

УДК 636.088.31

DOI: 10.33284/2658-3135-104-2-111

Влияние подсолнечного фуза-отстоя, подвергнутого кавитации, на переваримость питательных веществ, обмен энергии и азота бычками мясных пород

М.Я. Курилкина, Д.М. Муслюмова, О.А. Завьялов, К.Н. Атландерова

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)

Аннотация. В статье представлены данные экспериментальных исследований влияния фуза подсолнечного, подвергнутого кавитации, на переваримость питательных веществ и их обмен в организме молодняка крупного рогатого скота. В состав основных рационов подопытных животных были включены: 10 % фуза-отстоя в нативном виде (I группа) и 10 % кавитированного фуза-отстоя (II группа).

На основании полученных в процессе эксперимента результатов отмечено, что наиболее высокими показателями переваримости питательных веществ кормов характеризовалась животными II опытной группы.

Результат введения в рацион подопытных бычков подсолнечного фуза-отстоя выражался в повышении потребления ими энергии и более продуктивном её использовании. Так, животные I и II опытных групп на 7,1-9,0 % ($P \leq 0,05$) больше, чем контроль потребляли переваримой энергии, при этом по обменной энергии они превосходили контроль на 5,7-7,1 МДж.

Добавление в состав рациона фуза-отстоя способствует наиболее интенсивному использованию азота животными опытных групп на 4,5-5,8 % относительно контроля. Лидирующую позицию при этом занимала II опытная группа, получавшая кавитированный фуз.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, бычки, кормление, кавитация, фуз-отстой, переваримость, обмен веществ.

UDC 636.088.31

Influence of sunflower oil sludge subjected to cavitation, on the digestibility of nutrients, energy and nitrogen metabolism by beef bulls

Marina Ya Kurilkina, Dina M Muslymova, Oleg A Zavyalov, Kseniya N Atlanderova

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

Summary. The article presents data of experimental studies of sunflower seed influence, subjected to cavitation, on the digestibility of nutrients and their metabolism in the body of young cattle. The main diets of experimental animals included: 10% oil sludge in its native form (group I) and 10% cavitated oil sludge (group II).

On the basis of the results obtained in the course of the experiment, it was noted that the highest indices of the digestibility of nutrients in feed were characteristic of the animals of the II experimental group.

The result of the introduction of sunflower oil sludge into the diet of the experimental bulls was expressed in an increase in their energy consumption and a more productive use of it. Thus, animals of experimental groups I and II consumed digestible energy by 7.1-9.0% ($P \leq 0.05$) more than the control, while in terms of metabolic energy they exceeded the control by 5.7-7.1 MJ.

The addition of oil sludge to the diet contributes to the most intensive use of nitrogen by animals of the experimental groups by 4.5-5.8% relative to the control. The leading position was occupied by the II experimental group, which received a cavitated sludge.

Key words: cattle, bulls, feeding, cavitation, oil sludge, digestibility, metabolism.

Введение.

Питательные вещества кормов находятся в состоянии, которое не может быть напрямую использовано организмом животного. В процессе переваривания происходит качественная трансформация данных веществ, в следствие чего осуществляется процесс их усвоения. На усвояемость кормов в организме может влиять множество факторов, таких как: структура и тип компонентов корма, пол и возраст животного, а также физиологическое состояние его организма. Эффективность использования кормового продукта зависит от таких процессов, как переваримость и усвояемость их питательных веществ и непосредственно отражает экономическую целесообразность их применения. Поэтому исследования, направленные на повышение эффективности отрасли животноводства, должны предполагать разработку и внедрение в производство наукоёмких инновационных решений, способствующих её развитию. Одним из которых может стать использование отходов пищевой и перерабатывающей промышленности в рационах кормления сельскохозяйственных животных и птиц (Мирошников С.А. и др., 2012; Lewinska A et al., 2015).

