

Е.В. Шейда^{1, 2}, ✉
В.А. Рязанов¹,
Г.К. Дускаев¹,
Ш.Г. Рахматуллин¹,
О.В. Кван^{1, 2}

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

² Оренбургский государственный
университет, Оренбург, Российская
Федерация

✉ elena-shejda@mail.ru

Поступила в редакцию:
09.09.2022

Одобрена после рецензирования:
12.01.2023

Принята к публикации:
28.02.2023

Elena V. Sheida^{1, 2}, ✉
Vitaly A. Ryazanov¹,
Galimzhan K. Duskaev¹,
Shamil G. Rakhmatullin¹,
Olga V. Kvan^{1, 2}

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

² Orenburg State University, Orenburg,
Russian Federation

✉ elena-shejda@mail.ru

Received by the editorial office:
09.09.2022

Accepted in revised:
12.01.2023

Accepted for publication:
28.02.2023

Влияние *Artemisiae absinthii herba* и *Inulae rhizomata et radices* на процессы ферментации и метаногенез в рубце молодняка крупного рогатого скота

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Растительные препараты и их биологически активные соединения могут улучшить использование корма и увеличить продуктивность животных за счет изменения микробной ферментации рубца. Проведена оценка влияния растительных препаратов — корневищ и корней девясила и травы полыни горькой на метаболические процессы в рубце и метаногенез.

Методы. Для изучения использовали: *Inulae rhizomata et radices* в дозировках на 1 кг СВ: 3,0 г — 1-й образец, 1,0 г — 2-й образец, 6,0 г — 3-й образец; *Artemisiae absinthii herba* в дозировках на 1 кг СВ: 5,0 г — 4-й образец, 2,0 г — 5-й образец, 10,0 г — 6-й образец. Исследование проводили методом *in vitro* с использованием инкубатора ANKOM Daisy II (модификации D200 и D200I) по специализированной методике. Рубцовое содержимое получали от бычков казахской белоголовой породы с хронической фистулой рубца средней массой 220–225 кг в возрасте 9–10 месяцев. Отбор проб воздуха для определения уровня метана производили на приборе «Кристаллюкс-2000М» методом газовой хроматографии. Уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М», определение форм азота — по ГОСТ 26180-84.

Результаты. Установлено, что различные дозировки растительных препаратов не оказывали существенного влияния на характеристики ферментации в ЖКТ. Трава полыни в дозировке 10,0 г на 1 кг СВ снижала выработку метана, чем другие ее дозировки ($p \leq 0,05$). Так, доза 2,0 г показала повышение уровня метана в РЖ на 36,5% ($p \leq 0,01$), доза 5,0 г — на 47,5% ($p \leq 0,01$). Корневища и корни девясила показали высокий уровень выработки метана, однако min и max вводимые дозы данного фитобиотика показали снижение на 38,1–38,6%.

Ключевые слова: корни и корневища девясила, трава полыни горькой, азот, летучие жирные кислоты, метаногенез, метан, рубец, крупный рогатый скот

Для цитирования: Шейда Е.В., Рязанов В.А., Дускаев Г.К., Рахматуллин Ш.Г., Кван О.В. Влияние *Artemisiae absinthii herba* и *Inulae rhizomata et radices* на процессы ферментации и метаногенез в рубце молодняка крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2023; 368 (3): 46–51, <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-46-51>

© Шейда Е.В., Рязанов В.А., Дускаев Г.К., Рахматуллин Ш.Г., Кван О.В.

Influence of *Artemisiae absinthii herba* and *Inulae rhizomata et radices* on fermentation processes and methanogenesis in the rumen of young cattle

ABSTRACT

Relevance. Herbal preparations and their biologically active compounds can improve the use of feed and increase the productivity of animals by changing the microbial fermentation of the rumen. In our work, we evaluated the effect of herbal preparations — rhizomes and roots of elecampane and wormwood herb, on metabolic processes in the rumen and methanogenesis.

Methods. For the study: *Inulae rhizomata et radices* were used in dosages per 1 kg of CB: 3.0 g — 1st sample, 1.0 g — 2nd sample, 6.0 g — 3rd sample; *Artemisiae absinthii herba* in dosages per 1 kg of CB: 5.0 g — 4th sample, 2.0 g — 5th sample, 10.0 g — 6th sample. The study was carried out *in vitro* using the ANKOM Daisy II incubator (modifications D200 and D200I) according to a specialized technique. The scar content was obtained from Kazakh white-headed bulls with chronic scar fistula with an average weight of 220–225 kg at the age of 9–10 months. Air sampling to determine the level of methane was carried out on the device «Kristallux-2000M» by gas chromatography. The level of volatile fatty acids (VFA) in the contents of the scar was determined by gas chromatography on a gas chromatograph «Crystallux-4000M», determination of nitrogen forms — according to GOST 26180-84.

