм, Z-потенциал 7,7±0,5 мВ), содержали 99,8% Fe) – 1,4 мг/кг СВ рациона; УДЧ хрома: Cr₂O₃ (d=91нм, удельная поверхность – 9 м²/г, Z-потенциал –93±0,53 мВ), содержали 99,8 %, получены методом плазмохимического синтеза (ООО «Платина», г. Москва) – 200 мкг/кг СВ рациона; марганец, порошок, 300 нм, 99+%, (Acros)-5,0 мг/кг СВ рациона. Перед включением в рацион УДЧ диспергировали в физиологическом растворе с помощью ультразвукового диспергатора УЗДН-2. Оценка переваримости сухого вещества корма осуществляли в нейлоновых мешочках с помощью инкубатора «ANKOM DaisyII» (модификации D200 и D200I). Каждый эксперимент был проведён в трёх повторностях. Коэффициент переваримости сухого вещества *in vitro* вычисляли как разницу масс образца корма с мешочком до и после двухстадийной инкубации. Схема эксперимента: 1 – контроль (РЖ); 2 – РЖ+УДЧ железа; 3 – РЖ+УДЧ хрома; 4 – РЖ+УДЧ марганца.

Третья серия – исследования *in vitro* по оценке переваривания рационов, содержащих труднорасщепляемые компоненты (подсолнечная лузга) с учётом характеристик эффективности рубцового пищеварения на фоне малых молекул. Исследовались рубцовая жидкость крупного рогатого скота (бычки, возраст – 8 мес.), измельчённая лузга подсолнечника (2-3 мм), малые молекулы (Deryabin DG and Tolmacheva AA, 2015): ванилин (Sigma-Aldrich, 98%), гексилрезорцинол (Sigma-Aldrich, 95%), салициловая кислота (Sigma-Aldrich, 98%). Оценка переваримости сухого вещества корма осуществляли в нейлоновых мешочках с помощью «искусственного рубца» KPL 01. Каждый эксперимент был проведён в трёх повторностях. Коэффициент переваримости сухого вещества *in vitro* вычисляли как разницу масс образца корма с мешочком до и после двухстадийной инкубации. Схема эксперимента: 1 – контроль (РЖ); 2 – РЖ+ванилин; 3 – РЖ+4 гексилрезорцинол; 4 – РЖ+салициловая кислота.

Оборудование и технические средства. Лабораторные исследования проводили в Центре коллективного пользования ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации № RA.RU.21ПФ59 от 02.12.15).

Исследования переваримости СВ рациона производили методом *in vitro* с использованием модели «искусственного рубца» с использованием установки-инкубатора «ANKOM Daisy II» (модификации D200 и D200I); автоматический гематологический анализатор URIT-2900 VetPlus («URIT Medical Electronic Group Co., Ltd», Китай); автоматический анализатор CS-T240 («DIRUI Industrial Co., Ltd», Китай).

Статистическая обработка. Цифровые данные были обработаны с помощью программы SPSS «Statistics 20» («IBM», США), рассчитывали средние (M), среднеквадратичные отклонения (±σ), ошибки стандартного отклонения (±SE). Для сравнения вариантов использовали непараметрический метод анализа. Различия считали статистически значимыми при P≤0,05.

Результаты исследования.

По результатам первой серии исследований (табл. 1, 2, 3) установлено, что включение в состав рациона лузги подсолнечника способствовало увеличению в составе слюны и сыворотки крови животных мочевины ($P \leq 0,05$), фермента липазы ($P \leq 0,05$), в слюне – р-Амилазы ($P \leq 0,05$), кальция и железа ($P \leq 0,05$), в сыворотке крови – мочевой кислоты ($P \leq 0,05$) и фермента супероксиддисмутазы. В то же время в сыворотке крови отмечено снижение р-Амилазы и железа ($P \leq 0,05$), в слюне – фосфора и мочевой кислоты в сравнении с контролем.