На сегодняшний день большая роль в кормлении сельскохозяйственных животных представляется такому недорогому отходу масложировой индустрии как подсолнечному фузу-отстою. Существует множество исследований, свидетельствующих о высокой эффективности применения в кормлении животных и птиц данного отхода производства (Мирошников С.А. и др., 2012; Long S et al., 2018). Количество отходов, получаемых в процессе переработки подсолнечного сырья, составляет порядка 1,5 % от общего объёма, это позволяет гарантировать производство около 700 тыс. т кормовых смесей, содержащих в своём составе около 8 % липидов (Дускаев Г.К. и др., 2018).

Однако существующие способы применения подсолнечного фуза-отстоя в рационах кормления животных недостаточно рациональны, в первую очередь из-за технологических сложностей их внесения в состав рационов и невысокой эффективности применения (Лебедев С.В. и др., 2019). Таким образом, исследования, направленные на повышение эффективности использования подсолнечного фуза в кормлении мясных бычков через применение различных вариантов подготовки к скармливанию, являются актуальными.

В настоящем исследовании приводится пример перспективности кавитационной обработки подсолнечного фуза для улучшения переваримости питательных веществ и повышения интенсивности обменных процессов в организме бычков выращиваемых на мясо.

Цель исследования.

Изучение влияния подсолнечного фуза-отстоя, подвергнутого процессу кавитации, на показатели переваримости питательных веществ рациона и особенности обмена энергии и азота подопытными бычками.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Бычки казахской белоголовой породы в возрасте 13 месяцев.

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 Care 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 исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования проводились в условиях ООО «Жуково» Оренбургской области. Все животные были разделены на 3 группы (n=9), по истечению 14 суток подготовительного периода переведены на условия основного учётного периода (8 суток). Рацион молодняка подопытных групп состоял из 2,5 кг сена суданки, 10,0 кг кукурузного силоса, 0,8 кг кормовой патоки, 3,0 кг комбикорма в контрольной и I опытной группах и 3,2 кг комбикорма – во II опытной. В нём содержалось 8,1 кг сухого вещества, 7,3-7,5 корм. ед., 81,9-82,7 МДж обменной энергии, 714,0-731,7 г переваримого протеина.

В подготовительный период подопытные бычки были переведены на опытные рационы. Животные контрольной группы получали стандартный рацион, животные опытных групп взамен 10 % концентрированной части получали: I – подсолнечный фуз-отстой в нативном виде (0,3 кг/сут), II – подсолнечный фуз-отстой кавитированный (0,32 кг/сут).

Оценку переваримости питательных веществ рационов производили в процессе балансовых экспериментов. Учёт съеденных кормов и их остатков, а также сбор средних проб кала и мочи 10 % и 3 % от общего количества в сутки были произведены в соответствии со стандартной методикой зоотехнического анализа.

В пробах кала определяли массовую долю сухого вещества, сырого протеина (ГОСТ 13496.4-2019), массовую долю сырого жира (ГОСТ 13496.15-2016), массовую долю сырой клетчатки (ГОСТ 31675-2012), массовую долю сырой золы (ГОСТ 26226-95), кальция (ГОСТ 26570-95), фосфора (ГОСТ 26657-97), минеральный состав (ГОСТ 30178-96).

В пробах мочи определяли удельный вес, содержание азота и минеральные вещества. Оценку усвоения азота производили расчётом коэффициентов его использования от принятого и от переваренного. Оценку обмена энергии в организме бычков осуществляли с помощью методических рекомендаций (Левахин В.И. и др., 2016).

Оборудование и технические средства. Исследования проведены с использованием современного оборудования на базе Центра коллективного пользования Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук.

В качестве оборудования и технических средств использовались: ультразвуковой кавитатор, воздействием 28 кГц, при $t=28$ °С, установка 220 В, мощность 5 Вт, порог кавитации 19 кГц, гидромодуль 1:2 (Россия); шкаф сушильный ШС-80-01 СПУ (Россия), электропечь СНОЛ1.6.2.5.1/9-ИЗ (Россия), весы лабораторные ВЛТ -150П (Россия), комплекс для определения белка, азота модель UDK 139 UDK 139 (Италия).

Статистическая обработка. Статистический анализ проводили с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США).

Результаты исследований.

