

В.А. Рязанов¹,
Е.В. Шейда^{1,2},
Г.К. Дускаев¹,
Ш.Г.Рахматуллин¹,
О.В. Кван¹ ✉

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

² Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация

✉ kwan111@yandex.ru

Поступила в редакцию:
14.04.2022

Одобрена после рецензирования:
01.08.2022

Принята к публикации:
16.08.2022

Vitaly A. Ryazanov,
Galimzhan K. Duskaev,
Gafiiulovich R. Shamil,
Olga V. Kvan ✉

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

✉ kwan111@yandex.ru

Received by the editorial office:
14.04.2022

Accepted in revised:
01.08.2022

Accepted for publication:
16.08.2022

Оценка воздействия фитобиотических препаратов *Salviae folia*, *Scutellaria baicalensis*, *Origanum vulgare* на обменные процессы в модели рубца

РЕЗЮМЕ

Актуальность. От процессов ферментации в рубце жвачных животных зависит, насколько будут разовываться конечные метаболиты и их производные, необходимые для полноценного развития организма, высокоуровня продуктивности; также они влияют на уровень образования эндогенных веществ, в частности выбросы парниковых газов. Данные факты подводят нас к поиску новых кормовых средств, улучшающих метаболические процессы в рубце и пищеварительной системе в целом. Фитовещества могут послужить альтернативой традиционным добавкам. Цель исследования: изучить влияние *Salviae folia*, *Scutellaria baicalensis*, *Origanum vulgare* на образование метана, синтез летучих жирных кислот и азота, то есть на основные индикаторные показатели ферментативной активности рубца.

Методы. Объектом исследования являлась рубцовая жидкость, полученная от бычков казахской белоголовой породы в возрасте 9–10 месяцев, средней массой 225–230 кг (n = 4), с хронической фистулой рубца. Для исследования был приготовлен микрорацион, включающий 70% грубых кормов и 30% концентрированных кормов, в качестве субстрата, и сформированы девять опытных образцов: *Salviae folia* — 0,8; 1,6; 2,4 г/кг сухого вещества (СВ), *Scutellaria baicalensis* — 0,15; 0,2; 0,3 г/кг СВ, *Origanum vulgare* — 0,2; 0,3; 0,6 г/кг СВ рациона. Исследования производили методом *in vitro* с помощью установки-инкубатора «ANKOM Daisyll» по специализированной методике.

Результаты. Установлено, что при использовании фитовеществ *Salviae folia* и *Scutellaria baicalensis* больше образовалось уксусной и пропионовой кислоты, при использовании *Origanum vulgare* в различных дозировках произошло смещение в сторону образования пропионовой и валериановой кислот. Достоверно установлено образование большего количества микробного белка с применением *Salviae folia*, *Scutellaria baicalensis*, *Origanum vulgare* в различных дозировках. Метаногенез снижался в большей степени при использовании высших дозировок фитовеществ, независимо от источника.

Ключевые слова: листья шалфея, шлемник байкальский, трава душицы, азот, летучие жирные кислоты, метаногенез, метан, рубец, крупный рогатый скот

Для цитирования: Рязанов В.А., Шейда Е.В., Дускаев Г.К., Рахматуллин Ш.Г., Кван О.В. Оценка воздействия фитобиотических препаратов *Salviae folia*, *Scutellaria baicalensis*, *Origanum vulgare* на обменные процессы в модели рубца. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-86-92>

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

Assessment of the effect of phytobiotic drugs *Salviae folia*, *Scutellaria baicalensis*, *Origanum vulgare* on metabolic processes in the rumen model

ABSTRACT

Relevance. On the processes of fermentation in the rumen of ruminants depends, how much final metabolites and their derivatives will be formed, which are necessary for the full development of the body, the high level of productivity, those processes also affect the level of formation of endogenous substances, in particular greenhouse gas emissions. These facts lead us to the search for new feed products that improve the metabolic processes in the rumen and the digestive system as a whole. Phytochemicals can serve as an alternative to traditional feed additives. The purpose of the article was to study the effect of *Salviae folia*, *Scutellaria baicalensis*, *Origanum vulgare* on the formation of methane, the synthesis of volatile fatty acids and nitrogen, as the main indicators of the enzymatic activity of the rumen.

Methods. The object of the study was the rumen fluid obtained from bulls of the Kazakh white-headed breed, aged 9–10 months, with an average weight of 225–230 kg (n = 4) with a chronic fistula of the rumen. For the study, a microration was prepared, including 70% of roughage and 30% of concentrated feed as a substrate, and nine prototypes were formed: *Salviae folia* — 0.8; 1.6; 2.4 g/kg of dry matter (DM), *Scutellaria baicalensis* — 0.15; 0.2; 0.3 g/kg of DM, *Origanum vulgare* — 0.2; 0.3; 0.6 g/kg of DM of ration. The studies were carried out *in vitro* using the “ANKOM Daisyll” incubator and a specialized technique.

Results. It was found that with the use of phytochemicals *Salviae folia* and *Scutellaria baicalensis*, more acetic and propionic acids were formed, and with the use of *Origanum vulgare* in various dosages there was a shift towards formation of propionic and valeric acids. The formation of a larger amount of microbial protein has been reliably established with the use of *Salviae folia*, *Scutellaria baicalensis*, *Origanum vulgare* in various dosages. Methanogenesis decreased to a greater extent with the use of higher dosages of phytochemicals, regardless of the source.

Key words: *Salviae folia*, *Scutellaria baicalensis*, *Origanum vulgare*, nitrogen, volatile fatty acids, methanogenesis, methane, rumen cattle

For citation: Ryazanov V.A., Sheida E.V., Duskaev G.K., Rakhmatullin Sh.G., Kvan O.V. Assessment of the effect of phytobiotic drugs *Salviae folia*, *Scutellaria baicalensis*, *Origanum vulgare* on metabolic processes in the rumen model <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-86-92> (In Russian).