Results. It was found that different dosages of herbal preparations did not significantly affect the characteristics of fermentation in the gastrointestinal tract. Wormwood grass at a dosage of 10.0 g per 1 kg of SV reduced methane production than its other dosages ($p \leq 0.05$). Thus, a dose of 2.0 g showed an increase in the level of methane in rye by 36.5% ($p \leq 0.01$), a dose of 5.0 g — by 47.5% ($p \leq 0.01$). Rhizomes and roots of elecampane showed a high level of methane production, however, min and max administered doses of this phytobiotic showed a decrease of 38.1–38.6%.

Key words: roots and rhizomes of elecampane, wormwood herb, nitrogen, volatile fatty acids, methanogenesis, methane, scar, cattle

For citation: Sheida E.V., Ryazanov V.A., Duskaev G.K., Rakhmatullin Sh.G., Kvan O.V. Influence of *Artemisiae absinthii herba* and *Inulae rhizomata et radices* on fermentation processes and methanogenesis in the rumen of young cattle. *Agrarian science*. 2023; 368 (3): 46–51, <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-46-51> (In Russian).

© Sheida E.V., Ryazanov V.A., Duskaev G.K., Rakhmatullin Sh.G., Kvan O.V.

Введение / Introduction

Проблема глобального потепления требует незамедлительного разрешения, и существенную роль в данной проблеме отводят вопросам снижения выбросов метана в атмосферу. Установлено, что отрасль животноводства составляет примерно 25% в общемировом антропогенном выбросе метана [1] и уменьшение производства метана в рубцах жвачных будет в значительной степени способствовать уменьшению атмосферного метана. Помимо сокращения глобального потепления, сокращение производства метана в рубцах также уменьшит потери энергии [2]. До сих пор были разработаны различные стратегии для уменьшения выделения метана из рубца, такие как вакцинация, ингибирование 2-бромэтансульфоновой кислотой, антибиотиками, стимуляция, дефаунизация, адаптация к диете, предшественники пропионата или альтернативные акцепторы электронов [3].

Препараты растительного происхождения (растительные экстракты, пигменты, антиоксиданты) благодаря своей реакционной способности могут играть роль поглотителей электронов в анаэробных условиях в рубце и способствовать снижению производства метана [4]. В исследованиях *in vitro* триполилактат глицерина использовался в качестве субстрата, высвобождающего водород, для стимуляции образования метана и обеспечения прокарриот центральными метаболитами, такими как пируват и ацетил-КоА.

Пищевые добавки, которые модифицируют микробную ферментацию рубца, могут быть использованы для улучшения роста и здоровья животных. По данным М.К. Chattopadhyay (2014), из 13 млн кг антибиотиков, введенных животным в 2010 г. во всем мире, большинство использовались для стимулирования роста поголовья скота [5]. Тем не менее возможность возникновения бактериальной резистентности вызвала активные споры об использовании антибиотиков, подчеркивая важность таких естественных и безопасных альтернатив, как пробиотики, пребиотики или фитобиотики [6]. Было показано, что добавление растительных препаратов оказывало позитивное влияние на ферментацию рубца и показатели роста у молодых голштинских быков, потреблявших большое количество концентрированных кормов [7]. В другом исследовании было показано влияние неомицина и листьев душицы на количество дней чистки, тяжесть чистки и смертность новорожденных телят [8]. Растительные препараты или их биологически активные соединения с антимикробными свойствами могут улучшить использование корма и продуктивность животных за счет изменения микробной ферментации рубца (например, профиль короткоцепочечных жирных кислот, производство метана, метаболизм азота или pH [9]).

Травы проявляют не только антибактериальные эффекты, которые модулируют ферментацию рубца, но и широкий спектр таких преимуществ для здоровья, как антиоксидантное и противовоспалительное действие [10]. Кроме того, растительные продукты в настоящее время используются в кормовой промышленности в основном в качестве сенсорных добавок, ароматизаторов и аппетитных веществ [11].

Цель исследования — изучить вещества растительного происхождения на основе корневища и корней девясила и травы полыни горькой для снижения выработки метана в рубце и провести оценку их влияния на метаболические процессы в рубце и метаногенез.

Материал и методы исследования / Material and methods

Объектом исследования является рубцовое содержимое, полученное от бычков казахской белоголовой породы с хронической фистулой рубца средней массой 220–225 кг в возрасте 9–10 месяцев, количество — 4 гол. Кормление подопытных животных было организовано с учетом рекомендаций А.П. Калашникова и др. [12].

Эксперимент проводился в четырех повторностях с использованием латинского квадрата 4 × 4 в лаборатории биологических испытаний и экспертиз Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук [13].