Результаты наших исследований показали, что введение в рацион кормления подсолнечно-фуза-отстоя отразилось на эффективности использования его питательных веществ подопытными бычками. Переваримость сухого вещества в опытных группах по сравнению с контролем повысилась на 2,28-2,79 % ($P \leq 0,05$), органического вещества – на 2,4-3,14 % ($P \leq 0,01$) соответственно (рис. 1).

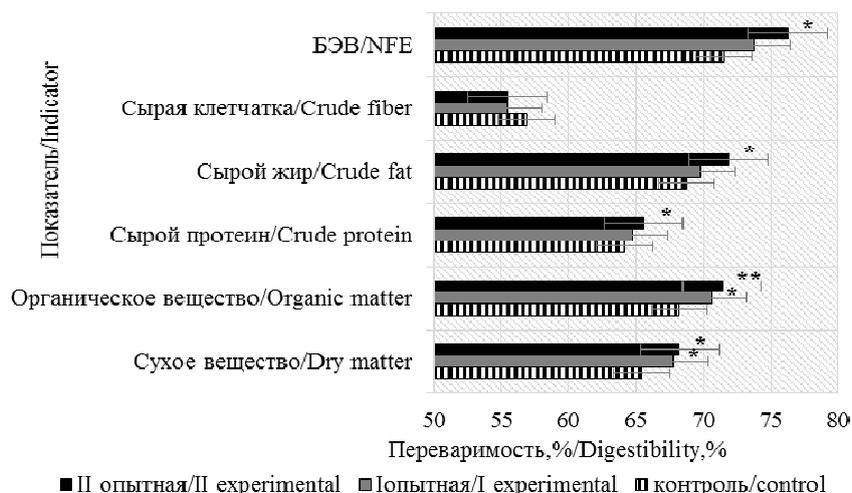


Рис. 1 – Переваримость питательных веществ кормов подопытными бычками, %
Figure 1 – Digestibility of feed nutrients by experimental bulls, %

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$ /Note: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$

Что касается коэффициентов переваримости сырого жира, сырого протеина и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ), I и II опытные группы превосходили контроль на 0,98-3,1 % ($P \leq 0,05$); 0,66-1,47 % ($P \leq 0,05$) и 2,29-4,75 % ($P \leq 0,05$) соответственно. Между тем по переваримости сырой клетчатки опытные группы уступали контрольной на 1,37 % и 1,4 %.

Установлено, что введение подсолнечного фуза-отстоя в рацион подопытных животных вызвало выраженное воздействие на эффективность обмена энергии из опытного рациона в организм.

В результате наилучшей поедаемости кормов у животных опытных групп наблюдалось повышение и в потреблении ими валовой энергии корма на 4,5-5,2 % ($P \leq 0,05$) по отношению к контролю. Однако более выраженным превосходством в данном показателе характеризовались животные II опытной группы.

Что касается потребления переваримой и обменной энергии, бычки опытных групп также имели преимущество над контролем. Животные контрольной группы достоверно уступали сверстникам I и II опытных групп в потреблении ими энергии на поддержание жизни на 3,46 и 4,57 % ($P \leq 0,05$), на сверхподдержание – 10,2 и 12,2 % ($P \leq 0,05$), на продукция – 11,0 и 13,8 % ($P \leq 0,05$) соответственно (рис. 2).

Показатель/Indicator	Динамика по группам/Dynamics by groups	Группа/Group		
		контроль /control	I опытная/I experimental	II опытная/II experimental
ВЭ, МДж/GE, MJ		134,6	140,6	141,6
ПЭ, МДж/DE, MJ		88,3	94,6	96,3
ОЭ, МДж/EE, MJ		72,9	78,6	80
ОВЭ, %/GEE,%		54,2	55,9	56,5
ОЭ, МДж/EE, MJ:				
на поддержание жизни/to maintain life		33,4	34,6	35
сверхподдержания/overcontainment		39,5	44	45
прироста/gain		13,70	15,4	15,9
КПИ ВЭ, %/KPI VE,%		10,2	10,9	11,3
КПИ ОЭ, %/KPI OE,%		34,7	35	35,4

Рис. 2 – Динамика потребления и использования энергии подопытными группами животных, МДж
Figure 2 – Dynamics of consumption and use of energy by experimental groups of animals, MJ