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

Введение/Introduction

Наращивание объемов производства выращивания и откорма крупного рогатого скота сопряжено со многими факторами, приводящими к развитию целого ряда заболеваний и, как следствие, снижению продуктивности животных [1]. В связи с этим актуальным является поиск новых веществ, способных снизить нагрузку на пищеварительный тракт животных без нарушения ферментативных процессов в рубце и без потери продуктивности. Одним из решений является использование в питании животных растительных препаратов [2], поскольку многие растения продуцируют вторичные метаболиты, такие как сапонины и дубильные вещества, которые обладают антимикробными свойствами. Эти соединения корректируют ферментацию в рубце и способствуют улучшению использования питательных веществ в организме животных [3–6]. Растительные препараты могут способствовать удовлетворению потребностей в питательных веществах, стимулировать эндокринную систему и влиять на промежуточный метаболизм питательных веществ [7, 8]. Одна из причин благотворного воздействия растительных экстрактов — их влияние на микробную ферментацию. Летучие жирные кислоты (ЛЖК) являются конечными продуктами микробной ферментации в рубце и важным энергетическим субстратом для жвачных животных. Использование добавок растений в рационе жвачных увеличивает общую концентрацию ЛЖК, что способствует улучшению перевариваемости питательных компонентов корма. Увеличение уровня введения хрена (с 0,17 до 1,7 г/л) линейно увеличивало общую концентрацию ЛЖК в рубцовой жидкости при исследованиях *in vitro* [9]. Когда тот же продукт скармливали крупному рогатому скоту, наблюдалось очень небольшое увеличение общего ЛЖК, но никакого изменения усвояемости корма [10]. Интересно отметить, что при даче в высоких концентрациях (3000 мг/л) фитовеществ, содержащих большое количество эфирных масел и их вторичных компонентов, снижалась общая концентрация ЛЖК по сравнению с контролем [11].

Использование растительных препаратов и активных веществ, входящих в их состав (фитобиотиков), может послужить заменой применению антибиотиков в животноводстве [12]. Скармливание фитобиотиков или препаратов на их основе крупному рогатому скоту способствует лучшей конверсии корма, улучшает азотистый метаболизм, в частности образование микробного белка, синтез летучих жирных кислот и общее состояние организма животного [13, 14]. В настоящее время происходит оценка воздействия растительных экстрактов и фитовеществ на образование метана в рубце, отмечается положительный эффект от их применения в части снижения концентрации парниковых газов. Фитобиотические препараты за счет наличия в них биологически активных веществ обладают противомикробными и противовоспалительными свойствами. Эти природные соединения модулируют ферментацию в желудочно-кишечном тракте, улучшая использование питательных веществ, и повышают продуктивность жвачных животных [15]. Биологически активные вещества растений контролируют процессы пищеварения и повышают уровень энергии без снижения потребления пищи, повышая продуктивность жвачных животных. Биоактивные вторичные растительные соединения добавок, такие как алкалоиды, флавоноиды, сапонины, дубильные вещества, фенольные соединения, терпеноиды и эфирные масла, улучшают белковый обмен и снижают выработку метана, уменьшают ацидоз, что

в итоге улучшает процессы ферментации в рубце [16]. Следовательно, пищевые добавки можно использовать для эффективного потребления питательных компонентов корма и стимуляции процессов метаболизма для повышения экономической эффективности при производстве говядины.

Широкий спектр свойств фитовеществ открывает нам широкий круг возможностей по изучению их воздействия на метаболизм в рубце жвачных. Из вышесказанного следует, что вопрос о применении фитовеществ в кормлении крупного рогатого скота остается открытым и требует дальнейших исследований.

Цель исследования: изучить влияние травы шалфея лекарственного (*Salviae folia*), шлемника байкальского (*Scutellaria baicalensis*), душицы обыкновенной (*Origanum vulgare*) на образование метана, синтез летучих жирных кислот и азота, то есть основных индикаторных показателей ферментативной активности рубца.

Материалы и методы/Materials and methods

Объектом исследования являлась рубцовая жидкость (РЖ), полученная от бычков казахской белоголовой породы возрастом 9–10 месяцев, средней массой 225–230 кг ($n = 4$), с хронической фистулой рубца. Содержание животных и процедуры при выполнении экспериментов соответствовали требованиям инструкций и рекомендаций по выполнению биологических исследований [17, 18]. Были предприняты все усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить число используемых образцов.

Кормление подопытных животных было организовано с учетом рекомендаций и норм кормления сельскохозяйственных животных. Эксперимент проводился в четырех повторностях с использованием латинского квадрата 4×4 в лаборатории биологических испытаний и экспертиз ЦКП ФНЦ БСТ РАН. Отбор проб содержимого рубца производили спустя 12 часов после кормления через хроническую фистулу рубца («ANKOM», $d = 80$ мм) резиновым шлангом длиной 200 см и наружным диаметром 40 мм в термос объемом 3 литра. Транспортировку осуществляли в течении 30 минут, поддерживая температурный режим 38,5–39,5 °C.

Для исследования был приготовлен микрорацион, включающий 70% грубых кормов и 30% концентрированных кормов в качестве субстрата, и сформированы девять опытных образцов. В состав опытных образцов входили кормовые добавки из растительного сырья семейства Яснотковые:

Salviae folia (листья шалфея лекарственного) (АО «Красногорсклексредства», г. Красногорск, Московская область, Россия) — 0,8 г/кг, 1,6 г/кг, 2,4 г/кг СВ рациона;

Scutellaria baicalensis (корни шлемника байкальского) (ООО «Беловодье», г. Дзержинский, Московская область, Россия) — 0,15 г/кг, 0,2 г/кг, 0,3 г/кг СВ рациона;

Origanum vulgare (трава душицы обыкновенной) (ООО «Фирма «КИМА»», г. Барнаул, Алтайский край, Россия) — 0,2 г/кг, 0,3 г/кг, 0,6 г/кг СВ рациона.

