

УДК 636.084.1:636.085.57

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-43-47>

исследования/ research

Шейда Е.В.^{1,2},
Мирошников С.А.¹,
Дускаев Г.К.¹,
Рязанов В.А.¹,
Гречкина В.В.¹

¹ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, ул. 9 Января, д. 29, г. Оренбург, Оренбургская область, 460000, Россия
E-mail: fncbst@mail.ru

² Оренбургский государственный университет, пр. Победы, д. 13, г. Оренбург, Оренбургская область, 460018, Россия

Ключевые слова: цинк, лузга подсолнечника, азот, летучие жирные кислоты, метаногенез, рубец, крупный рогатый скот

Для цитирования: Шейда Е.В., Мирошников С.А., Дускаев Г.К., Рязанов В.А., Гречкина В.В. Изменение параметров рубцового содержимого *in vitro* при использовании лузги подсолнечника и цинка в ультрадисперсной форме. *Аграрная наука.* 2022; 360 (6): 43–47.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-43-47>

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи, несут равную ответственность за плагиат и представленные данные.

Авторы объявили, что нет никаких конфликтов интересов.

Elena V. Sheida^{1,2},
Sergey A. Miroshnikov¹,
Galimzhan K. Duskaev¹,
Vitaly A. Ryazanov¹,
Victoria V. Grechkina¹

¹ Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg region, Orenburg, January 9st., 29, 460000, Russia
E-mail: fncbst@mail.ru

² Orenburg State University, Orenburg region, Orenburg, Pobedy al., 13, 460018, Russia

Key words: zinc, sunflower husk, nitrogen, volatile fatty acids, methanogenesis, rumen cattle

For citation: 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; 360 (6): 43–47. (In Russ.)
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-43-47>

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism and presented data.

The authors declare no conflict of interest.

Изменение параметров рубцового содержимого *in vitro* при использовании лузги подсолнечника и цинка в ультрадисперсной форме

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Побочные продукты переработки сельскохозяйственной продукции рассматриваются как сырье для использования в составах кормов для животноводства с целью снижения затрат на кормление животных. Включение минеральных добавок может повысить пищевую ценность рационов и позволить использовать корма более низкого качества.

Методы. Объектом исследования является рубцовое содержимое от бычков с хронической фистулой рубца, массой 240–245 кг, 11–12 месяцев; ультрадисперсные частицы (УДЧ) цинка (Zn — размер 110 нм, Zn 90%). Метаболом изучался на основе испытаний следующих образцов корма: подсолнечная лузга, подвергнутая механическому измельчению без обработки и с обработкой (гидро модуль (вода), УЗ при 20°C, 15 минут, 27 кГц). Определение уровня метана осуществляли на «Кристаллюкс-2000М» методом газовой хроматографии, уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца — методом газовой хроматографии на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М», определение форм азота — по ГОСТ 26180-84.

Результаты. Включение УДЧ цинка в дозировке 3,0 мг и 6,0 мг улучшало переваримость СВ относительно контрольного образца на 21,9–22,4% ($p \leq 0,05$). Дополнительное включение цинка в дозировке 1,5 мг и 3 мг способствовало увеличению ацетата на 94,7% и 97,9%, пропионата — на 85,4% и 71,4% ($p \leq 0,05$), бутирата — на 95,6% и 87,3% соответственно относительно контрольного образца. Присутствие цинка в дозировке 6,0 мг значительно увеличивало концентрацию ацетата, пропионата, бутирата и капроновой кислоты — на 94,9%, 93,2%, 94,4% и 75,4% ($p \leq 0,05$) относительно контроля. Уровень образования метана во всех опытных группах относительно контроля был значительно ниже.

Changes in the parameters of ruminal digesta *in vitro* when using sunflower husk and zinc in ultrafine form

ABSTRACT

Relevance. By-products of agricultural processing are considered as raw materials for use in animal feed formulations in order to reduce the cost of animal feeding. The inclusion of mineral supplements can increase the nutritional value of diets and allow the use of lower quality feeds.

