DOI: 10.33284/2658-3135-102-1-136
УДК 636.084.4

Использование пробиотиков и растительных экстрактов для улучшения продуктивности жвачных животных (обзор)

Г.К. Дускаев, Г.И. Левахин, В.Л. Королёв, Ф.Х. Сиразетдинов
ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

Аннотация. Развитие новых взглядов на использование одних и тех же антибиотических препаратов как в медицине, так и в животноводстве выявило проблему антибиотикорезистентности. В этой связи необходимость поиска альтернативных веществ (кормовых добавок), способных эффективно использоваться как ростостимулирующее средство, в том числе с антибиотическим эффектом, неуклонно возрастает. В последние годы исследователи предложили несколько альтернативных методов для улучшения функций микрофлоры рубца, процессов пищеварения и ферментации, а также для повышения биодоступности и использования питательных веществ посредством включения в рационы животных кормовых добавок. Обзор направлен на изучение влияния дополнения рационов жвачных животных пробиотиками или растительными экстрактами и их метаболитами на продуктивность животных. Кроме того, в последнее десятилетие функции этих непатогенных и нетоксичных живых микроорганизмов (пробиотики) и биологически активных соединений растений (растительный экстракт) изучаются из-за запрета в развитых странах на нетерапевтическое использование антибиотиков в качестве стимуляторов роста в сочетании с критическим предпочтением потребителей к качественным и безопасным продуктам животного происхождения. Сообщается, что эти альтернативные дополнительные продукты оказывают благотворное влияние как на здоровье животных, так и на продуктивность, что влияет на стабилизацию среды рубца, ингибирование пролиферации патогенных бактерий в желудочно-кишечном тракте, модуляцию иммунного ответа, увеличение деградации клетчатки и ферментацию, доступность и использование питательных веществ, рост животных и производство продукции. Тем не менее необходимость долгосрочных исследований *in vivo* всё ёще необходимы для определения синергетического эффекта этих двух безопасных групп веществ.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, пробиотики, растительные экстракты, продуктивность, пищеварение, иммунитет.

UDC 636.084.4

Use of probiotics and plant extracts to improve the productivity of ruminants (review)

G.K. Duskaev, G.I. Levakhin, V.L. Korolyov, F.Kh. Sirazetdinov
FSBSI «Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences»

Summary. The development of new views on the use of the same antibiotic drugs in medicine and in animal husbandry revealed the problem of antibiotic resistance. In this regard, the need to find alternative substances (feed additives) that can be effectively used as a growth-promoting agent, including those with an antibiotic effect, is steadily increasing. In recent years, researchers have proposed several alternative methods to improve the functions of the microflora of the rumen, the processes of digestion and fermentation, as well as to increase the bioavailability and use of nutrients through the inclusion in the diets of animal feed additives. The review is aimed at studying the effect of the addition of rations of ruminants to probiotics or plant extracts and their metabolites on the productivity of animals. In addition, in the past decade, the functions of these non-pathogenic and non-toxic living microorganisms (probiotics) and biologically active compounds of plants (plant extract) are being studied due to the ban in developed

countries on non-therapeutic use of antibiotics as growth promoters combined with critical consumer preference for quality and safe animal products. It is reported that these alternative supplements have a beneficial effect on both animal health and productivity, which affects stabilization of the rumen environment, inhibition of proliferation of pathogenic bacteria in the gastrointestinal tract, modulation of the immune response, increased degradation of fiber and fermentation, availability and use animal growth and production. Nevertheless, the need for long-term in vivo research is still more necessary to determine the synergistic effect of these two safe groups of substances.

Key words: cattle, probiotics, vegetable extracts, productivity, digestion, immunity.

Введение.

Проблема антибиотикорезистентности возникла на фоне развития новых взглядов на использование одних и тех же антибиотических препаратов как в медицине, так и в животноводстве. Учитывая то, что мировое животноводство является основным потребителем антибиотиков, до 50 % от ежегодного производства, причём в развитых странах эта доля ещё больше – до 70 % в США (Associated Press). По данным ФАО (2018 г.), в ЕС на лечение резистентных патогенов затрачивается 1,5 млрд евро в год, в США расходы по управлению антибиотикорезистентностью составляют 0,1-10 млрд дол. США в год. В 2050 г. антибиотикорезистентность может привести к снижению мирового ВВП на 2-3,5 % и ущербу в 100 трлн дол. По данным ВОЗ, в ближайшие 35 лет ожидается гибель около 300 млн человек по причине антибиотикорезистентности.

На основе этих глобальных трендов в сентябре 2017 г. подписано распоряжение Правительства Российской Федерации № 2045-р о принятии «Стратегии предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 года».