Исследования производили методом *in vitro* с помощью установки-инкубатора «ANKOM DaisyII» (модификации D200 и D200I) по специализированной методике.

Образцы корма взвешивали по 500 мг и помещали в полиамидные мешочки. Затем мешочки помещались в инкубатор для инкубации при температуре +39,5 °C в течение 48 часов в смеси буферного раствора с рубцовой жидкостью. По окончании инкубации образцы промывались и высушивались 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.

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

Уровень ЛЖК в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М». Определение форм азота производили по ГОСТ 26180–84, измерение активности амилазы проводилось по Смит — Роу в модификации для определения высокой активности фермента по Ансону, данные выражали в мг расщепленного крахмала на 1 мл содержимого в течение 1 минуты (мг/мл/мин) [19]. Активность протеолитических ферментов определяли по количеству расщепленного казеина, очищенного по Гаммерстену при калориметрическом контроле (длина волны 450 нм) [20], данные выражали в мг/мл/мин. Методика основана на колориметрическом определении концентрации казеина на КФК-3. Численные данные были обработаны с помощью программы SPSS «Statistics 20» («IBM», США), рассчитывали средние (M), среднеквадратичные отклонения ($\pm\sigma$), ошибки стандартного отклонения ($\pm SE$). Достоверность определялась с использованием критерия Стьюдента, различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$.

**Результаты и обсуждение/
Results and discussion**

Об эффективности использования фитобиотиков можно судить по количеству летучих жирных кислот, образующихся в рубце, непосредственно являющихся прямым источником энергии для организма. Установлено действие различных растительных экстрактов и вторичных метаболитов на ферментацию в течение 24 часов и показано, что высокие дозировки данных фитобиотиков снижали общую концентрацию ЛЖК и, как следствие, снижалась переваримость кормов [13, 21]. В нашем исследовании *in vitro* с использованием фитобиотиков были определено повышение концентрации ЛЖК (уксусная, пропионовая, масляная, валериановая, капроновые кислоты). Установлено, что при использовании кормовых добавок из растительного сырья: *Salviae folia* и *Scutellaria baicalensis* больше образовалось уксусной и пропионовой кислот, внесение *Origanum vulgare* в различных дозировках привело к смещению в сторону образования пропионовой и валериановой кислот. Аналогичные результаты были отмечены в исследованиях [22] при использовании различных фитовеществ.

Так, при использовании *Salviae folia* самые высокие значения кон-

центраций летучих жирных кислот отмечены для дозировки 1,6 г/кг СВ: уксусная — $7,3 \pm 0,004$ ммоль/100 мл ($P \leq 0,01$); пропионовая — $4,6 \pm 0,007$ ммоль/100 мл ($P \leq 0,01$); масляная — $5,8 \pm 0,002$ ммоль/100 мл ($P \leq 0,05$); валериановая — $4,1 \pm 0,004$ ммоль/100 мл ($P \leq 0,01$); капроновая — $1,4 \pm 0,002$ ммоль/100 мл ($P \leq 0,05$) кислоты.

Концентрации летучих жирных кислот при использовании *Scutellaria baicalensis* были ниже для всех дозировок, за исключением капроновой кислоты, содержание которой значительно отличалось от остальных и было выше на 61,5%, чем в варианте с *Salviae folia*, и на 42,3% — чем в варианте с *Origanum vulgare*. При использовании *Origanum vulgare* в дозировке 0,2 г/кг СВ отмечено повышение концентраций пропионовой, масляной и валериановой кислот. Содержание пропионовой кислоты было выше на 7,7%, масляной — на 2,7%, валериановой — на 42,5% в сравнении с *Salviae folia*. Объем уксусной кислоты находился на том же уровне, что и в варианте с *Scutellaria baicalensis*, и составлял $1,6 \pm 0,003$ ммоль/100 мл ($P \leq 0,05$) (рис. 1).

От поступления и образования азотистых веществ в рубце зависит обеспеченность организма аминокисло-

Рис. 1. Концентрация выделенных летучих жирных кислот в рубцовой жидкости при использовании фитобиотиков, ммоль/100 мл

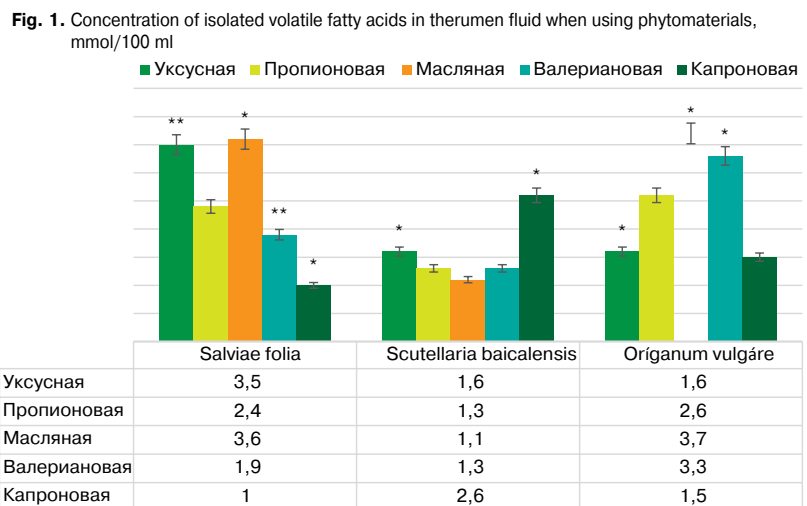


Таблица 1. Содержание азота в рубцовой жидкости *in vitro* при различных дозировках фитобиотиков, мг/%