Methods. The object of the study is ruminal digesta from bull-calves with chronic scar fistula, weighing 240–245 kg, 11–12 months old; ultrafine particles (UFP) of zinc (Zn — size 110 nm, Zn 90%). Metabolism was studied on the basis of tests of the following feed samples: sunflower husk subjected to mechanical grinding without treatment and with treatment (hydromodule (water), ultrasonication at 20°C, 15 minutes, 27 kHz). The level of methane was determined on the “Crystallux-2000M” by gas chromatography, the level of volatile fatty acids (VFA) in the contents of the rumen — by gas chromatography on the gas chromatograph “Crystallux-4000M”, determination of nitrogen forms— according to GOST 26180-84.

Results. The inclusion of UHF zinc at a dosage of 3.0 mg and 6.0 mg improved the digestibility of DM relative to the control sample by 21.9–22.4% ($p \leq 0.05$). The additional inclusion of zinc at a dosage of 1.5 mg and 3 mg contributed to an increase in acetate by 94.7% and 97.9%, propionate — by 85.4% and 71.4% ($p \leq 0.05$), butyrate— by 95.6% and 87.3% respectively relative to the control sample. The presence of zinc at a dosage of 6.0 mg significantly increased the concentration of acetate, propionate, butyrate and caproic acid — by 94.9%, 93.2%, 94.4% and 75.4% ($p \leq 0.05$) relative to the control. The level of methane formation in all experimental groups relative to the control was significantly lower.

Поступила в редакцию: 4 апреля 2022

Одобрена после рецензирования: 3 мая 2022

Принята к публикации: 20 июня 2022

Received: 4 april 2022

Accepted in revised form: 3 may 2022

Accepted for publication: 20 june 2022

Введение

Побочные продукты переработки сельскохозяйственной продукции рассматриваются как сырье для использования в составах кормов для животноводства с целью снижения затрат на кормление животных [1].

Лузга, отделяемая от семян подсолнечника в процессе их подготовки к извлечению масла, представляет собой одревесневшую растительную ткань, однородную по физической структуре, с постоянным химическим составом и физико-механическими свойствами [2]. Технологический выход подсолнечной лузги всегда ниже содержания оболочки в семени и зависит от технологической схемы получения масла, а также от сорта. Так, в обычных семенах старых сортов низкомасличного подсолнечника содержание оболочки (лузжистость) составляет более 40% от массы семени. В высокомасличных семенах подсолнечника с содержанием масла до 50% (на сухое вещество) лузжистость семян в 1,5–2 раза ниже, чем в семенах старых сортов, и составляет 22,5–30% [3].

Подсолнечная лузга содержит 1,4% богатого углеродом чрезвычайно устойчивого пигмента фитомелана, значительное количество пентозанов (23,6–28%), клетчатки (52–66%), лигнина (24,8–29,6%), целлюлозы (31–42,4%) и является ценным сырьем для получения кормовых дрожжей, гидролизного спирта фурфурола, ацетона и других продуктов [4, 5]. Традиционно лузга используется в качестве кормовой добавки в животноводстве, но процент ее использования не высок. Наиболее распространенный способ утилизации лузги — это ее сжигание, что наносит ущерб окружающей среде и свидетельствует о неэффективном расходовании отходов [6].

Использование корма, приготовленного из шелухи и лузги, в кормлении телят мясных пород показало, что при ферментации увеличивается содержание кормовых единиц: в шелухе проса — до 0,46 (в исходном сырье — 0,28), в шелухе гречихи — до 0,23 (в исходном сырье — 0,18), в лузге подсолнечника — до 0,37 (в исходном сырье — 0,24). Переваримость кормов увеличивается на 2,5–4,5% [7]. Использование гречишной шелухи после смешанной бактериальной ферментации для скармливания животным способствует сокращению расхода основных кормов на 16%. Преимущество конврсированных кормов заключается в ускоренном процессе ферментации [7], накоплении молочной кислоты, незначительной потере питательных веществ, улучшении органолептических свойств кормов, лучшей поедаемости, улучшении деятельности микрофлоры желудочно-кишечного тракта, отсутствии отрицательных воздействий на качество основного корма и на здоровье животных [8].