Отбор проб содержимого рубца производили спустя 12 часов после кормления через хроническую фистулу рубца (ANKOM, d = 80 мм) резиновым шлангом длиной 200 см, наружным диаметром 40 мм в термос объемом 3 л. Транспортировку осуществляли в термосах в течение 30 мин. Перед использованием пробы РЖ фильтровали через четыре слоя марли и смешивали с буферным раствором в соотношении 1:4. Буферный раствор по химическому составу представляет слюну, поддерживает pH «искусственного рубца», близкую к физиологической. Перед смешиванием буферный раствор подогревали до 40 °C и насыщали CO₂.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г., Приказ Минздрава СССР от 12.08.1977 № 755 «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 уменьшить количество исследованных опытных образцов.

Для исследования были приготовлены контрольный образец (микрорацион, включающий грубые корма — 70% и концентрированные — 30%) и пять опытных образцов. В опытные образцы вносили измельченные *Inulae rhizomata et radices* (корневища и корни девясила) в дозировках на 1 кг СВ: 3,0 г — 1-й образец, 1,0 г — 2-й образец, 6,0 г — 3-й образец; *Artemisiae absinthii herba* (полынь горькая трава) в дозировках на 1 кг СВ: 5,0 г — 4-й образец, 2,0 г — 5-й образец, 10,0 г — 6-й образец.

Inulae rhizomata et radices (рег. № Р N001014/02, АО «Красногорсклексредства», Московская область, г. Красногорск, Россия) содержат сапонины, эфирное масло (до 3%), инулин (до 44%) и незначительное количество алкалоидов. Обладает антисептическим, противовоспалительным, отхаркивающим, мочегонным, антигельминтным и кровоостанавливающим действием.

Artemisiae absinthii herba (ЛСР-000171/08, ООО ПКФ «ФИТОФАРМ», Краснодарский край, г. Анапа, Россия) содержит эфирное масло (до 0,5%), в его состав входят кислородные производные бициклических терпенов, туйиловый спирт — туйол, эфир туйола, эфиры туйола с уксусной, изовалериановой, пальметиновой кислотами; из моноциклических терпенов присутствует фелландрен, а из бициклических сесквитерпенов — каденен. Полынь горькая содержит также гликозид (абсинтин), каротин, аскорбиновую кислоту, флавоноиды. Классическое горько-пряное желудочное средство, возбуждающее аппетит, усиливающее и стимулирующее деятельность пищеварительных органов [14].

Исследования производили методом *in vitro* с помощью установки — инкубатора ANKOM Daisyll (модификации D200 и D200I) по специализированной методике [15]. В качестве дисперсионной среды была выбрана дистиллированная вода. Каждый эксперимент был проведен в четырех повторностях.

Образцы корма взвешивали по 500 мг и помещались в полиамидные мешочки. Затем мешочки помещались в инкубатор для инкубации при температуре +39,5 °C — 48 часов в смеси буферного раствора с рубцовой жидкостью. По окончании инкубации образцы промывали и высушивали при температуре +60 °C до константного веса.

Коэффициент переваримости сухого вещества *in vitro* вычисляли как разницу масс образца корма с мешочком до и после инкубации по следующей формуле:

$$K = (A - B) / C \times 100\%,$$

где K — коэффициент переваримости сухого вещества корма, %; A — исходная масса 1 (образец корма с мешочком), мг; B — масса после инкубации (образец корма с мешочком), мг; C — исходная масса 2 (образец корма без массы мешочка), мг.

После инкубирования производили отбор проб воздуха для определения уровня метана на приборе «Кристаллюкс-2000М» методом газовой хроматографии. Отбор проб воздуха осуществляли при помощи шприца Жанэ (стеклянный с силиконовым кольцом, без иглы) объемом 200 мл. Шприц вводили в каждую емкость инкубатора после 48-часовой инкубации, первую отобранную порцию воздуха из емкости выдували в воздух, а вторую порцию (в шприце) закрывали силиконовым наконечником (МУК 4.1.1637-03).

Уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М» (Россия). Для хроматографа с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой выставляют параметры: программируемое повышение температуры термостата колонки — с 60 °C до 260 °C, температура инжектора — 250 °C, детектора — 250 °C, подбирают необходимые скорости газов. Время анализа — 40 мин., ввод пробы — 1 мм³. В качестве образцов для градуировки использовали растворы смесей кислот с концентрациями 10, 25, 50 мкг/см³. Регистрируют не менее двух хроматограмм каждого раствора — начиная с меньшей концентрации. Определение форм азота производили по ГОСТ 26180-84.