Table 1. Nitrogen content in the rumen fluid *in vitro* at different dosages of phytomaterials, mg/%

Название препарата	Доза, г/кг СВ	Формы азота, мг/%				
		общий	небелковый	аммиачный	мочевинный	белковый
<i>Salviae folia</i>	0,8	86,1±1,4*	28,7±2,1	6,3±1,3*	6,38±1,0	57,4±0,9*
	1,6	72,1±1,8	37,1±1,3	5,95±0,5	6,0±0,8	35,0±1,2
	2,4	80,5±1,7*	31,5±1,4	5,95±1,1	4,88±1,6	49,0±1,1*
<i>Scutellaria baicalensis</i>	0,15	85,9±1,5*	36,6±1,2	6,1±1,4	6,2±1,4	49,3±1,7*
	0,2	83,0±1,6	36,2±2,5	5,9±1,0	4,7±1,3	46,8±1,4*
	0,3	84,3±1,5*	39,6±2,3*	6,23±1,2	5,8±1,6	44,7±1,3
<i>Origanum vulgare</i>	0,2	53,2±2,3	26,2±1,9	5,6±1,6	7,13±0,9	26,95±1,1
	0,3	89,6±1,4*	36,4±1,1	5,95±1,5	7,5±1,7	53,2±0,7*
	0,6	74,2±1,9*	23,1±0,9	6,65±1,8*	6,75±1,2	51,1±0,5*

Примечание: * — $p \leq 0,05$.

тами и синтез микробного белка. В нашем опыте наибольшее значение содержания общего и белкового азота установлено для дозировок 0,8 г/кг СВ *Salviae folia*, 0,15 г/кг СВ *Scutellaria baicalensis*, 0,3 г/кг СВ *Origanum vulgare*. Выявлено незначительное снижение аммиачной формы азота для дозировок 1,6 и 2,4 г/кг СВ *Salviae folia* — по сравнению с дозировкой 0,8 г/кг СВ разница составила 5,5%. При дозировках 0,2 и 0,3 г/кг СВ *Origanum vulgare* содержание мочевиной формы азота было выше на 5,3% и 10,0% соответственно, чем для дозировки 0,6 г/кг СВ (табл. 1).

Использование кормовых добавок из лекарственных растений в кормлении крупного рогатого скота может позволить повлиять на процессы метаногенеза и способствовать меньшим потерям энергии животным с переводом ее в продукцию организма, снижая эффект от выбросов парниковых газов. Исследование фитобиотиков растений из семейства Яснотковые *in vitro* позволило получить следующие данные по образованию метана: наибольшее значение концентрации отмечено для дозировки 1,6 г/кг СВ *Salviae folia* — выше, чем для дозировки 0,8 и 2,4 г/кг СВ в этой же группе, на 20,5% и 29,7% соответственно.

Стоит отметить, что в группе с использованием *Salviae folia* среднее значение концентрации метана было выше, чем в группах *Scutellaria baicalensis* и *Origanum vulgare*. При введении *Scutellaria baicalensis* в дозировке 0,3 г/кг СВ отмечалось самая низкая концентрация метана, так же, как и у *Origanum vulgare* в дозировке 0,6 г/кг СВ; разница составила 23,1%. В то же время среднее значение концентрации метана в группе *Origanum vulgare* в сравнении с *Salviae folia* и *Scutellaria baicalensis* было ниже на 32,4% и 26,5% соответственно (табл. 2).

Использование фитобиотических препаратов оказывало значительное влияние на течение ферментативных процессов в рубце (рис. 2). Так, при включении *Salviae folia* в дозировках 1,6; 0,8 и 2,4 г/кг активность амилазы увеличивалась на 80,6% ($p \leq 0,01$), 78,3% ($p \leq 0,05$) и 79,8% ($p \leq 0,01$) соответственно, относительно варианта с применением *Origanum vulgare* 0,6 г/кг. Использование *Scutellaria baicalensis* во всех дозировках также показало увеличение активности амилазы при сравнении с группой, получавшей *Origanum vulgare*; она составила 1340,0±6,24 – 1760,0±5,62 мг/мл/мин ($p \leq 0,05$). Самая низкая амилазная активность была отмечена в

Таблица 2. Концентрация метана с использованием фитобиотиков *in vitro*, г/м³, CO₂ е/г