Внесение в состав кормов телят шелухи проса и гречихи, лузги подсолнечника, подвергнутых твердофазной ферментации целлюлолитическими, пентозосбраживающими молочнокислыми и пропионовокислыми бактериями, способствует получению высококачественного кормового продукта, содержащего в своем составе биологически активные вещества, способствующие повышению иммунного статуса животных [9]. Однако известно, что лузга подсолнечника является малопитательным кормовым продуктом, требующим дополнительной обработки перед скармливанием [10] и включения дополнительных биологически активных веществ. Известен способ (RU (11) 2 667 784) приготовления корма для животных на основе лузги подсолнечника. Способ характеризуется тем, что лузгу подсолнечника

измельчают до 1 мм и направляют в фильтровальный агрегат технологического процесса получения масла подсолнечного для получения фильтровальной массы нормативной степени насыщенности, затем массу извлекают из фильтра и загружают в реактор активации для деструкции строения лузги подсолнечника до степени легкоусваиваемой клетчатки для животных. Полученную массу смешивают со шротом подсолнечника и белково-витаминно-минеральной добавкой и формируют вакуумированием с получением готовой продукции.

В качестве добавок в пищевой промышленности очень распространено использование минеральных веществ, в частности цинка; благодаря наличию антимикробных свойств он оказывает непосредственное влияние на микробиом желудочно-кишечного тракта и биодоступность компонентов корма [11, 12]. Многочисленными исследованиями доказано дозозависимое влияние цинка на показатели роста домашнего скота и птицы [13–15].

Минеральные добавки могут повысить пищевую ценность рационов и могут позволить использовать корма более низкого качества [16]. Таким образом, Zn регулярно добавляется в продукты питания и корма для людей и домашнего скота для нормального течения физиологических процессов в организме, а также для удовлетворения ежедневной потребности. В то время как незначительный дефицит Zn может не приводить к клиническим проявлениям у жвачных животных, серьезный дефицит Zn имеет последствия для иммунной системы, которые потенциально могут повлиять на взаимодействие между хозяином и микробами. Более того, насколько нам известно, в нескольких исследованиях изучалось влияние добавок Zn на микробиоту рубца [17].

Несмотря на множество исследований, посвященных влиянию цинка на здоровье и продуктивность животных, очень мало работ по определению влияния цинка на процессы пищеварения в целом, особенно у жвачных животных. Мы предположили, что добавление Zn в ультрадисперсной форме изменит структуру бактериального сообщества рубцовой жидкости и в результате приведет к преобразованию метаболических параметров содержимого рубца и позволит повысить переваримость трудноращепляемого компонента корма — лузги — и снизить выбросы парниковых газов в атмосферу путем снижения метаногенеза.

Цель исследования: оценить влияние микроэлемента Zn в ультрадисперсной форме на изменение параметров в содержимом рубца жвачных при использовании лузги подсолнечника, подвергнутой предварительной механофизической обработке.

Материалы и методы

Объектом исследования является рубцовое содержимое, полученное от бычков казахской белоголовой породы с хронической фистулой рубца, средней массой 240–245 кг, в возрасте 11–12 месяцев.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования осуществлялись в соответствии с требованиями инструкций и рекомендаций к выполнению биологических исследований [18, 19]. При проведении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить количество исследованных опытных образцов.

Исследования переваримости сухого вещества (СВ) производили методом *in vitro* с помощью установки-инкубатора «ANKOM DaisyII» (модификации D200 и D200I)

по специализированной методике. В качестве дисперсионной среды была выбрана дистиллированная вода. Каждый эксперимент был проведен в четырех повторностях.

После инкубирования производили отбор проб воздуха для определения уровня метана на приборе «Кристаллюкс-2000М» методом газовой хроматографии.

Лабораторные исследования проводили в Испытательном центре ЦКП ФНЦ БСТ РАН: уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М», определение форм азота — по ГОСТ 26180-84.

Статистический анализ. 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 $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$.

Метаболические изменения в рубце *in vitro* изучались на основе испытаний следующих образцов корма: контроль (образец 1) — подсолнечная лузга, подвергнутая механическому измельчению без обработки; образец 2 — механическое измельчение лузги + гидромодуль (вода) + обработка УЗ при 20°C, 15 минут, 27 кГц; образцы 3, 4 и 5 — образец 2 + ультрадисперсные частицы УДЧ Zn в дозировке 1,5; 3,0; 6,0 мг на 1 кг СВ соответственно (табл. 1). Для изучения использовали УДЧ цинка (Zn — размер 110 нм, содержание Zn 90%, получен методом электрического взрыва проводника в атмосфере аргона). Перед включением в рацион частицы диспергировали в физиологическом растворе.