Таблица 1. Антиоксидантный статус и показатель перекисного окисления липидов сыворотки крови животных (n=5)

Table 1. Antioxidant status and indicator of lipid peroxidation of animal blood serum (n=5)

Субстрат / Substrate	Показатели, единица измерения / Indicators, unit of measurement		
	малоновый диальдегид, мкМ/ Malondialdehyde, microns	супероксиддисмутаза, %/ superoxide dismutase, %	каталаза, мкМ H ₂ O ₂ /лхмин/ catalase, microns H ₂ O ₂ /lhmin
Кровь (контроль)/ Blood (control)	3,30±0,52	46,87±0,31	48,0±0,84
Кровь (опытная)/ Blood (experimental)	4,46±0,74*	71,07±0,24*	41,82±0,51

Примечание: * – Здесь и далее в сравнении с контролем $P \leq 0,05$

Note: * – Here and further in comparison with the control $P \leq 0,05$

Таблица 2. Биохимические показатели сыворотки крови и слюны животных (n=5)

Table 2. Biochemical parameters of blood serum and saliva of animals (n=5)

Субстрат /Substrate	Показатели, единица измерения/ Indicators, unit of measurement									
	глюкоза, ммоль/л/ glucose, mmol/l	общий белок, г/л/ total protein, g/l	мочевина, ммоль/л/ urea, mmol/l	а-Амилаза, Ед/л/ a-amylase, point/l	р-Амилаза, Ед/л/ р-amylase, point/l	липаза, Ед/л / lipase, point/l	мочевая кислота, ммоль/л/ uric acid mmol/l	Са, ммоль/л / Ca, mmol/l	Р, ммоль/л/ P, mmol/l	Fe, Мкмоль/л/ Fe, mmol/l
Кровь (контроль)/ Blood (control)	5,33 ±0,11	97,59 ±0,14	1,6 ±0,54	151 ±0,55	5,5 ±0,13	7,5 ±0,88	2,8 ±0,65	2,46 ±0,33	1,65 ±0,25	22,4 ±0,83
Кровь (опытная) / Blood (experimental)	5,24 ±0,21	93,46 ±0,22	9,1* ±0,25	87 ±0,71	2* ±0,74	40,6* ±0,92	7,5* ±0,87	9,1* ±0,21	2,11 ±0,36	2,96* ±0,52
Слюна (контроль)/ Saliva (control)	0,1 ±0,17	2,13 ±0,31	1,7 ±0,12	55 ±0,32	2,3 ±0,10	1,3 ±0,31	8,3 ±0,43	0,83 ±0,09	4,27 ±0,87	5 ±0,51
Слюна (опытная)/ Saliva (experimental)	0,15 ±0,10	1,92 ±0,15	6,3* ±0,33	52 ±0,21	5,9* ±0,13	5,5* ±0,13	1,6* ±0,52	2,7* ±0,11	0,7* ±0,89	9,08* ±0,12

Таблица 3. Морфологические показатели крови животных (n=5)
Table 3. Morphological parameters of animal blood (n=5)

Субстрат / Substrate	Показатели, единица измерения/ Indicators, unit of measurement										
	WBC 10 ⁹ к/л/л	RBC 10 ¹² к/л/л	HGB г/л	HCT %	MCV fl	MCH Пг	MCHC г/л	RDW- CV %	PLT 10 ⁹ к/л/л	MPV fl	PCT %
Кровь (контроль)/ Blood (control)	145,7 ±0,52	9,12 ±0,52	104 ±0,21	29,2 ±0,26	32,1 ±0,12	11,4 ±0,41	356 ±0,63	19,3 ±0,11	764 ±0,33	11,4 ±0,19	0,87 ±0,22
Кровь (опытная)/ Blood (experimental)	128,1 ±0,65	8,87 ±0,44	103 ±0,14	28,3 ±0,71	32,0 ±0,44	11,6 ±0,27	363 ±0,29	21,0 ±0,25	838 ±0,16	11,3 ±0,27	0,94 ±0,25