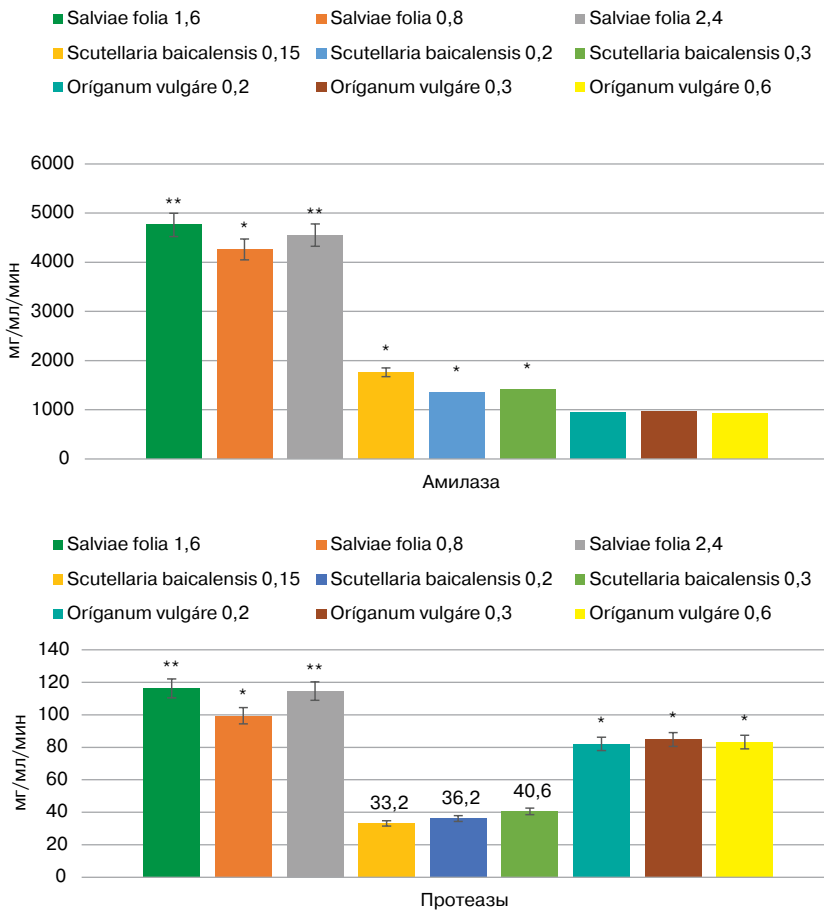
Table 2. Methane concentration using phytomaterials *in vitro*, g/m³, CO₂ e/g

Название	Доза, г/кг СВ	Концентрация метана CH ₄ <i>in vitro</i>	
		CH ₄ , г/м ³	Эквивалент CO ₂ е/г
<i>Salviae folia</i>	0,8	11,2±2,6*	280±1,2*
	1,6	14,1±3,2*	352,5±2,3
	2,4	9,9±2,3	247,5±1,9
<i>Scutellaria baicalensis</i>	0,15	10,4±2,4	260±3,4
	0,2	10,1±2,3*	252,5±1,6*
	0,3	5,3±1,2*	132,5±1,7*
<i>Origanum vulgare</i>	0,2	8,5±1,3**	213,8±2,4
	0,3	8,4±3,1*	210,8±1,1
	0,6	6,9±2,4*	174,8±1,8*

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

Рис. 2. Активность пищеварительных ферментов, протеазы и амилазы, в рубцовой жидкости при использовании фитобиотиков, мг/мл/мин

Fig. 2. Activity of digestive enzymes in the rumen fluid when using phytomaterials, mg/ml/min



Примечание: * — $p \leq 0,05$; ** — $p \leq 0,01$; при сравнении с группой, имеющей наименьшее значение по данному показателю

РЖ при включении *Origanum vulgare*, данный показатель составил 925,0±10,12 мг/мл/мин при дозировке 0,6 г/кг СВ, 950,0±21,4 мг/мл/мин — при дозировке 0,2 г/кг СВ и 970,0±18,8 мг/мл/мин — при дозировке 0,3 г/кг СВ.

Активность протеолитических ферментов была выше в опытных группах по сравнению с контролем. Использование в опыте *Origanum vulgare* в различных дозировках показало наименьший уровень активности проте-

азы, концентрация данного фермента в РЖ составила $33,2 \pm 2,36 - 40,6 \pm 4,1$ мг/мл/мин. Введение *Salviae folia* и *Scutellaria baicalensis* во всех изучаемых дозировках увеличивало данный показатель относительно группы с наименьшим значением на $66,6 - 71,4\%$ ($p \leq 0,01$) и $59,6 - 60,8\%$ ($p \leq 0,05$) соответственно.

Кормовые добавки из растительного сырья, богатого биологически активными веществами, способны смещать соотношение ацетата к бутирату подтверждена в исследовании [23], в котором говорится о способности фитонутриентов и фитобиотиков смещать ферментацию в сторону образования пропионата и бутирата с ингибированием метаногенеза. В нашем случае концентрация метана при использовании *Origanum vulgare* была ниже, чем при использовании *Salviae folia* и *Scutellaria baicalensis*. При изучении фитовеществ по способности снижения метаногенеза авторами [24] установлено, что в различных дозировках они способны снижать количество вырабатываемого метана и могут быть использованы в кормлении.

Оценка воздействия *Salviae folia*, *Scutellaria baicalensis*, *Origanum vulgare* на метаболизм различных форм азота в рубцовой жидкости, в частности на образование белковой формы, свидетельствует о нормализации протекающих микробиологических процессов. Из всех форм белкового азота, выделенного из рубцовой жидкости наибольшее значения отмечены: *Salviae folia* ($57,4 \pm 0,9\%$) ($P \leq 0,05$), *Scutellaria baicalensis* ($49,3 \pm 1,7\%$) ($P \leq 0,05$), *Origanum vulgare* ($53,2 \pm 0,7\%$) ($P \leq 0,05$). В другом исследовании [25] авторами получены схожие результаты, подтверждается, что в желудочно-кишечном тракте животных увеличилось усвоение небелкового азота при использовании рациона с добавлением растительных веществ.

Выработка метана у жвачных животных приводит к потере от 2 до 15% энергии, поступающей с пищей. Сокращение выработки метана в ротовой полости может улучшить продуктивность животных. В исследованиях показано значительное снижение выработки метана в рубце жвачных при использовании рациона из смешанных трав [26]. Также известно, что экстракты гвоздики и экстракт фенхеля ингибируют выработку метана *in vitro* [27].

Наши исследования показали, что самые высокие из изучаемых нами дозировок фитобиотиков семейства Яснотковые в большей степени снижают выработку метана. Такое действие фитобиотиков можно объяснить тем, что биологически активные вещества, входящие в их состав, могут изменять проницаемость клеточных мембран. Поскольку простейшие продуцируют большое количество водорода, метаногены прикрепляются к поверхностным простейшим для утилизации водорода [28].