В качестве субстрата для проведения исследований *in vitro* использовали отходы производства подсолнечного масла — лузгу, предварительно подготовленную механическим и механико-физическим способами (табл. 1).

Результаты

Оценка переваримости СВ измельченной лузги подсолнечника показала 21,2% переваримости, при этом дополнительная механическая и физическая обработка улучшала переваримость СВ в опытном 2-м образце на 19% ($p \leq 0,05$). Включение УДЧ цинка в дозировке 3,0 мг и 6,0 мг улучшало переваримость СВ относительно контрольного образца на 22,4% ($p \leq 0,05$), а в 3-м образце — на 21,9% ($p \leq 0,05$) (табл. 2).

Текущие исследования по дозировкам цинка в рационе молодняка крупного рогатого скота варьируют от 1,5 мг/кг до 6,0 мг/кг, в то время как рекомендации для крупного рогатого скота менее определенны и составляют до 30 мг/кг независимо от физиологического состояния животного [20, 21]. Было показано, что соответствующие концентрации пищевого цинка полезны в экономическом плане для производства мясной продукции.

Наши исследования согласуются с работами, в которых сообщалось о более высоких показателях роста и обменных процессов в организме жвачных животных, получавших различные добавки Zn [22]. В исследованиях нами отмечено, что включение ультрадисперсных частиц цинка способствует увеличению эффективности использования труднопереваримых углеводов во всех изучаемых дозировках.

Течение обменных процессов в рубце напрямую связано с уровнем ЛЖК в рубцовой жидкости как основным продуктом жизнедеятельности микрофлоры рубца. Так, при анализе таблицы 3 установлено, что при использовании образца 2 отмечено угнетение образования ЛЖК как относительно контроля, так и относительно других опытных образцов (табл. 3).

Дополнительное включение цинка в дозировке 1,5 мг способствовало увеличению ацетата на 94,7%, пропионата — на 85,4% ($p \leq 0,05$), бутирата — на 95,6%, валерьяновой и капроновой кислоты — на 41,4% ($p \leq 0,05$) и 74,7% соответственно относительно контрольного образца.

Введение УДЧ цинка в дозировке 3,0 мг на фоне использования обработанной лузги подсолнечника показало повышение уровня ЛЖК относительно 1-го образца: уксусной кислоты — на 97,9%, пропионовой кислоты — на 71,4% ($p \leq 0,05$), масляной — на 87,3%, капроновой — на 79,6%, при этом уровень валерьяновой кислоты достоверно снижались на 33,7% ($p \leq 0,05$).

Присутствие цинка в дозировке 6,0 мг значительно увеличивало концентрацию ацетата, пропионата, бутирата и капроновой кислоты — на 94,9%, 93,2%, 94,4% и 75,4% ($p \leq 0,05$) относительно контроля. Уровень валерьяновой кислоты в 5-м образце относительно 1-го образца снижались на 34,3% ($p \leq 0,05$).

Таблица 1. Получение образцов кормового продукта

Table 1. Qualitative indicators of feed product samples

№ опытного образца	Обработка
1	Механическое измельчение
2	Механическое измельчение + гидромодуль (вода) + обработка УЗ при 20°C, 15 минут, 27 кГц
3	Механическое измельчение + гидромодуль (вода) + обработка УЗ (20°C, 15 минут, 27 кГц) + Zn 1,5 мг
4	Механическое измельчение + гидромодуль (вода) + обработка УЗ (20°C, 15 минут, 27 кГц) + Zn 3,0 мг
5	Механическое измельчение + гидромодуль (вода) + обработка УЗ (20 °C, 15 минут, 27 кГц) + Zn 6,0 мг

Таблица 2. Переваримость сухого вещества лузги подсолнечника *in vitro* (M \pm m, n = 12), %

Table 2. Digestibility of sunflower husk dry matter *in vitro* (M \pm m, n = 12), %

№ опытного образца	Переваримость СВ, %
1	21,2 \pm 0,23
2	40,2 \pm 0,11*
3	43,1 \pm 0,51*
4	43,6 \pm 0,15*
5	43,6 \pm 0,32*