Примечание: ВЭ, МДж – валовая энергия, МДж; ПЭ, МДж – переваримая энергия, МДж;
ОЭ, МДж – обменная энергия, МДж; ОВЭ, % – обменность валовой энергии, %.
Note: GE – Gross energy, MJ; DE – Digestible energy, MJ; EE – Exchange energy, MJ;
GEE, % – Gross energy exchangeability, %

Результаты показывают, что введение подсолнечного фуза-отстоя в рацион молодняка I и II опытных групп увеличивает коэффициент продуктивного использования валовой энергии на 0,7 и 1,1 %, обменной – на 0,3 и 0,7 % относительно контроля.

Из полученных результатов исследований выявлен положительный баланс азота во всех группах, однако эффективность его использования была неодинаковой (рис. 3).

Установлено, что в опытных группах, получавших в составе своего рациона подсолнечный фуз-отстой, наблюдалось увеличение потребление ими азота корма в сравнении с контрольными сверстниками.

В связи с тем, что подопытный молодняк независимо от получаемого рациона выделял практически одинаковое количество азота с калом, общая картина переваренного количества азота между подопытными бычками всех групп сохранилась. Так, бычки контрольной группы по данному показателю уступали I и II опытным группам соответственно на 4,3 % ($P \leq 0,05$) и 5,5 % ($P \leq 0,01$).

С мочой бычки опытных групп выделяли азота больше своих аналогов из контрольной группы, контроль в этом уступал опытным соответственно на 3,0-4,0 %. По усвоению азота также преобладали бычки опытных групп, превышая контроль на 9,0-11,1 % ($P \leq 0,05$) соответственно. Наиболее выраженным эффектом по усвоению азота характеризовались животные II опытной группы.

Показатель/Indicator	Группа/Group		
	Динамика по группам/Dynamics by groups	контроль /control	II опытная/II experimental
Принято/Accepted		154,34	159,65
Выделено в кале/Excreted with feces		55,41	54,97
Выделено с мочой/Excreted with urine		72,07	75,06
Переварено/Digested		98,93	104,69
Усвоено/Deposited:			
на 1 голову/ per a head		26,66	29,63
на 100 кг живой массы /per 100 kg of live weight		9,11	9,41
Коэффициент использования, %/Utilization coefficient, %:			
от принятого/from the received		17,4	18,56
от переваренного/from the digested		27,15	28,3

Рис. 3 – Обмен азота в организме подопытных бычков, г/гол.
Figure 3 – Nitrogen exchange in the body of experimental bulls, g/head

Обсуждение полученных результатов.

Доказано, что введение в рацион кормления сельскохозяйственных животных кормовых добавок в виде побочных продуктов масложировой промышленности благоприятно влияет на показатели их роста, переваримость и усвояемость энергии и белка (Муслимова Д.М. и Давыдова С.Ю., 2014; Senrayan J et al., 2018; Yue C et al., 2019). Полученные нами результаты исследований показали, что введение в рацион кормления подопытного молодняка кавитированного подсолнечного фуза-отстоя способствовало повышению показателей переваримости практически всех его питательных веществ. Вероятно, определяющим фактором в данном процессе может быть изменение разнообразия и функциональной активности микробиома рубца. В результате рубцового пищеварения происходит процесс тесного взаимодействия микроорганизмов рубца с растительными материалами корма, в результате чего микроорганизмы оказывают влияние на метаболизм других питательных веществ рациона (Orsavova J et al., 2015; Zeineldin M et al., 2018).

Для протекания жизненных процессов в организме молодняка происходит постоянный обмен энергии, которая затрачивается на процессы роста, развития и поддержания других жизненно важных процессов, что несомненно требует постоянного притока энергии взамен израсходованной (Нуржанов Б.С. и др., 2019; Vargas J E et al., 2020). В наших исследованиях установлено, что использование в составе комбикормов подсолнечного фуза-отстоя при кормлении подопытных животных оказывает значительный эффект на потребление ими энергии и продуктивное её использование организмом молодняка, с выраженным преобладанием опытной группы, потреблявшей комбикорм с кавитированным фузом.