Выводы/Conclusion

Кормовые добавки из растительного сырья *Salviae folia*, *Scutellaria baicalensis*, *Origanum vulgare* в различных дозировках оказывали неоднозначное влияние на обменные процессы в рубце. Фитобиотики, независимо от вида, снижают выработку метана в рубцовой жидкости, в большей степени метаногенез снижался при введении фитовеществ *Salviae folia* в дозировке 2,4 г/кг, *Scutellaria baicalensis* в дозировке 0,3 г/кг, *Origanum vulgare* в дозировке 0,а г/кг. Использование фитобиотиков *Salviae folia* и *Scutellaria baicalensis* способствовало большему повышению активности пищеварительных ферментов в рубцовой жидкости. Включение *Salviae folia* и *Origanum vulgare*, независимо от дозы вводимых веществ, повышало уровень азота и летучих жирных кислот в рубцовой жидкости.

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.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РНФ №21-76-10014.

FUNDING

The study was carried out with the financial support of the project RNF №21-76-10014.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Benedict KM, Gow SP, McAllister TA, Booker CW, Hannon SJ, Checkley SL. Antimicrobial resistance in escherichia coli recovered from feedlot cattle and associations with antimicrobial use. *PLoS ONE*. 2015;10(12): e0143995. doi:10.1371/journal.pone.0143995
2. Wallace RJ. (2004). Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Proc. Nutr. Soc.* 2004;63:621-629.
3. Atlanderova K., Makaeva A., Rysaev A., Nurzhanov B., Duskaev G., Rayzanov V. The effect of medicinal extracts on microflora and enzymatic processes of calf rumen. *Journal of Animal Science*. 2020;98(4):258. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa278.466>
4. Hristov AN, Mcallister TA, Van Herk FH, Cheng KJ, Newbold CJ, Cheek PR. Effect of *Yucca schidigera* on ruminal fermentation and nutrient digestion in heifers. *J. Anim. Sci.* 1999;77:2554-2563.
5. Karimov I, Kondrashova K, Duskaev G, Kvan O. Evaluation of effects of rumen fluid in combination with probiotic preparations and vanillin on the luminescence of a recombinant strain *E. coli*. *E3S Web of Conferences*, 2020. 143, 02034. DOI 10.1051/e3sconf/202014302034
6. Wallace RJ. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Proc. Nutr. Soc.* 2004;63:621-629.

REFERENCES

1. Benedict KM, Gow SP, McAllister TA, Booker CW, Hannon SJ, Checkley SL. Antimicrobial resistance in escherichia coli recovered from feedlot cattle and associations with antimicrobial use. *PLoS ONE*. 2015;10(12): e0143995. doi:10.1371/journal.pone.0143995
2. Wallace RJ. (2004). Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Proc. Nutr. Soc.* 2004;63:621-629.
3. Atlanderova K., Makaeva A., Rysaev A., Nurzhanov B., Duskaev G., Rayzanov V. The effect of medicinal extracts on microflora and enzymatic processes of calf rumen. *Journal of Animal Science*. 2020;98(4):258. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa278.466>
4. Hristov AN, Mcallister TA, Van Herk FH, Cheng KJ, Newbold CJ, Cheek PR. Effect of *Yucca schidigera* on ruminal fermentation and nutrient digestion in heifers. *J. Anim. Sci.* 1999;77:2554-2563.
5. Karimov I, Kondrashova K, Duskaev G, Kvan O. Evaluation of effects of rumen fluid in combination with probiotic preparations and vanillin on the luminescence of a recombinant strain *E. coli*. *E3S Web of Conferences*, 2020. 143, 02034. DOI 10.1051/e3sconf/202014302034
6. Wallace RJ. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Proc. Nutr. Soc.* 2004;63:621-629.