Примечание: * — $p \leq 0,05$, при сравнении с контролем

Таблица 3. Уровень летучих жирных кислот в рубцовой жидкости при дополнительном включении Zn ($M \pm m$, $n = 12$), мг/л

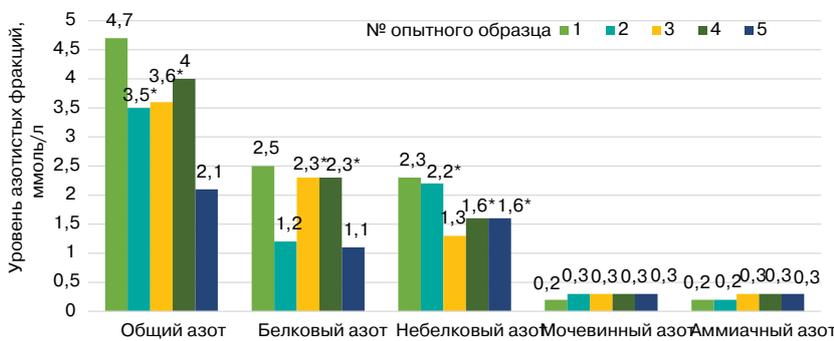
Table 3. The level of volatile fatty acids in the ruminal digesta with additional inclusion of Zn ($M \pm m$, $n = 12$), mg/l

№ опытного образца	Летучие жирные кислоты, мг/л				
	уксусная	пропионовая	масляная	валерьяновая	капроновая
1	2,37±0,08	менее 1,0	менее 1,0	3,09±0,08	2,43±0,02
2	менее 1,0	менее 1,0	менее 1,0	менее 1,0	менее 1,0
3	44,7±0,14	6,83±0,06*	22,6±0,14	5,27±0,06*	9,59±0,1
4	113,6±0,16	3,5±0,02*	7,9±0,07	2,05±0,02*	11,9±0,11
5	46,3±0,12	14,8±0,11	17,8±0,11	2,03±0,02*	9,86±0,09*

Примечание: * — $p \leq 0,05$, при сравнении с контролем

Рис. 1. Содержание азотистых фракций в рубцовой жидкости ($M \pm m$, $n = 12$), ммоль/л

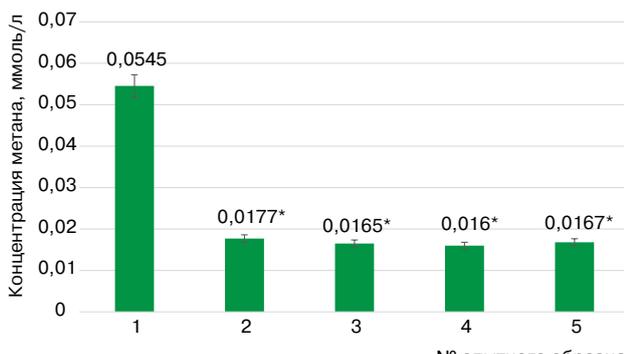
Fig. 1. The content of nitrogenous fractions in the scar fluid ($M \pm m$, $n = 12$), mmol/l



Примечание: * — $p \leq 0,05$, при сравнении с контролем.

Рис. 2. Концентрация метана (CH_4) *in vitro* ($M \pm m$, $n = 12$), ммоль/л

Fig. 2. Methane (CH_4) concentration *in vitro* ($M \pm m$, $n = 12$), mmol/l



Примечание: * — $p \leq 0,05$, при сравнении с контролем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Yang K, Qing Y, Yu Q, Tang X, Chen G, Fang R, et al. By-product feeds: current understanding and future perspectives. *Agriculture*. 2021;11:207. Doi: 10.3390/agriculture11030207
- Nitschke M, Silva SSE. Recent food applications of microbial surfactants. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018;58(4):631-638 doi: 10.1080/10408398.2016.1208635
- Кошаев АГ, Плутахин ГА, Фисенко ГВ, Петренко АИ. Безотходная переработка подсолнечного шрота. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2008;3:66-68.
- Farias CBV, Almeida FC, Silva IA, Souza TC. Et al. Production of green surfactants: Market prospects. *Electronic Journal of Biotechnology*. 2021. Doi: 10.1016/j.ejbt.2021.02.002
- Грачева НВ, Желтобрюхов ВФ. Способ получения меланина из лузги подсолнечника и исследование его антиоксидантной активности. *Вестник Технологического университета*. 2016;19(15):154-157

Уровень общего азота в опытных образцах относительно контроля снижался во 2-м образце на 25,5%, в 3-м — на 23,4%, в 4-м — на 15% и в 5-м — на 55,3% (рис. 1).