Статистическая обработка. 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 $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В рубцовой жидкости конечным продуктом сбраживания углеводов являются ЛЖК. При высокой интенсивности бродильных процессов в рубце больший процент поступающих углеводов подвергается расщеплению, что приводит к количественному увеличению

микробиоты рубца и, следовательно, повышению концентрации ЛЖК.

В ходе исследований *in vitro* установлено, что уровень ЛЖК в образцах при введении различных дозировок растительных препаратов был различным (рис. 1). Корневища и корни девясила во всех изучаемых дозировках и трава полыни в дозе 2,0 г и 5,0 г показали одинаковый уровень уксусной кислоты в рубцовой жидкости. Концентрация уксусной кислоты в образце с присутствием травы полыни в дозировке 10 г/кг СВ была значительно выше, чем в других образцах, на 79,2% ($p \leq 0,05$). Также следует отметить, что в данной группе концентрация всех обнаруженных ЛЖК была выше, чем в других образцах. Одинаковый уровень пропионовой кислоты был зафиксирован в образцах 2–5, выше на 56,7% ее концентрация была в 1-м образце и на 18,8% — в 6-м. Низкая концентрация масляной кислоты была показана в образцах, содержащих девясил 6,0 г и полынь 5,0 г и 2,0 г; в присутствии полыни в дозе 10,0 г уровень данной кислоты повышался на 90,5% ($p \leq 0,01$).

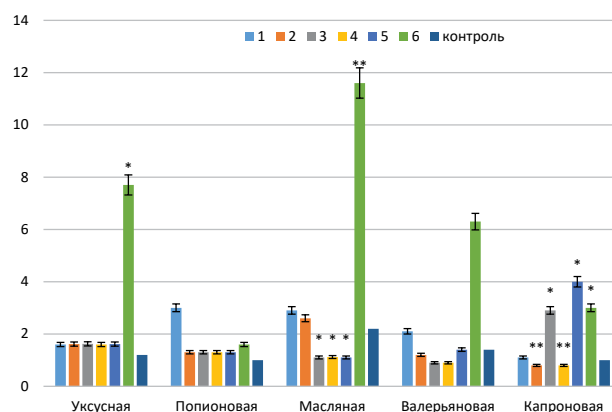
Ниже на 64,6% относительно 6-го образца отмечена концентрация ЛЖК в рубцовой жидкости при исследовании 1-го образца. Наименьший уровень ЛЖК зафиксировали в образце с травой полыни в дозировке 5,0 г, уровень валерьяновой и капроновой кислоты в данной группе был минимальным и составил 0,9 ммоль / 100 мл и 0,8 ммоль / 100 мл.

Относительно контрольного образца уровень ЛЖК был выше при использовании растительных препаратов независимо от дозировки. Так, максимально увеличивалась концентрация уксусной кислоты при использовании 6-го образца — на 84,4% ($p \leq 0,01$), в других образцах концентрация этой кислоты была выше на 25% относительно контроля. Концентрация капроновой кислоты имела тенденцию к увеличению в 3-м, 5-м и 6-м образцах на 65,5%, 75% и 66,7% ($p \leq 0,05$) соответственно относительно контроля, а уровень масляной кислоты повышался в 1-м, 2-м и 6-м образцах.

Содержание азотистых компонентов рубцовой жидкости (РЖ) является одним из показателей степени усвояемости азота корма, а также общей направленности процессов рубцового пищеварения. Самая высокая концентрация общего азота в рубцовой жидкости была отмечена в 4-м образце, а самая низкая — в 1-м и 2-м образцах. Трава полыни показала большее содержание общего небелкового и аммиачного азота в РЖ,

Рис. 1. Концентрация летучих жирных кислот в рубцовой жидкости, ммоль / 100 мл ($n = 16$)

Fig. 1. Concentration of volatile fatty acids in the scar fluid, mmol / 100 ml ($n = 16$)



Примечание: * — $p \leq 0,05$; ** — $p \leq 0,01$

Таблица 1. Содержание азотистых фракций в рубцовой жидкости ($n = 16$), мг/%
Table 1. The content of nitrogenous fractions in the scar fluid ($n = 16$), mg/%

№ образца	Название	Доза, г/кг СВ	Азот, мг/%				
			Общий	Небелковый	Белковый	Аммиачный	Мочевинный
Контроль			92,4 ± 1,1	21,0 ± 0,87	51,4 ± 1,2	4,2 ± 0,98	4,13 ± 1,1
1	<i>Inulae rhizomata et radices</i>	3,0	88,92 ± 1,2	36,4 ± 0,96	52,5 ± 1,0	6,7 ± 0,98	6,7 ± 1,0
2		1,0	89,0 ± 1,12	26,6 ± 1,1	62,3 ± 1,01*	4,2 ± 1,0	7,1 ± 1,1
3		6,0	95,2 ± 1,08	45,1 ± 1,08*	50,0 ± 1,2	6,0 ± 1,1	5,6 ± 0,98
4	<i>Artemisiae absinthil herba</i>	5,0	133,1 ± 1,0*	37,5 ± 0,86	95,6 ± 0,98*	7,3 ± 1,06	6,4 ± 1,1
5		2,0	105,2 ± 1,12*	52,9 ± 1,1*	52,2 ± 1,1	7,4 ± 0,96	6,8 ± 0,96
6		10,0	103,1 ± 1,1*	51,3 ± 1,0*	51,8 ± 1,04	7,2 ± 1,1	5,4 ± 1,1