Также весьма значимым показателем, характеризующим эффективность использования рационов молодняком, служит влияние применяемой кормовой добавки на степень отложения азота в их организме. Данный показатель может характеризовать биологическую полноценность кормов, а также показывать степень использования азотистой части рациона организмом животного (Zubiria I et al., 2019).

По полученным данным, в организме подопытного молодняка всех изучаемых групп был отмечен положительный баланс азота, что может говорить о превалировании процесса ассимиляции над диссимиляцией. Данный процесс является закономерным для организма молодняка, что объясняется процессами интенсивного развития мышечной массы, основой которой служит белок. При этом нами установлено, что животные опытной группы, потреблявшие кавитированный фуз, по усвоению азотистой части корма преобладали над контрольными сверстниками на 11 % ($P \leq 0,05$). Данный факт может быть результатом влияния кавитации, которая способствует актива-

ции белкового обмена и интенсификации процесса доставки аминокислот в организме животного, что обеспечивает ускоренное формирование его мышечной массы. Это соответствует данным ранее проведённых исследований (Быков А.В. и Муслюмова Д.М., 2013; Wang T Y et al., 2013; Long S et al., 2018), демонстрирующим перспективность использования фуза-отстоя, подвергнутого кавитации, в кормлении животных.

Выводы.

Наиболее высокими показателями переваримости большинства питательных веществ рационов, а также обмена энергии и азота в организме характеризовались бычки опытных групп, с выраженным эффектом для кавитированного фуза-отстоя.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0005)

Литература

1. Быков А.В., Муслюмова Д.М. Влияние кавитационного способа повышения питательности подсолнечникового фуза и цеолита на физиологические особенности и продуктивность цыплят-бройлеров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 1. С. 108-111. [Bykov AV, Muslyumova DM. The effect of cavitation processing sunflower fuzz with the addition of zeolite to the diet of broiler chickens. Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2013;1:108-111. (In Russ)].
2. Влияние различных источников жира в рационе на переваримость и активность пищеварительных ферментов у телят / С.В. Лебедев, Е.В. Шейда, И.А. Вершинина, И.З. Губайдуллина, И.С. Мирошников, В.А. Рязанов, А.М. Макаева, И.В. Маркова, А.С. Ушаков // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 198-207. [Lebedev SV, Sheyda EV, Vershinina IA, Gubaidullina IZ, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Makaeva AM, Markova IV, Ushakov AS. The influence of various sources of fat in the diet on digestibility and activity of digestive enzymes of calves. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(4):198-207. (In Russ)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-198
3. ГОСТ 13496.15-2016. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения массовой доли сырого жира. Введ. 01.01.2018. М.: Стандартинформ, 2020. 9 с. [GOST 13496.15-2016. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya massovoi doli syrogo zhira. Vved. 01.01.2018. Moscow: Standartinform; 2020:9 p. (In Russ)].
4. ГОСТ 13496.4-2019. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения содержания азота и сырого протеина. Введ. 01.08.2020. М.: Стандартинформ, 2019. 16 с. [GOST 13496.4-2019. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya sodержaniya azota i syrogo proteina. Vved. 01.08.2020. Moscow: Standartinform; 2019:16 p. (In Russ)].
5. ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения сырой золы. Введ. 01.01.1997. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. 6 с. [GOST 26226-95. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya syroi zoly. Vved. 01.01.1997. Moscow: IPK Izd-vo standartov; 2003:6 p. (In Russ)].
6. ГОСТ 26570-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения кальция. Введ. 01.01.1997. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. 14 с. [GOST 26570-95. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya kal'tsiya. Vved. 01.01.1997. Moscow: IPK Izd-vo standartov; 2003:14 p. (In Russ)].
7. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Метод определения содержания фосфора. Введ. 01.01.1999. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. 68 с. [GOST 26657-97. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metod opredeleniya sodержaniya fosfora. Vved. 01.01.1999. Moscow: IPK Izd-vo standartov; 2002:68 p. (In Russ)].
8. ГОСТ 30178-96. Сырьё и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. Введ. 01.01.1998. М.: Стандартинформ. 2010. 32 с. [GOST 30178-96.