Примечание: WBC – лейкоциты; LYM – лимфоциты; MID – соотношение разных видов лейкоцитов; GRAN – гранулоциты; RBC – эритроциты; HGB – гемоглобин; HCT – гематокрит; MCV – средний объём эритроцитов; MCH – средний уровень HGB в эритроците; MCHC – средняя концентрация эритроцитов в гемоглобине; RDW_CV – относительная ширина распределения эритроцитов по объёму (коэффициент вариации); RDW_SD – относительная ширина распределения эритроцитов по объёму (стандартное отклонение); PLT – тромбоциты; MPV – средний объём тромбоцитов; PCT – тромбокрит

Note: WBC – leukocytes; LYM – lymphocytes; MID – ratio of different types of leukocytes; GRAN – granulocytes; RBC – erythrocytes; HGB – hemoglobin; HCT – hematocrit; MCV – average volume of erythrocytes; MCH – average level of HGB in erythrocytes; MCHC – average concentration of erythrocytes in hemoglobin; RDW_CV – relative width of the distribution of erythrocytes by volume (coefficient of variation); RDW_SD – relative width of red blood cell distribution by volume (standard deviation); PLT – platelets; MPV – average platelet volume; PCT – thrombocrit.

По результатам второй серии исследований коэффициент переваримости сухого вещества лузги подсолнечника (*in vitro*, 24-часовая экспозиция) был более высоким при добавлении ультрадисперсных частиц хрома (на 1,2 %), в целом по разным вариантам переваримость составила 15-17 % (табл. 4).

Таблица 4. Коэффициент переваримости сухого вещества лузги подсолнечника (*in vitro*), на приборе ANKOMDaisy (24-часовая экспозиция)Table 4. Coefficient of digestibility of sunflower husk dry matter (*in vitro*), on the ANKOMDaisy device (24-hour exposure)

Контроль / Control	15,6±0,38
УДЧ Fe/ UDP Fe	15,3±0,71
УДЧ Cr/ UDP Cr	16,8±0,23
УДЧ Mn/ UDP Mn	15,7±0,32

По результатам третьей серии исследований коэффициент переваримости сухого вещества лузги подсолнечника (*in vitro*, 24-часовая экспозиция) был более высоким при добавлении салициловой кислоты (на 1,2 %), в целом по разным вариантам переваримость составила 11-13 % (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициент переваримости сухого вещества лузги подсолнечника (*in vitro*), на приборе KPL 01 (24-часовая экспозиция)

Table 5. Coefficient of digestibility of sunflower husk dry matter (*in vitro*), on the KPL 01 device (24-hour exposure)

Контроль / <i>Control</i>	11,3±0,57
Ванилин / <i>Vanillin</i>	11,2±0,52
4 гексилрезорцинол / <i>4 hexylresorcinol</i>	11,6±0,33
Салициловая кислота / <i>Salicylic acid</i>	12,8±0,74

На основании полученных данных по второй и третьей сериях эксперимента разработаны схемы дальнейших исследований, направленных на поиск необходимых компонентов с учётом их дозировки и экспозиции в рубцовой жидкости.

Обсуждение полученных результатов.

Полученные результаты согласуются с ранее проведёнными исследованиями (Myint H et al., 2017), где шелуху нута функционально оценивали по антиоксидантному статусу, показателям крови, ферментации слепой кишки и микробиологическим профилям у птицы. В эксперименте с кормлением цыплята показали снижение уровня холестерина и улучшенную антиоксидантную активность.

В отличие от нашего эксперимента тёлки, получавшие рацион с высоким содержанием концентрата, имели более высокие ($P \leq 0,01$) общую антиоксидантную способность плазмы и супероксиддисмутазу (Zhang J et al., 2020).