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

Таблица 2. Концентрация метана (CH_4), мг/ м^3 и CO_2 , е/г в условиях *in vitro* ($n = 16$)
Table 2. Concentration of methane (CH_4), mg/ м^3 and CO_2 , e/g under *in vitro* conditions ($n = 16$)

Название	Доза, г/кг СВ	Концентрация метана CH_4 in vitro	
		CH_4 , мг/ м^3	Эквивалент CO_2 , е/г
Контроль		22 100 ± 11,62	552,5 ± 4,61
<i>Inulae rhizomata et radices</i>	3,0	21 500 ± 10,26	537,5 ± 4,36
	1,0	13 300 ± 9,74**	332,5 ± 5,12**
	6,0	13 200 ± 9,16**	330 ± 4,22**
<i>Artemisiae absinthil herba</i>	5,0	17 900 ± 10,54*	447,5 ± 5,16*
	2,0	14 800 ± 10,12*	370 ± 4,26*
	10,0	9400 ± 8,58**	235 ± 4,10**

Примечание: * — $p \leq 0,05$, ** — $P \leq 0,01$ при сравнении с контрольным образцом

чем корневища и корни девясила, причем независимо от концентрации (табл. 1). Между концентрацией общего и белкового азота выявлена прямая взаимосвязь. Белковый азот был примерно на одном уровне в 1-м, 3-м, 5-м и 6-м образцах, в 4-м образце он повышался на 45,1–47,7%, во 2-м — на 15,7–19,7% ($p \leq 0,01$).

При сравнении с контрольной группой в 3-м, 4-м, 5-м и 6-м опытных образцах было отмечено увеличение общего белка. Концентрация белкового азота значительно повышалась во 2-м и 4-м образцах — на 17,5% и 46,2% ($p \leq 0,05$) соответственно. Уровень небелкового, аммиачного и мочевинового азота во всех опытных образцах был выше контрольных значений.

Концентрация метана при исследовании контрольного образца составила 22 100 мг/ м^3 , что превышало значение в опытных образцах на 19% ($p \leq 0,05$) — 55,7% ($p \leq 0,01$).

Трава полыни в дозировке 10,0 г на 1 кг СВ в большей степени снижала выработку метана, чем другие ее дозировки ($p \leq 0,05$). Так, доза 2,0 г показала повышение уровня метана в РЖ на 36,5% ($p \leq 0,01$), а доза 5,0 г — на 47,5% ($p \leq 0,01$). Корневища и корни девясила в различных дозировках показали высокий уровень выработки метана, однако min и max вводимые дозы данного фитобиотика показали снижение на 38,1–38,6% метана в РЖ (табл. 2). Во всех группах отмечена прямая зависимость между уровнем CH_4 и CO_2 .

Растительные препараты или их действующие вещества характеризуются антимикробной активностью как против грамотрицательных, так и против грамположительных бактерий, а также противогрибковой активностью [16]. Добавление девясила в дозе 3,0 г/кг СВ и полыни горькой в дозе 10,0 г/кг СВ приводит к ингибированию дезаминирования и метаногенеза, что снижает концентрации метана и ацетата, но при-

водит к повышению концентрации пропионата и бутирата [10].

Наши выводы согласуются с теми, о которых сообщалось в других источниках [17], что умеренные и высокие дозы корневища и корней девясила и низкие и умеренные дозы травы полыни горькой показали стабильные значения концентраций ацетата и пропионата.

Показано, что низкие дозы биологически активных соединений увеличивали концентрацию бутирата [6]; в данном исследовании низкие дозы растительного препарата девясила, а также трава полыни в дозе 10,0 г/кг СВ рациона.

В исследовании *in vitro* наблюдали воздействие фитобиотических препаратов и их компонентов на профиль ЛЖК, однако отметили, что не оказывали влияние на концентрацию азота в РЖ [18, 19]. Эти авторы предположили, что концентрация растительных препаратов должна быть выше 35 мг/л, чтобы вызвать какие-либо существенные изменения в метаболизме азота в рубце. В исследовании отмечено, что трава полыни горькой во всех изучаемых дозировках способствовала повышению всех азотистых фракций в рубцовой жидкости, самый высокий уровень азота был зафиксирован и при использовании корневищ и корней девясила в максимальной дозировке.