Syr'e i produkty pishchevye. Atomno-absorbtsionnyi metod opredeleniya toksichnykh elementov. Vved. 01.01.1998. Moscow: Standartinform; 2010:32 p. (*In Russ*).

9. ГОСТ 31675-2012. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. Введ. 01.06.2013. М.: Стандартиформ, 2020. 10 с. [GOST 31675-2012. Korma. Metody opredeleniya sodержaniya syroi kletchatki s primeneniem promezhutochnoi fil'tratsii. Vved. 01.06.2013. Moscow: Standartinform; 2020:10 p. (*In Russ*)].

10. Дускаев Г.К., Каримов И.Ф. Некоторые рекомендации и разработки для использования в кормлении крупного рогатого скота // Мясное скотоводство – приоритеты и перспективы развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. чл.-корр. РАН С.А. Мирошникова. (г. Оренбург, 25-26 апр. 2018 г.) Оренбург: ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, 2018. С. 167-175. [Duskaev GK, Karimov IF. Nekotorye rekomendatsii i razrabotki dlya ispol'zovaniya v kormlenii krupnogo rogatogo skota. (Conference proceedigs) Myasnoe skotovodstvo – priority i perspektivy razvitiya: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. pod obshch. red. chl.-korr. RAN Miroshnikova SA (g. Orenburg, 25-26 apr. 2018 g.). Orenburg: FGBNU FNTs BST RAN; 2018:167-175. (*In Russ*)].

11. Многообразие различных жиросодержащих препаратов с включением микро- и нано-элементов в кормлении животных (обзор) / Б.С. Нуржанов, Ю.И. Левахин, В.А. Рязанов, Е.Б. Джуламанов, М.М. Поберухин // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 1. С. 149-163. [Nurzhanov B, Levakhin Y, Ryazanov V, Dzhulamanov E, Poberukhin M. Variety of different fat-containing drugs including microand nanoelements in animal feeding (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(1):149-163. (*In Russ*)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-149

12. Муслюмова Д.М., Давыдова С.Ю. Бактериальная ферментация питательных веществ в рубце при скармливании кавитационно обработанного корма // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 5(49). С. 206-208. [Muslyumova DM, Davydova SY. Bacterial fermentation of nutrients in the rumen of cattle fed cavitationaly treated feeds. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2014;5(49):206-208. (*In Russ*)].

13. Новые подходы к созданию кормовых продуктов на основе поликомпонентных растительно-минеральных смесей, подвергнутых кавитационной обработке / С.А. Мирошников, Д.М. Муслюмова, А.В. Быков, Ш.Г. Рахматуллин, Л.А. Быкова // Вестник мясного скотоводства. 2012. № 3(77). С. 7-11. [Miroshnikov SA, Muslyumova DM, Bykov AV, Rakhmatullin ShG, Bykova LA. New approaches for the establishment of feed on the base of plant and mineral mixtures treated by cavitation. Herald of beef cattle breeding. 2012;3(77):7-11. (*In Russ*)].

14. Пособие для проведения научно-исследовательских работ в зоотехнии: учеб. пособие / В.И. Левахин, Н.А. Балакирев, А.В. Харламов, Г.И. Левахин и др. Оренбург: ВНИИМС, 2016. 227 с. [Levakhin VI, Balakirev NA, Kharlamov AV, Levakhin GI et al. Posobie dlya provedeniya nauchno-issledovatel'skikh rabot v zootekhnii: ucheb. posobie. Orenburg: VNIIMS; 2016:227 p. (*In Russ*)].