Уровень белкового азота при использовании цинка в дозировках 1,5 мг и 3 мг снижался на 8%, при дозировке 6 мг — на 56%. Такая же тенденция отмечалась и в отношении небелкового азота, данный показатель снижался во 2-м образце на 4,3%, в 3-м — на 43,5%, в 4-м и 5-м — на 30,4% относительно 1-го образца.

Уровень аммиачного и мочевинового азота в РЖ контрольного и опытных образцов значительно не различался.

Уровень образования метана во всех опытных группах относительно контроля был значительно ниже (рис. 2). Так, при использовании 2-го образца концентрация метана снизилась на 67,3% ($p \leq 0,05$), 3-го и 4-го образцов — на 71% ($p \leq 0,05$) и 5-го образца — на 69,1% ($p \leq 0,05$).

В нашем исследовании включение цинка в ультрадисперсной форме улучшает переваримость СВ рациона на 22,4%, снижает производство метана на 71% и улучшает течение метаболических процессов в рубце. Следует отметить, что наибольшей эффективностью обладала дозировка 3 мг/кг СВ корма. Более высокие дозировки УДЧ Zn способствовали увеличению концентрации летучих жирных кислот, однако отрицательно сказывались на концентрации аммиачного азота и соотношении ацетата и пропионата [23].

Выводы

На основании проведенных нами *in vitro* исследований установлено, что дополнительное включение микроэлемента цинка в различных дозировках оказывало позитивное влияние на переваримость СВ лузги подсолнечника и течение метаболических процессов в модели рубца жвачных. Максимально эффективное использование показал опытный образец, включающий лузгу, подвергнутую механическому измельчению, + гидромодуль (вода) + обработка УЗ (20°C, 15 минут, 27 кГц) с дополнительным внесением ультрадисперсных частиц Zn в дозировке 3,0 мг на 1 кг СВ рациона.

Исследования выполнены по проекту РНФ №20-16-00088

тания и окружающей среды. Сборник материалов. Министерство образования Оренбургской области; Всемирный технологический университет филиал в г. Оренбурге; Оренбургский государственный университет. 2007;155-157.

10. Тарасов ВЕ, Коробко СС. Использование вторичных ресурсов переработки семян подсолнечника для создания новых пав натурального происхождения. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021;83(2);108-115.

11. Fadayifar A, Aliarabi H, Tabatabaei MM, Zamani P, Bahari A, Malecki M, Dezfoulian AH. Improvement in lamb performance on barley based diet supplemented with zinc. Journal of Livestock Science. 2012;144:285-289. Doi:10.1016/j.livsci.2011.12.002

12. Ishaq SL, Page CM, Yeoman CJ, Murphy TW, Van Emon ML, Stewart WC. Zinc AA supplementation alters yearling ram rumen bacterial communities but zinc sulfate supplementation does not. Journal of animal science. 2019; 97(2): 687-697 DOI:10.1093/jas/sky456

13. Mishra A, Swain RK, Mishra SK, Panda N, Sethy K. Growth performance and serum biochemical parameters as affected by nano zinc supplementation in layer chicks. Indian J Anim Nutr. 2014;31:384e8

14. Sahoo A, Swain RK, Mishra SK, Jena B. Serum biochemical indices of broiler birds fed on inorganic, organic and nano zinc supplemented diets. Int J Recent Sci Res. 2014(a);5:2078e81.

15. Sahoo A, Swain RK, Mishra SK. Effect of inorganic, organic and nano zinc supplemented diets on bioavailability and immunity status of broilers. Int J Adv Res. 2014(b);2:828e37.