Эффективность растительных препаратов варьируется с точки зрения снижения выбросов метана. Было показано, что сапонины ингибируют простейших, а также ограничивают доступность водорода для метаногенеза [20]. В недавнем исследовании Holtshausen и соавт. [21] заявили, что выявили снижение содержания метана при более высоких уровнях включения растительных препаратов, содержащих сапонин (15 г/кг СВ и более). В своем эксперименте мы показали снижение метана при низких и высоких дозах корней и корневищ девясила (1,0 и 6,0 г/кг СВ рациона).

Эфирные масла, входящие в состав растительных препаратов, также могут уменьшить количество доступного водорода для метаногенеза [22], показано снижение уровня метана при дополнительном включении высоких доз (10,0 г/кг СВ) травы полыни горькой в исследованиях *in vitro*.

Выводы / Conclusion

Результаты исследования показали, что различные дозировки *Artemisiae absinthil herba* и *Inulae rhizomata et radices* не оказывали существенного влияния на характеристики ферментации в рубце. Некоторые дозировки растительных препаратов показали увеличение уровня ЛЖК и азотистых метаболитов в рубцовой жидкости. Биологически активные вещества растений снижают выработку метана в рубцовой жидкости, что может быть связано с различными активными компонентами или дозировками их введения. Чтобы оптимизировать реакцию животных на растительные препараты, необходимы дальнейшие исследования с использованием различных трав и добавок (без негативного влияния на ферментацию или переваривание в рубце).

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.
Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.
Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.
The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lassey K.R. Livestock methane emission and its perspective in the global methane cycle. *Aust J. Exp Agr.* 2008; 48: 114–118. DOI: 10.1071/EA07220
2. Johnson K.A., Johnson D.E. Methane emissions from cattle. *J. Anim Sci.* 1995; 73(95): 2483–2492. 630–638. DOI: 10.1111/jpn.12842
3. Bodas R. *et al.* In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Anim Feed Sci Technol.* 2008; 145(1–4): 245–258. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840107002763>
4. Chesson A., Stewart C.S., Wallace R.J. Influence of plant phenolic acids on growth and cellulolytic activity of rumen bacteria. *Appl Environ Microbiol.* 1982; 44: 597–603. DOI: 10.1128/aem.44.3.597-603.1982
5. Chattopadhyay M.K. Use of antibiotics as feed additives: A burning question. *Frontiers in Microbiology.* 2014; 5: 1–3. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00334>
6. Khiaosa-ard R., Zebeli Q. Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants. *J. Anim Sci.* 2013; 91: 1819–1830. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5691>
7. Devant M., Anglada A., Bach A. Effects of plant extract supplementation on rumen fermentation and metabolism in young Holstein bulls consuming high levels of concentrate. *Animal Feed Science and Technology.* 2007; 137(1–2): 46–57. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.10.003>
8. Bampidis V.A., Christodoulou V., Florou-Paneri P., Christaki E. Effect of dried oregano leaves versus neomycin in treating newborn calves with colibacillosis. *Journal of Veterinary Medicine Series A.* 2006; 53: 154–156. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2006.00806.x>
9. Akbarian-Tefaghi M., Ghasemi E., Khorvash M. Performance, rumen fermentation and blood metabolites of dairy calves fed starter mixtures supplemented with herbal plants, essential oils or monensin. *J. Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2018; 102(3): 630–638. DOI: 10.1111/jpn.12842
10. Calsamiglia S., Busquet M., Cardozo P.W., Castillejos L., Ferret A. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science.* 2007; 90: 2580–2595. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-644>
11. Franz C.K., Baser H.C., Windisch W. Essential oils and aromatic plants in animal feeding a European perspective: A review. *Flavour and Fragrance Journal.* 2010; 25(5): 327–340. <https://doi.org/10.1002/ffj.1967>
12. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное / под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. Москва: Издательство Знание. 2003; 456. eLIBRARY ID: 18902061
13. Кузнецов В.М. Основы научных исследований в животноводстве. Киров: Зональный НИИСК Северо-Востока. 2006; 568.
14. Султанаева Л.З., Балджи Ю.А. Эффективность использования фитобиотических добавок в рационе крупного и мелкого рогатого скота (обзор). *Животноводство и кормопроизводство.* 2021; 2(104): 96–110. DOI: 10.33284/2658-3135-104-2-96
15. Левахин Г.И., Мещеряков А.Г. К методике определения расщепляемости протеина кормов в лабораторных условиях. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук.* 2003; 3: 12–13. eLIBRARY ID: 18029721
16. Paiva P.M.G., Gomes F.S., Napoleão T.H., Sá R.A., Correia M.T.S., Coelho L.C.B. Antimicrobial Activity of Secondary Metabolites and Lectins from Plants. In book: *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. Edition: 01 Chapter: Antimicrobial activity of secondary metabolites and lectins from plants.* Editors: A. Méndez-Villas. Publisher: FORMATEX. 2010; 396–406.
17. Castillejos L., Calsamiglia S., Ferret A. Effect of essential oils active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in vitro systems. *Journal of Dairy Science.* 2006; 89(7): 2649–2658. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72341-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72341-4)