7. Wang Y, McAllister TA, Newbold CJ, Rode LM, Cheeke PR, Cheng KJ. Effects of extract on fermentation and degradation of steroidal saponins in the rumen stimulation technique. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1998;74:143-153.
8. Wenk C. Why all discussion about herbs? *Biotechn in the feed industry.* 2000;79-96.
9. Mohammad N, Ajisaka N, Lila ZA, Mikuni K, Hara K, Kanda S, Itabashi H. Effect of Japanese horseradish oil on methane production and ruminal fermentation in vitro and in stress. *J. Anim. Sci.* 2004;82:1839-1846.
10. Castillejos L, Calsamigkia S, Ferret A, Losa R. Effects of a specific blend of essential oil compounds and type of diet on rumen microbial fermentation and nutrient flow from a continuous culture system. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2005;119:29-41.
11. Christaki E, Bonos E, Giannenas I, Florou-Paneri P. A review: aromatic plants as a source of bioactive compounds. *Agric.* 2012;2:228-243.
12. Logachev K, Karimov I, Duskaev G, Frolov A, Tulebaev S, Zav'yalov O. Study of intercellular interaction of ruminal microorganisms of beef cattle. *Asian Journal of Animal Sciences*, 2015. 9 (5), pp. 248-253. DOI 10.3923/ajas.2015.248.253
13. Pashtetsky V, Ostapchuk P, Kuevda T, Zubochenko D, Yemelianov S, Uppe V. Use of phytochemicals in animal husbandry and poultry. Shamtshyan M and Ignateva S, editors. *E3S Web of Conferences: International Scientific Conference on Biotechnology and Food Technology (BFT-2020)*. 2020;27-29. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021502002>
14. Tajodini M, Moghbeli P, Hashem S, Mohaddese E. The effect of medicinal plants as a feed additive in ruminant nutrition. *Iranian Journal of Applied Animal Science.* 2014;4:681-686.
15. Kumar R, Kumar BA. New claims in folk veterinary medicines from Uttar Pradesh, India. *J. Ethnopharmacol.* 2013;146:581-593. doi: [org/10.1016/j.jep.2013.01.030](https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.01.030).
16. Singh PK. An Overview of Feed Additives. In *Animal Feed Additives*. New India Publishing Agency, New Delhi - 110034, India. 2015;1-13.
17. Сарымсакова БЕ, Розенсон РИ, Баттакова ЖЕ. Руководство по этике научных исследований: методические рекомендации. Астана. 2007. 98 с. [Accessed 2 March 2022].
18. Веселова ТА, Мальцева АА, Швецов ИМ. Биоэтические проблемы в биологических и экологических исследованиях: учебно-методическое пособие в электронном виде. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет. 2018. 187с.
19. Батоев ЦЖ. Динамика сокоотделения и выделение ферментов поджелудочной железы у птиц. *Физиологический журнал СССР имени И.М. Сеченова.* 1972;58(11):1771-1773.
20. Батоев ЦЖ. Фотометрическое определение активности протеолитических ферментов поджелудочного сока по уменьшению концентрации казеина. *Вопросы физиологии и патологии животных: Сборник трудов Бурятского государственного сельскохозяйственного института.* 1971;25:22-26.
21. Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Kamel C. Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 2006;89:761-771.
22. Ghimire S, Kohn RA, Gregorini P, White RR, Hanigan MD. Representing interconversions among volatile fatty acids in the Molly cow model. *J. Dairy Sci.* 2017;100(5):3658-3671. doi: 10.3168/jds.2016-11858.
23. Oh J, Wall EH, Bravo DM, Hristov AN. Host-mediated effects of phytonutrients in ruminants: A review. *J. Dairy Sci.* 2017;100(7):5974-5983. doi: 10.3168/jds.2016-12341.
24. Akanmu AM, Hassen A, Adejoro AF. Haematology and Serum Biochemical Indices of Lambs Supplemented with *Moringa oleifera*, *Jatropha curcas* and *Aloe vera* Leaf Extract as Anti-Methanogenic Additives. *Antibiotics (Basel)*. 2020;9(9):601. doi:10.3390/antibiotics9090601
25. Aguilar-Hernández JA, Urías-Estrada JD, López-Soto MA, Barreras A, Plascencia A, Montaño M, González-Vizcarra VM, Estrada-Angulo A, Castro-Pérez BI, Barajas R, Rogge HI, Zinn RA. Evaluation of isoquinoline alkaloid supplementation levels on ruminal fermentation, characteristics of digestion, and microbial protein synthesis in steers fed a high-energy diet. *J. Anim. Sci.* 2016;94(1):267-74. doi: 10.2527/jas.2015-9376
26. Garcia-Gonzalez R, Lopez S, Fernandez M, Gonzalez JS. Dose-response effects of *Rheum officinale* root and *Frangula alnus* bark on ruminal methane production in vitro. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2008;145:319-334.
7. Wang Y, McAllister TA, Newbold CJ, Rode LM, Cheeke PR, Cheng KJ. Effects of extract on fermentation and degradation of steroidal saponins in the rumen stimulation technique. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1998;74:143-153.
8. Wenk C. Why all discussion about herbs? *Biotechn in the feed industry.* 2000;79-96.
9. Mohammad N, Ajisaka N, Lila ZA, Mikuni K, Hara K, Kanda S, Itabashi H. Effect of Japanese horseradish oil on methane production and ruminal fermentation in vitro and in stress. *J. Anim. Sci.* 2004;82:1839-1846.
10. Castillejos L, Calsamigkia S, Ferret A, Losa R. Effects of a specific blend of essential oil compounds and type of diet on rumen microbial fermentation and nutrient flow from a continuous culture system. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2005;119:29-41.
11. Christaki E, Bonos E, Giannenas I, Florou-Paneri P. A review: aromatic plants as a source of bioactive compounds. *Agric.* 2012;2:228-243.
12. Logachev K, Karimov I, Duskaev G, Frolov A, Tulebaev S, Zav'yalov O. Study of intercellular interaction of ruminal microorganisms of beef cattle. *Asian Journal of Animal Sciences*, 2015. 9 (5), pp. 248-253. DOI 10.3923/ajas.2015.248.253
13. Pashtetsky V, Ostapchuk P, Kuevda T, Zubochenko D, Yemelianov S, Uppe V. Use of phytochemicals in animal husbandry and poultry. Shamtshyan M and Ignateva S, editors. *E3S Web of Conferences: International Scientific Conference on Biotechnology and Food Technology (BFT-2020)*. 2020;27-29. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021502002>
14. Tajodini M, Moghbeli P, Hashem S, Mohaddese E. The effect of medicinal plants as a feed additive in ruminant nutrition. *Iranian Journal of Applied Animal Science.* 2014;4:681-686.
15. Kumar R, Kumar BA. New claims in folk veterinary medicines from Uttar Pradesh, India. *J. Ethnopharmacol.* 2013;146:581-593. doi: [org/10.1016/j.jep.2013.01.030](https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.01.030).
16. Singh PK. An Overview of Feed Additives. In *Animal Feed Additives*. New India Publishing Agency, New Delhi - 110034, India. 2015;1-13.
17. Сарымсакова БЕ, Розенсон РИ, Баттакова ЖЕ. Руководство по этике научных исследований: методические рекомендации. Астана. 2007. 98 с. [Accessed 2 March 2022].
18. Веселова ТА, Мальцева АА, Швецов ИМ. Биоэтические проблемы в биологических и экологических исследованиях: учебно-методическое пособие в электронном виде. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет. 2018. 187с.
19. Батоев ЦЖ. Динамика сокоотделения и выделение ферментов поджелудочной железы у птиц. *Физиологический журнал СССР имени И.М. Сеченова.* 1972;58(11):1771-1773.
20. Батоев ЦЖ. Фотометрическое определение активности протеолитических ферментов поджелудочного сока по уменьшению концентрации казеина. *Вопросы физиологии и патологии животных: Сборник трудов Бурятского государственного сельскохозяйственного института.* 1971;25:22-26.
21. Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Kamel C. Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 2006;89:761-771.
22. Ghimire S, Kohn RA, Gregorini P, White RR, Hanigan MD. Representing interconversions among volatile fatty acids in the Molly cow model. *J. Dairy Sci.* 2017;100(5):3658-3671. doi: 10.3168/jds.2016-11858.
23. Oh J, Wall EH, Bravo DM, Hristov AN. Host-mediated effects of phytonutrients in ruminants: A review. *J. Dairy Sci.* 2017;100(7):5974-5983. doi: 10.3168/jds.2016-12341.
24. Akanmu AM, Hassen A, Adejoro AF. Haematology and Serum Biochemical Indices of Lambs Supplemented with *Moringa oleifera*, *Jatropha curcas* and *Aloe vera* Leaf Extract as Anti-Methanogenic Additives. *Antibiotics (Basel)*. 2020;9(9):601. doi:10.3390/antibiotics9090601
25. Aguilar-Hernández JA, Urías-Estrada JD, López-Soto MA, Barreras A, Plascencia A, Montaño M, González-Vizcarra VM, Estrada-Angulo A, Castro-Pérez BI, Barajas R, Rogge HI, Zinn RA. Evaluation of isoquinoline alkaloid supplementation levels on ruminal fermentation, characteristics of digestion, and microbial protein synthesis in steers fed a high-energy diet. *J. Anim. Sci.* 2016;94(1):267-74. doi: 10.2527/jas.2015-9376
26. Garcia-Gonzalez R, Lopez S, Fernandez M, Gonzalez JS. Dose-response effects of *Rheum officinale* root and *Frangula alnus* bark on ruminal methane production in vitro. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2008;145:319-334.