15. Lewinska A, Zebrowski J, Duda M, Gorka A, Wnuk M. Fatty acid profile and biological activities of linseed and rapeseed oils. *Molecules*. 2015;20(12):22872-22880. doi: 10.3390/molecules201219887

16. Long S, Xu Y, Wang C, Li C, Liu D, Piao X. Effects of dietary supplementation with a combination of plant oils on performance, meat quality and fatty acid deposition of broilers. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2018;31(11):1773-1780. doi:10.5713/ajas.18.0056

17. Orsavova J, Misurcova L, Ambrozova JV, Vicha R, Mlcek J. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *Int J Mol Sci*. 2015;16(6):12871-12890. doi:10.3390/ijms160612871

18. Senrayan J, Venkatachalam S. Optimization of ultrasound-assisted solvent extraction (UASE) based on oil yield, antioxidant activity and evaluation of fatty acid composition and thermal stability of *Coriandrum sativum* L. seed oil. *Food Sci Biotechnol*. 2019;28(2):377-386. doi: 10.1007/s10068-018-0467-1

19. Vargas JE, Andrés S, López-Ferreras L et al. Dietary supplemental plant oils reduce methanogenesis from anaerobic microbial fermentation in the rumen. *Sci Rep*. 2020;10(1):1613. doi: 10.1038/s41598-020-58401-z

20. Wang TY, Liu M, Portincasa P, Wang DQ. New insights into the molecular mechanism of intestinal fatty acid absorption. *Eur J Clin Invest.* 2013; 43(11):1203-1223. doi:10.1111/eci.12161
21. Yue C, Ben H, Wang J, Li T, Yu G. Ultrasonic pretreatment in synthesis of caprylic-rich structured lipids by lipase-catalyzed acidolysis of corn oil in organic system and its physicochemical properties. *Foods.* 2019;8(11):566. doi: 10.3390/foods8110566
22. Zeineldin M, Barakat R, Elolimy A, Salem AZM, Elghandour MMY, Monroy JC. Synergistic action between the rumen microbiota and bovine health. *Microb Pathog.* 2018;124:106-115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.08.038>
23. Zubiria I, Garcia-Rodriguez A, Atxaerandio R et al. Effect of feeding cold-pressed sunflower cake on ruminal fermentation, lipid metabolism and bacterial community in dairy cows. *Animals (Basel).* 2019;9(10):755. doi: 10.3390/ani9100755

References

1. Bykov AV, Muslyumova DM. The effect of cavitation processing sunflower fuzz with the addition of zeolite to the diet of broiler chickens. *Bulletin Samara State Agricultural Academy.* 2013;1:108-111.
2. Lebedev SV, Sheyda EV, Vershinina IA, Gubaidullina IZ, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Makaeva AM, Markova IV, Ushakov AS. The influence of various sources of fat in the diet on digestibility and activity of digestive enzymes of calves. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2019;102(4):198-207. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-198
3. GOST 13496.15-2016. Feeds, mixed feeds, feed raw material. Methods for determining the raw fat content. Inter. 01.01.2018. Moscow: Standartinform; 2020:9 p.
4. GOST 13496.4-2019. Fodder, mixed fodder and animal feed raw stuff. Methods of nitrogen and crude protein determination. Inter. 01.08.2020. Moscow: Standartinform; 2019:16 p.
5. GOST 26226-95. Fodder, mixed fodder and mixed fodder raw material. Methods for determination of raw ash. Inter. 01.01.1997. Moscow: Izd-vo standartov; 2003:6 p.
6. GOST 26570-95. Fodder, mixed fodder and mixed fodder raw material. Methods for determination of calcium. Inter. 01.01.1997. Moscow: IPK Publishing house of standards; 2003:14 p.
7. Fodders, mixed fodders, mixed fodder raw materials. Methods for determination of phosphorus content. Inter. 01.01.1999. Moscow: IPK Publishing house of standards; 2002:68 p.
8. GOST 30178-96 Raw material and food-stuffs. Atomic absorption method for determination of toxic elements. Inter. 01.01.1998. Moscow: Standartinform; 2010:32 p.
9. GOST 31675-2012. Feeds. Methods for determination of crude fibre content with intermediate filtration. Inter. 01.06.2013. Moscow: Standartinform; 2020:10 p.
10. Duskaev GK, Karimov IF. Some recommendations and developments for use in feeding cattle. (Conference proceedigs) Beef cattle - priorities and development prospects: materials of the international scientific-practical conf., under total. ed. Corresponding Member RAS S.A. Miroshnikov. (Orenburg, April 25-26, 2018 g.) Orenburg: FGBNU FNTs BST RAN; 2018:167-175.
11. Nurzhanov B, Levakhin Y, Ryazanov V, Dzhulamanov E, Poberukhin M. Variety of different fat-containing drugs including microand nanoelements in animal feeding (review). *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2019;102(1):149-163. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-149
12. Muslyumova DM, Davydova SY. Bacterial fermentation of nutrients in the rumen of cattle fed cavitationaly treated feeds. *Izvestia Orenburg State Agrarian University.* 2014;5(49):206-208.
13. Miroshnikov SA, Muslyumova DM, Bykov AV, Rakhmatullin ShG, Bykova LA. New approaches for the establishment of feed on the base of plant and mineral mixtures treated by cavitation. *Herald of beef cattle breeding.* 2012;3(77):7-11.
14. Levakhin VI, Balakirev NA, Kharlamov AV, Levakhin GI et al. A manual for research work in zootechnics: tutorial. Orenburg: VNIIMS; 2016:227 p.
15. Lewinska A, Zebrowski J, Duda M, Gorka A, Wnuk M. Fatty acid profile and biological activities of linseed and rapeseed oils. *Molecules.* 2015;20(12):22872-22880. doi: 10.3390/molecules201219887