REFERENCES

1. Lassey K.R. Livestock methane emission and its perspective in the global methane cycle. *Aust J. Exp Agr.* 2008; 48: 114–118. DOI: 10.1071/EA07220
2. Johnson K.A., Johnson D.E. Methane emissions from cattle. *J. Anim Sci.* 1995; 73(95): 2483–2492. 630–638. DOI: 10.1111/jpn.12842
3. Bodas R. *et al.* In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Anim Feed Sci Technol.* 2008; 145(1–4): 245–258. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840107002763>
4. Chesson A., Stewart C.S., Wallace R.J. Influence of plant phenolic acids on growth and cellulolytic activity of rumen bacteria. *Appl Environ Microbiol.* 1982; 44: 597–603. DOI: 10.1128/aem.44.3.597-603.1982
5. Chattopadhyay M.K. Use of antibiotics as feed additives: A burning question. *Frontiers in Microbiology.* 2014; 5: 1–3. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00334>
6. Khiaosa-ard R., Zebeli Q. Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants. *J. Anim Sci.* 2013; 91: 1819–1830. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5691>
7. Devant M., Anglada A., Bach A. Effects of plant extract supplementation on rumen fermentation and metabolism in young Holstein bulls consuming high levels of concentrate. *Animal Feed Science and Technology.* 2007; 137(1–2): 46–57. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.10.003>
8. Bampidis V.A., Christodoulou V., Florou-Paneri P., Christaki E. Effect of dried oregano leaves versus neomycin in treating newborn calves with colibacillosis. *Journal of Veterinary Medicine Series A.* 2006; 53: 154–156. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2006.00806.x>
9. Akbarian-Tefaghi M., Ghasemi E., Khorvash M. Performance, rumen fermentation and blood metabolites of dairy calves fed starter mixtures supplemented with herbal plants, essential oils or monensin. *J. Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2018; 102(3): 630–638. DOI: 10.1111/jpn.12842
10. Calsamiglia S., Busquet M., Cardozo P.W., Castillejos L., Ferret A. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science.* 2007; 90: 2580–2595. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-644>
11. Franz C.K., Baser H.C., Windisch W. Essential oils and aromatic plants in animal feeding a European perspective: A review. *Flavour and Fragrance Journal.* 2010; 25(5): 327–340. <https://doi.org/10.1002/ffj.1967>
12. Norms and rations of farm animals. Reference manual, 3rd edition revised and supplemented / edited by A.P. Kalashnikov, V.I. Fisinin, V.V. Shcheglova, N.I. Kleymenovo. Moscow: Publishing house «Knowledge» (Izdatelstvo «Znaniye»). 2003; 456. eLIBRARY ID: 18902061 (In Russian).
13. Kuznetsov V.M. Fundamentals of scientific research in animal husbandry. Kirov: Zonal Research Institute of Agriculture of the North-East. 2006; 568. (In Russian).
14. Sultanaeva L.Z., Baldzhi Yu.A. The efficiency of the use of phytobiotic additives in the diet of large and small cattle (review). *Animal husbandry and fodder production (Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo).* 2021; 2(104): 96–110. DOI: 10.33284/2658-3135-104-2-96 (In Russian).
15. Levakhin G.I., Meshcheryakov A.G. To the method for determining the digestibility of feed protein in laboratory conditions. *Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Russian Agricultural Sciences).* 2003; 3: 12–13. eLIBRARY ID: 18029721 (In Russian).
16. Paiva P.M.G., Gomes F.S., Napoleão T.H., Sá R.A., Correia M.T.S., Coelho L.C.B. Antimicrobial Activity of Secondary Metabolites and Lectins from Plants. In book: *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. Edition: 01 Chapter: Antimicrobial activity of secondary metabolites and lectins from plants.* Editors: A. Méndez-Villas. Publisher: FORMATEX. 2010; 396–406.
17. Castillejos L., Calsamiglia S., Ferret A. Effect of essential oils active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in vitro systems. *Journal of Dairy Science.* 2006; 89(7): 2649–2658. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72341-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72341-4)