REFERENCES

1. Yang K, Qing Y, Yu Q, Tang X, Chen G, Fang R, et al. By-product feeds: current understanding and future perspectives. Agriculture. 2021;11:207. Doi: 10.3390/agriculture11030207

2. Nitschke M, Silva SSE. Recent food applications of microbial surfactants. Critical reviews in food science and nutrition. 2018;58(4):631-638 doi: 10.1080/10408398.2016.1208635

3. Koshchaev AG, Plutakhin GA, Fisenko GV, Petrenko AI. Waste-free processing of sunflower meal. Storage and processing of agricultural raw materials. 2008;3:66-68 (InRuss.)

4. Farias CBB, Almeida FC, Silva IA, Souza TC. Et al. Production of green surfactants: Market prospects. Electronic Journal of Biotechnology. 2021. Doi: 10.1016/j.ejbt.2021.02.002

5. Gracheva N.V., Zheltobryukhov V.F. The method of obtaining melanin from sunflower husk and the study of its antioxidant activity. Bulletin of the Technological University. 2016;19(15):154-157 (In Russ.)

6. Tarasov VE, Korobko SS. The use of secondary sunflower seed processing resources to create new surfactants of natural origin. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2021. 2021;83(2);108-115 (In Russ.)

7. Chmil A.I. Technology of bioconversion of agricultural waste into fuel, fertilizers and feed. Ecotechnology and resource conservation. 1995;4 (In Russ.)

8. Karpova GV. Microbiological fermentation of food substrates. Ensuring food and environmental safety of mankind – the most important task of the XXI century. Orenburg.: 2000 (In Russ.)

9. Karpova GV. Influence of millet and buckwheat husks, sunflower husks after bacterial fermentation of clb, pmb and pcb on the natural resistance of calves and geese. In the collection: Innovative technologies for ensuring food safety and the environment. Collection of materials. Ministry of Education of the Orenburg Region; World Technological University branch in Orenburg; Orenburg State University. 2007;155-157 (In Russ.)

10. Tarasov VE, Korobko SS. The use of secondary sunflower seed processing resources to create new surfactants of natural origin. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2021. 2021;83(2);108-115 (In Russ.)

11. Fadayifar A, Aliarabi H, Tabatabaei MM, Zamani P, Bahari A, Malecki M, Dezfoulian AH. Improvement in lamb performance on barley based diet supplemented with zinc. Journal of Livestock Science. 2012;144:285-289. Doi:10.1016/j.livsci.2011.12.002

12. Ishaq SL, Page CM, Yeoman CJ, Murphy TW, Van Emon ML,

16. Swain PS, Rao SBN, Rajendran D, Dominic G, Selvaraju S. Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. Animal Nutrition. 2016;2(3):134-141. DOI: 10.1016/j.aninu.2016.06.003

17. Hilal EY, Elkhairey MAE, Osman OAO. The role of zinc, manganese and copper in rumen metabolism and immune function: a review article. Open J. Anim. Sci. 2016;6:304-324. Doi:10.4236/ojas.2016.64035

18. Сарымсакова БЕ, Розенсон РИ, Баттакова ЖЕ. Руководство по этике научных исследований: методические рекомендации. Астана. 2007. 98 с.

19. Веселова ТА, Мальцева АА, Швец ИМ. Биоэтические проблемы в биологических и экологических исследованиях: учебно-методическое пособие в электронном виде. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет. 2018. 187с.

20. NRC. Nutrient requirements of beef cattle, 8th rev. ed. Washington, DC: National Academies Press. 2015

21. Ott EA, Smith WH, Harrington RB, Beeson WM. Zinc toxicity in ruminants. I. Effect of high levels of dietary zinc on gains, feed consumption and feed efficiency of lambs. J. Anim. Sci. 1966; 25:414-418. Doi:10.2527/jas1966.252414x

22. Gunter SA, Malcolm-Callis KJ, Duff GC, Kegley EB. Performance of steers supplemented with zinc during grazing and receiving at the feedlot. Prof. Anim. Sci. 2001;17:280-286. Doi:10.15232/S1080-7446(15)31641-7

23. Chen J, Wang W, Wang Z. Effect of nano-zinc oxide supplementation on rumen fermentation in vitro. Chinese Journal of Animal Nutrition. 201; 8: 023.