Известно, что слюнные выделения необходимы для регуляции пищеварительных процессов, а также для здоровья рубца жвачных. Результаты ранее проведённых исследований слюны показали отсутствие влияния продолжительности кормления рационом с высоким содержанием концентратов на бикарбонат, фосфат, общие белки, муцины, лизоцим и буферную ёмкость (Castillo-Lopez E et al., 2021).

В нашем эксперименте отмечено значительное варьирование минеральных веществ, что вероятно обусловлено превалированием грубого корма в рационе. Альфа-амилаза слюны и липаза являются биомаркерами стресса (Escribano D et al., 2019; Contreras-Aguilar M et al., 2019), таким образом, мы можем предположить, что введение лузги подсолнечника является определённым стресс-фактором для животных. Повышение активности липазы в слюне было также описано у свиней после эпизода острого стресса (Tecles F et al., 2017).

Биомаркерами общего обмена веществ могут являться креатинин, мочевины, триглицериды, глюкоза, лактат, общий белок, альбумин, фосфор, общий кальций (Contreras-Aguilar MD et al., 2021a). В нашем случае отмечено увеличение азотистого (мочевина) и минерального (кальций) обмена.

Некоторыми авторами наблюдалась положительная корреляция между количеством лейкоцитов и липазой, продуктами продвинутого окисления и уровнями лактата в слюне (Contreras-Aguilar MD et al., 2021b), в нашем эксперименте данных корреляций не установлено.

Кроме того, необходимо учитывать, что время суток и сезон года влияют на анализ слюнных желез (Contreras-Aguilar MD et al., 2020), также как и технологические стрессы (Song R et al., 2011).

Ввиду наличия вероятной взаимосвязи между микробиотой рубца и составом слюны у жвачных (Fouhse JM et al., 2017) были проведены исследования по оценке влияния микрофлоры на

переваримость лузги и подсолнечника на фоне биологически активных веществ. Исследования последних лет показывают положительное влияние биологически активных веществ на микробиом животных и переваримость веществ корма (Duskaev GK et al., 2019; Logachev K et al., 2015; Deryabin D et al., 2019). Использование добавок в виде минералов или фитохимических веществ может модулировать микробную ферментацию в рубце, что приводит к повышению эффективности использования питательных компонентов рационов (Benchaar C et al., 2008). Смещение профиля ферментации в сторону большего количества пропионата и меньшего количества ацетата более эффективно и снижает выделение метана (Busquet M et al., 2005). Многочисленные исследования продемонстрировали способность биологически активных веществ изменять микробный профиль ферментации рубца (Castillejos L et al., 2006; Rodríguez-Prado M et al., 2012; Foskolos A et al., 2020).

Исследования 24-часовой инкубации *in vitro* рубцовой жидкости с рационом 18 % сырого белка, 30 % – нейтральной детергентной клетчатки и дополнительным включением биологически активных веществ – эвгенола, гваякола, лимонена, тимола и ванилина показали снижение общей концентрации летучих жирных кислот и повышение pH, что привело к снижению переваримости питательных веществ рациона (Castillejos L et al., 2006). В своем исследовании нами установлено незначительное снижение переваримости СВ рациона при включении ванилина, при этом дополнительное введение 4 гексилрезорцинола показало повышение данного коэффициента относительно контроля на 2,6 % ($P \leq 0,05$).

Добавление УДЧ хрома имеет тенденцию увеличивать потребление сухого вещества рациона у молодняка крупного рогатого скота, что согласуется с данными, полученными в исследованиях ранее на тёлках первого отёла в течение первых 4-6 недель после родов. Молочный скот, получающий хром, потребляет больше корма и производит больше молока относительно контрольного рациона, не содержащего Cr (McNamara JP and Valdez F, 2005).