27. Patra AK, Kamra DN, Agarwal N. Effect of spices on rumen fermentation, methanogenesis and protozoa counts *in vitro* gas production test. *Conf. Greenhouse Gases Anim. Agric. ETH Zurich, Zurich, Switzerland*. 2005;115-118.

28. Lee SC, Lee HJ, Oh YK. Methane production from enteric fermentation in ruminants. *Asian-australas J. Anim. Sci.* 2000;13:171-181.

27. Patra AK, Kamra DN, Agarwal N. Effect of spices on rumen fermentation, methanogenesis and protozoa counts *in vitro* gas production test. *Conf. Greenhouse Gases Anim. Agric. ETH Zurich, Zurich, Switzerland*. 2005;115-118.

28. Lee SC, Lee HJ, Oh YK. Methane production from enteric fermentation in ruminants. *Asian-australas J. Anim. Sci.* 2000;13:171-181.

ОБ АВТОРАХ:

Виталий Александрович Рязанов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук; 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: +7 (922) 807-71-00, <https://doi.org/0000-0003-0903-9561> e-mail: vita7456@yandex.ru

Галимжан Калиханович Дускаев, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук; 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: +7 (35-32) 30-81-70, <https://doi.org/0000-0002-9015-8367> e-mail: gduskaev@mail.ru,

Елена Владимировна Шейда, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 2, Оренбург, 460000, Российская Федерация; старший научный сотрудник института биоэлементологии, Оренбургский государственный университет, 13, пр. Победы, Оренбург, 460018, Российская Федерация, тел.: +7 (922) 862-64-02, <https://doi.org/0000-0002-2586-613X>. e-mail: elena-shejjda@mail.ru,

Шамиль Гафиуллинович Рахматуллин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация, тел.: +7 (922) 815-72-25, <https://doi.org/0000-0003-0143-9499> e-mail: shahm2005@rambler.ru,

Ольга Вилориевна Кван, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук; 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: +7 (922) 548-56-57, <https://doi.org/0000-0002-0561-7002> e-mail: kwan111@yandex.ru,

ABOUT THE AUTHORS:

Vitaly Aleksandrovich Ryazanov, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher of the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences; 29, January 9 str., Orenburg, 460000, Russian Federation, tel.: +7 (922) 807-71-00, <https://doi.org/0000-0003-0903-9561> e-mail: vita7456@yandex.ru

Galimzhan Kalikhanovich Duskaev, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences; 29, January 9 str., Orenburg, 460000, Russian Federation, tel.: +7 (35-32) 30-81-70, <https://doi.org/0000-0002-9015-8367> e-mail: gduskaev@mail.ru,

Elena Vladimirovna Sheida, Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation; Senior Researcher at the Institute of Bioelementology, Orenburg State University, 13, Pobedy Ave., , Orenburg, 460018, Russian Federation, tel.: +7 (922) 862-64-02, <https://doi.org/0000-0002-2586-613X> . e-mail: elena-shejjda@mail.ru ,

Shamil Gafullovich Rakhmatullin, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the S.G. Leushin Department of Animal Feeding and Feed Technology, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9 str., Orenburg, 460000, Russian Federation tel.: +7 (922) 815-72-25, <https://doi.org/0000-0003-0143-9499> e-mail: shahm2005@rambler.ru,

Olga Vilorievna Kvan, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the S.G. Leushin Department of Animal Feeding and Feed Technology, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9 str., Orenburg, 460000, Russian Federation, tel.: +7 (922) 548-56-57, <https://doi.org/0000-0002-0561-7002> e-mail: kwan111@yandex.ru,