Stewart WC. Zinc AA supplementation alters yearling ram rumen bacterial communities but zinc sulfate supplementation does not. Journal of animal science. 2019; 97(2): 687-697 DOI:10.1093/jas/sky456

13. Mishra A, Swain RK, Mishra SK, Panda N, Sethy K. Growth performance and serum biochemical parameters as affected by nano zinc supplementation in layer chicks. Indian J Anim Nutr. 2014;31:384e8

14. Sahoo A, Swain RK, Mishra SK, Jena B. Serum biochemical indices of broiler birds fed on inorganic, organic and nano zinc supplemented diets. Int J Recent Sci Res. 2014(a);5:2078e81.

15. Sahoo A, Swain RK, Mishra SK. Effect of inorganic, organic and nano zinc supplemented diets on bioavailability and immunity status of broilers. Int J Adv Res. 2014(b);2:828e37.

16. Swain PS, Rao SBN, Rajendran D, Dominic G, Selvaraju S. Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. Animal Nutrition. 2016;2(3):134-141. DOI: 10.1016/j.aninu.2016.06.003

17. Hilal EY, Elkhairey MAE, Osman OAO. The role of zinc, manganese and copper in rumen metabolism and immune function: a review article. Open J. Anim. Sci. 2016;6:304-324. Doi:10.4236/ojas.2016.64035

18. Сарымсакова БЕ, Розенсон Р И, Баттакова ТНЕ SAME. Guidelines on the ethics of scientific research: methodological recommendations. Астана. 2007. 98 p. (In Russ)

19. Veselova TA, Maltseva A A, Shvets IM. Bioethical problems in biological and environmental research: an educational and methodological manual in electronic form. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University. 2018. 187p. (In Russ)

20. NRC. Nutrient requirements of beef cattle, 8th rev. ed. Washington, DC: National Academies Press. 2015

21. Ott EA, Smith WH, Harrington RB, Beeson WM. Zinc toxicity in ruminants. I. Effect of high levels of dietary zinc on gains, feed consumption and feed efficiency of lambs. J. Anim. Sci. 1966; 25:414-418. Doi:10.2527/jas1966.252414x

22. Gunter SA, Malcolm-Callis KJ, Duff GC, Kegley EB. Performance of steers supplemented with zinc during grazing and receiving at the feedlot. Prof. Anim. Sci. 2001;17:280-286. Doi:10.15232/S1080-7446(15)31641-7

23. Chen J, Wang W, Wang Z. Effect of nano-zinc oxide supplementation on rumen fermentation in vitro. Chinese Journal of Animal Nutrition. 201; 8: 023.

ОБ АВТОРАХ:

Шейда Елена Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, старший научный сотрудник института биоэлементологии, Оренбургский государственный университет сот.: 8-922-862-64-02, e-mail: elena-shejida@mail.ru; orcid.org/0000-0002-2586-613X

Мирошников Сергей Александрович, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных тел.: 8(3532)30-81-70, e-mail: vnims.or@mail.ru. orcid.org/0000-0003-1173-1952

Дускаев Галимжан Калиханович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник тел.: +7 (35-32) 30-81-70, e-mail: gduskaev@mail.ru. orcid.org/0000-0002-9015-8367

Рязанов Виталий Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, тел.: 8(3532)43-46-79, e-mail: vita7456@yandex.ru, orcid.org/0000-0003-0903-9561

Гречкина Виктория Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории тел. 8-922-877-14-97, e-mail: Viktoria1985too@mail.ru orcid.org/0000-0002-1159-0531

ABOUT THE AUTHORS:

Sheida Elena Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory, Senior Researcher at the Institute of Bioelementology cell: 8-922-862-64-02, e-mail: elena-shejida@mail.ru, orcid.org/0000-0002-2586-613X

Miroshnikov Sergey Aleksandrovich, Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of, tel.: 8(3532)30-81-70, e-mail: vnims.or@mail.ru

Duskaev Galimzhan Kalikhanovich, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher tel.: +7 (35-32) 30-81-70, e-mail: gduskaev@mail.ru

Ryazanov Vitaly Aleksandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, tel.: 8(3532)43-46-79, e-mail: vita7456@yandex.ru

Grechkina Victoria Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory tel. 8-922-877-14-97, e-mail: Viktoria1985too@mail.ru