Дополнительное включение в рацион телят Fe в дозировке 750 мг / кг сухого вещества способствовало снижению среднесуточных привесов, потребления сухого вещества и эффективности корма (Hansen SL et al., 2010). Высокий уровень железа вызывает синтез гепсидина, который, в свою очередь, снижает циркуляцию железа, препятствуя его рециркуляции макрофагами и всасыванию в кишечнике (Núñez MT, 2010). Введение УДЧ железа в дозировке 1,4 мг/кг сухого вещества рациона способствовало незначительному снижению переваримости сухого вещества рациона *in vitro* на 0,3 % относительно контроля. Высокий уровень железа вызывает синтез гепсидина, который, в свою очередь, снижает циркуляцию железа, препятствуя его рециркуляции макрофагами и всасыванию в кишечнике.

Заключение.

Проведённый биохимический анализ отдельных биосубстратов на фоне введения лузги подсолнечника показал, что все изучаемые параметры были в пределах физиологической нормы, однако следует отметить некоторое изменение отдельных из них в сторону снижения или увеличения относительно контрольной группы. Дополнительное включение малых молекул незначительно изменяло переваримость СВ изучаемого рациона, что диктует необходимость проведения дальнейших исследований с целью подбора компонентов добавок, дозировок и способов их введения для эффективного использования лузги подсолнечника как кормового средства.

Список источников

1. Benchaar C, Calsamiglia S, Chaves AV, Fraser GR, Colombatto D, Mcallister TA, Beauchemin KA. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Anim Feed Sci Technol.* 2008;145(1-4):209-228. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2007.04.014

2. Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Carro MD, Kamel C. Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. *J Dairy Sci.* 2005;88(12):4393-4404. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)73126-X
3. Castillejos L., Calsamiglia S., Ferret A. Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. *J Dairy Sci.* 2006;89:2649-2658. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72341-4
4. Castillo-Lopez E, Petri RM, Ricci S, Rivera-Chacon R, Sener-Aydemir A, Sharma S, Reisinger N, Zebeli Q. Dynamic changes in salivation, salivary composition, and rumen fermentation associated with duration of high-grain feeding in cows. *J Dairy Sci.* 2021;104(4):4875-4892. doi: 10.3168/jds.2020-19142
5. Contreras-Aguilar M, Henry S, Coste C, Tecles F, Escribano D, Cerón, JJ, Hausberger M. Changes in saliva analytes correlate with horses' behavioural reactions to an acute stressor: a pilot study. *Animals.* 2019;9(11):993. doi: 10.3390/ani9110993
6. Contreras-Aguilar MD, Lamy E, Escribano D, Cerón JJ, Tecles F, Quiles AJ, Hevia ML. Changes in salivary analytes of horses due to circadian rhythm and season: a pilot study. *Animals.* 2020;10(9):1486. doi: 10.3390/ani10091486
7. Contreras-Aguilar MD, López-Arjona M, Martínez-Miró S, Escribano D, Hernández-Ruipérez F, Cerón JJ, Tecles F. Changes in saliva analytes during pregnancy, farrowing and lactation in sows: A sialochemistry approach. *Vet J.* 2021a;273:105679. doi: 10.1016/j.tvjl.2021.105679
8. Contreras-Aguilar MD, Vallejo-Mateo PJ, Lamy E, Escribano D, Cerón JJ, Tecles F, Rubio CP. Changes in saliva analytes in dairy cows during peripartum: a pilot study. *Animals.* 2021b;11(3):749. doi: 10.3390/ani11030749
9. Deryabin D, Galadzhieva A, Kosyan D, Duskaev G. Plant-derived inhibitors of AHL-mediated quorum sensing in bacteria: modes of action. *Int J Mol Sci.* 2019;20(22):5588. doi: 10.3390/ijms20225588
10. Deryabin DG, Tolmacheva AA. Antibacterial and anti-quorum sensing molecular composition derived from *Quercus cortex* (oak bark) extract. *Molecules.* 2015;20(9):17093-17108. doi: 10.3390/molecules200917093
11. Duodu CP, Adjei-Boateng D, Edziyie RE, Agbo NW, Owusu-Boateng G, Larsen BK, Skov PV. Processing techniques of selected oilseed by-products of potential use in animal feed: Effects on proximate nutrient composition, amino acid profile and antinutrients. *Anim Nutr.* 2018;4(4):442-451. doi: 10.1016/j.aninu.2018.05.007
12. Duskaev GK, Karimov IF, Levakhin GI, Nurzhanov BS, Rysaev AF, Dusaeva KhB. Ecology of ruminal microorganisms under the influence of *Quercus Cortex* extract. *International Journal of GEOMATE.* 2019;16(55):59-66. doi: 10.21660/2019.55.4673
13. Escribano D, Horvatić A, Contreras-Aguilar MD, Guillemin N, Cerón JJ, Lopez-Arjona M, Hevia ML, Eckersall PD, Manteca X, Mrljak V. Identification of possible new salivary biomarkers of stress in sheep using a high-resolution quantitative proteomic technique. *Res Vet Sci.* 2019;124:338-345. doi: 10.1016/j.rvsc.2019.04.012
14. Foskolos A, Ferret A, Siurana A, Castillejos L, Calsamiglia S. Effects of capsaicin and propyl-propane thiosulfonate on rumen fermentation, digestion, and milk production and composition in dairy cows. *Animals.* 2020;10(5):859. doi: 10.3390/ani10050859
15. Fohse JM, Smiegielski L, Tuplin M, Guan LL, Willing BP. Host immune selection of rumen bacteria through salivary secretory IgA. *Front Microbiol.* 2017;8:848. doi: 10.3389/fmicb.2017.00848
16. Hansen SL, Ashwell MS, Moeser AJ, Fry RS, Knutson MD, Spears JW. High dietary iron reduces transporters involved in iron and manganese metabolism and increases intestinal permeability in calves. *J Dairy Sci.* 2010;93(2):656-665. doi: 10.3168/jds.2009-2341
17. Klingel T, Kremer JI, Gottstein V, Rajcic de Rezende T, Schwarz S, Lachenmeier DW. A review of coffee by-products including leaf, flower, cherry, husk, silver skin, and spent grounds as novel foods within the European Union. *Foods.* 2020;9(5):665. doi: 10.3390/foods9050665