18. Cardozo P.W., Calsamiglia S., Ferret A., Kamel C. Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on *in vitro* rumen microbial fermentation of a high concentrate diet for beef cattle. *Journal of Animal Science*. 2005; 83(11): 2572–2579. <https://doi.org/10.2527/2005.83112572x>
19. McIntosh F.M., Williams P., Losa R., Wallace R.J., Beever D.A., Newbold C.J. Effects of essential oils on ruminal microorganisms and their protein metabolism. *Applied Environmental Microbiology*. 2003; 69: 5011–5014. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.8.5011-5014.2003>
20. Guo Y.Q., Liu J.X., Lu Y., Zhu W.Y., Denman S.E., McSweeney C.S. Effect of tea saponin on methanogenesis, microbial community structure and expression of *mcrA* gene, in cultures of rumen micro-organisms. *Lett Appl Microbiology*. 2008; 47(5): 421–426. DOI: 10.1111/j.1472-765X.2008.02459.x
21. Holtshausen L. *et al.* Feeding saponin-containing *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* to decrease enteric methane production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2009; 92(6): 2809–2821. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1843>
22. Beauchemin K.A., McGinn S.M. Methane emissions from beef cattle: effects of fumaric acid, essential oil, and canola oil. *Anim Sci*. 2006; 84(6): 1489–1496. doi: 10.2527/2006.8461489x.

18. Cardozo P.W., Calsamiglia S., Ferret A., Kamel C. Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on *in vitro* rumen microbial fermentation of a high concentrate diet for beef cattle. *Journal of Animal Science*. 2005; 83(11): 2572–2579. <https://doi.org/10.2527/2005.83112572x>
19. McIntosh F.M., Williams P., Losa R., Wallace R.J., Beever D.A., Newbold C.J. Effects of essential oils on ruminal microorganisms and their protein metabolism. *Applied Environmental Microbiology*. 2003; 69: 5011–5014. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.8.5011-5014.2003>
20. Guo Y.Q., Liu J.X., Lu Y., Zhu W.Y., Denman S.E., McSweeney C.S. Effect of tea saponin on methanogenesis, microbial community structure and expression of *mcrA* gene, in cultures of rumen micro-organisms. *Lett Appl Microbiology*. 2008; 47(5): 421–426. DOI: 10.1111/j.1472-765X.2008.02459.x
21. Holtshausen L. *et al.* Feeding saponin-containing *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* to decrease enteric methane production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2009; 92(6): 2809–2821. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1843>
22. Beauchemin K.A., McGinn S.M. Methane emissions from beef cattle: effects of fumaric acid, essential oil, and canola oil. *Anim Sci*. 2006; 84(6): 1489–1496. doi: 10.2527/2006.8461489x.

ОБ АВТОРАХ:

Елена Владимировна Шейда,
кандидат биологических наук,
— Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук,
ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Российская Федерация
— Оренбургский государственный университет,
пр. Победы, 13, Оренбург, 460018, Российская Федерация
elena-shaejjda@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

Виталий Александрович Рязанов,
кандидат сельскохозяйственных наук,
Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук,
ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Российская Федерация
vita7456@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0903-9561>

Галимжан Калиханович Дускаев,
доктор биологических наук,
Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук,
ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Российская Федерация
gduskaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

Шамиль Гафиуллович Рахматуллин,
кандидат биологических наук,
Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук,
ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Российская Федерация
shahm2005@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>

Ольга Вилориевна Кван,
кандидат биологических наук,
— Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук,
ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Российская Федерация
— Оренбургский государственный университет,
пр. Победы, 13, Оренбург, 460018, Российская Федерация
kwant111@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

ABOUT THE AUTHORS:

Elena Vladimirovna Sheida,
Candidate of Biological Sciences,
— Federal Scientific Center of Biological Systems
and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences,
29 January 9 Str., Orenburg, 460000, Russian Federation
— Orenburg State University,
13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation
elena-shejjda@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

Vitaly Aleksandrovich Ryazanov,
Candidate of Agricultural Sciences,
Federal Scientific Center of Biological Systems
and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences,
29 January 9 Str., Orenburg, 460000, Russian Federation
vita7456@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0903-9561>

Galimzhan Kalihanovich Duskaev,
Doctor of Biological Sciences,
Federal Scientific Center of Biological Systems
and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences,
29 January 9 Str., Orenburg, 460000, Russian Federation
gduskaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

Shamil Gafillovich Rakhmatullin,
Candidate of Biological Sciences,
Federal Scientific Center for Biological Systems
and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences,
29 January 9 Str., Orenburg, 460000, Russian Federation
shahm2005@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>

Olga Vilorievna Kvan,
Candidate of Biological Sciences,
— Federal Scientific Center for Biological Systems
and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences,
29 January 9 Str., Orenburg, 460000, Russian Federation
— Orenburg State University,
13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation
kwant111@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>