16. Long S, Xu Y, Wang C, Li C, Liu D, Piao X. Effects of dietary supplementation with a combination of plant oils on performance, meat quality and fatty acid deposition of broilers. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2018;31(11):1773-1780. doi:10.5713/ajas.18.0056
17. Orsavova J, Misurcova L, Ambrozova JV, Vicha R, Mlcek J. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *Int J Mol Sci.* 2015;16(6):12871-12890. doi:10.3390/ijms160612871
18. Senrayan J, Venkatachalam S. Optimization of ultrasound-assisted solvent extraction (UASE) based on oil yield, antioxidant activity and evaluation of fatty acid composition and thermal stability of *Coriandrum sativum* L. seed oil. *Food Sci Biotechnol.* 2019;28(2):377-386. doi: 10.1007/s10068-018-0467-1
19. Vargas JE, Andrés S, López-Ferreras L et al. Dietary supplemental plant oils reduce methanogenesis from anaerobic microbial fermentation in the rumen. *Sci Rep.* 2020;10(1):1613. doi: 10.1038/s41598-020-58401-z
20. Wang TY, Liu M, Portincasa P, Wang DQ. New insights into the molecular mechanism of intestinal fatty acid absorption. *Eur J Clin Invest.* 2013; 43(11):1203-1223. doi: 10.1111/eci.12161
21. Yue C, Ben H, Wang J, Li T, Yu G. Ultrasonic pretreatment in synthesis of caprylic-rich structured lipids by lipase-catalyzed acidolysis of corn oil in organic system and its physicochemical properties. *Foods.* 2019;8(11):566. doi: 10.3390/foods8110566
22. Zeineldin M, Barakat R, Elolimy A, Salem AZM, Elghandour MMY, Monroy JC. Synergistic action between the rumen microbiota and bovine health. *Microb Pathog.* 2018;124:106-115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.08.038>
23. Zubiria I, Garcia-Rodriguez A, Atxaerandio R et al. Effect of feeding cold-pressed sunflower cake on ruminal fermentation, lipid metabolism and bacterial community in dairy cows. *Animals (Basel).* 2019;9(10):755. doi: 10.3390/ani9100755

Курилкина Марина Яковлевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Испытательного центра, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-77, e-mail: K_marina4@mail.ru

Муслимова Дина Марсельевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Испытательного центра, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-77, e-mail: icvniims@mail.ru

Завьялов Олег Александрович, доктор биологических наук, старший научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-78, e-mail: oleg-zavyalov83@mail.ru

Атландерова Ксения Николаевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник Испытательного центра, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-77, e-mail: atlander-kn@mail.ru

Поступила в редакцию 26 апреля 2021 г.; принята после решения редколлегии 15 июня 2021 г.; опубликована 30 июня 2021 г. / Received: 26 April 2021; Accepted: 15 June 2021; Published: 30 June 2021