18. Logachev K, Karimov I, Duskaev G, Frolov A, Tulebaev S, Zav'yalov O. Study of intercellular interaction of ruminal microorganisms of beef cattle. *Asian Journal of Animal Sciences*. 2015;9(5):248-253. doi: 10.3923/ajas.2015.248.253
19. MacNamara JP, Valdez F. Adipose tissue metabolism and production responses to calcium propionate and chromium propionate. *J Dairy Sci*. 2005;88(7):2498-2507. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72927-1
20. Marcus A, Fox G. Fungal Biovalorization of a brewing industry byproduct, brewer's spent grain: a review. *Foods*. 2021;10(9):2159. doi: 10.3390/foods10092159
21. Mpendulo CT, Chimonyo M, Ndou SP, Bakare AG. Fiber source and inclusion level affects characteristics of excreta from growing pigs. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2018a;31(5):755-762. doi: 10.5713/ajas.14.0611
22. Mpendulo CT, Hlatini VA, Ncobela CN, Chimonyo M. Effect of fibrous diets on chemical composition and odours from pig slurry. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2018b;31(11):1833-1839. doi: 10.5713/ajas.16.0126
23. Myint H, Kishi H, Koike S, Kobayashi Y. Effect of chickpea husk dietary supplementation on blood and cecal parameters in rats. *Anim Sci J*. 2017;88(2):372-378. doi: 10.1111/asj.12651
24. Núñez MT. Regulatory mechanisms of intestinal iron absorption-uncovering of a fast-response mechanism based on DMT1 and ferroportin endocytosis. *Biofactors*. 2010;36(2):88-97. doi: 10.1002/biof.84
25. Panama Varietals GmbH. [Internet] Coffee Husk (Cascara) - the dried husk of the coffee fruit or coffee cherry. Available from: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/novel-food_sum_ongoing-app_2018-0192.pdf (accessed March 20, 2020).
26. Rodríguez-Prado M, Ferret A, Zwieter J, Gonzalez L, Bravo D, Calsamiglia S. Effects of dietary addition of capsicum extract on intake, water consumption, and rumen fermentation of fattening heifers fed a high-concentrate diet. *J. Anim. Sci*. 2012;90:1879-1884. doi: 10.2527/jas.2010-3191
27. Song R, Foster DN, Shurson GC. Effects of feeding diets containing bacitracin methylene disalicylate to heat-stressed finishing pigs. *J Anim Sci*. 2011;89(6):1830-1843. doi: 10.2527/jas.2010-3218
28. Tecles F, Contreras-Aguilar MD, Martínez-Miró S, Tvarijonaviciute A, Martínez-Subiela S, Escribano D, Cerón JJ. Total esterase measurement in saliva of pigs: validation of an automated assay, characterization and changes in stress and disease conditions. *Res Vet Sci*. 2017;114:170-176. doi: 10.1016/j.rvsc.2017.04.007
29. Turzyński T, Kluska J, Ochnio M, Kardaś D. Comparative analysis of pelletized and un-pelletized sunflower husks combustion process in a batch-type reactor. *Materials*. 2021;14(10):2484. doi: 10.3390/ma14102484
30. Zhang J, Shi HT, Wang YC, Li SL, Cao ZJ, Yang HJ, Wang YJ. Carbohydrate and amino acid metabolism and oxidative status in Holstein heifers precision-fed diets with different forage to concentrate ratios. *Animal*. 2020;14(11):2315-2325. doi: 10.1017/S1751731120001287

Информация об авторах:

Елена Владимировна Шейда, кандидат 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, сот.: 8-922-862-64-02; старший научный сотрудник института биоэлементологии, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13, тел.: 8-922-862-64-02.

Виталий Александрович Рязанов, кандидат сельскохозяйственных наук, 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.: 8(3532)30-81-79.

Сергей Александрович Мирошников, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, главный 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.: 8(3532)30-81-70; врио ректора, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13, тел.: 8(3532)77-67-70.

Галимжан Калиханович Дускаев, доктор биологических наук, ведущий 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.: +7(3532)30-81-70.

Information about the authors:

Elena V Sheyda, Cand. 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, 460000, Orenburg, 29, 9 Yanvarya St.; Senior Researcher, Experimental Biological Clinic, 460018, Orenburg, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave, 8-922-862-64-02.

Vitaly A Ryazanov, Cand. Sci. (Agriculture), Researcher of the Department of Feeding for Farm Animals and Feed Technology named after Leushin SG, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, 29, 9 Yanvarya St., tel.: 8(3532)30-81-79.

Sergey A Miroshnikov, Dr. Sci. (Biology), RAS Corresponding Member, Chief Researcher of the Department of Feeding for Farm Animals and Feed Technology named after Leushin SG, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, 29, 9 Yanvarya St., tel.: 8(3532)30-81-70; Interim Rector, Orenburg State University, 460018, Orenburg, 13 Pobedy Ave, tel.:77-67-70.

Galimzhan K Duskaev, Dr. Sci. (Biology), Leading Researcher of the Department of Feeding for Farm Animals and Feed Technology named after Leushin SG, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, Russia, 29, 9 Yanvarya St., tel.: 8(3532)30-81-79.

Статья поступила в редакцию 29.07.2021; одобрена после рецензирования 17.09.2021; принята к публикации 13.12.2021.

The article was submitted 29.07.2021; approved after reviewing 17.09.2021; accepted for publication 13.12.2021.