В январе 2017 г. Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США полностью приняло пересмотренные правила, направленные на сокращение использования важных с медицинской точки зрения антибиотиков в системах производства продуктов питания для животных [1]. Центральным элементом новых правил является необходимость ветеринарного надзора за использованием антибиотиков. Препараты, которые ранее были доступны «без рецепта», теперь могут использоваться только по письменному рецепту лицензированного ветеринарного врача. С тех пор как правила вступили в силу, основные производители говядины объявили о стратегиях, которые будут (или были уже реализованы), чтобы уменьшить использование антибиотиков. К таким стратегиям относится активное использование пробиотических и фитохимических средств [2].

Цель обзорного исследования.

Оценка влияния пробиотических и фитохимических веществ на здоровье, обмен веществ, пищеварение и продуктивность жвачных (крупный рогатый скот).

Методы исследования.

Для поиска необходимых источников использованы доступные базы данных веб-сайтов PubMed Central, Medline, веб-сайт Всемирной Организации здравоохранения (ВОЗ) для определения исследовательских статей и политических документов, касающихся использования антибиотиков у животных. Для поиска заявлений об антибиотикорезистентности, опубликованных правительственными учреждениями, использовалась поисковая система в Интернете.

Результаты исследования.

Использование пробиотических средств в кормлении жвачных. Пробиотики становятся всё более распространёнными в цепочке производства говядины, но особенно в системах откорма. Было подсчитано, что приблизительно 60 % крупного рогатого скота получают те или иные пробиотики [3]. Часто они состоят из видов *Lactobacillus*, которые скармливаются отдельно или в сочетании с *Propionibacterium*. Нормализация функции желудочно-кишечного тракта и конкурент-

ное ингибирование пищевых патогенов, таких как *E.coli* [4], являются наиболее часто упоминаемыми причинами их использования. Недавно на рынке были представлены бактерии, утилизирующие лактат, сообщаемые преимущества включают в себя предотвращение ацидоза рубца и возможность более быстрого перехода на высококонцентрированные рационы [5], а также улучшение производительности крупного рогатого скота и снижение заболеваемости молодняка после прибытия на откормочные площадки [6]. Пробиотики активно используются при заболеваниях кишечника [7].

Введение пробиотических штаммов как индивидуальных, так и комбинированных может оказать существенное влияние на поглощение и использование корма, увеличение общей массы тела различных животных, включая овец, коз [8], крупный рогатый скот [9]. Добавление пробиотических микроорганизмов в корм приводит к улучшению количества и качества молока, мяса [10].

Пробиотики оказывают положительное влияние на различные процессы пищеварения, особенно на целлюлолитические, и синтез микробных белков [11]. Также было подтверждено благоприятное влияние корма, дополненного пробиотиком YEA-SACC-1026 [12] и бактериальными штаммами *Bacillus licheniformis* и *Bacillus subtilis*, на качество молока (содержание жира и белка) и увеличение массы тела ягнят. Пробиотик использовался в поздний период беременности и во время кормления молоком. Yu et al. [13] определили влияние пропаренной кукурузы с добавлением культуры *Aspergillus oryzae* в рацион коров на их молочную продуктивность. Эксперимент проводился на 32 коровах в течение 70 дней. Было подтверждено, что добавление *A. Oryzae* к пропаренной кукурузе привело к увеличению процентного содержания белка и сухих обезжиренных твёрдых веществ в молоке.

Исследования также подтвердили благоприятное влияние пробиотиков на улучшение роста сельскохозяйственных животных, включая коров [14], молодых телят [15].

Было показано, что пробиотические бактерии, такие как *Lactobacillus sobrius* [16] или *Lactobacillus paracasei* [17], ограничивают кишечную колонизацию патогенной кишечной палочкой.

Имеются сообщения, указывающие на то, что использование бактериальных пробиотиков более эффективно в отношении молодых телят, тогда как введение пробиотических штаммов дрожжей (Saccharomyces *cerevisiae*) и грибов (Aspergillus *oryzae*) даёт лучшие результаты у взрослых жвачных животных [18].

К преимуществам использования пробиотиков следует подчеркнуть роль в защите животных от патогенов, усилении иммунологического ответа, снижении потребности в стимуляторах роста на основе антибиотиков и высокой безопасности этих веществ. В настоящее время наблюдается рост спроса на мясные продукты, и ожидания потребителей отражаются в стремлении производителей к максимально возможному качеству мяса. Использование пищевых добавок с нехимическими формулами, такими как пробиотики, может оправдать это ожидание.

Отмечено положительное влияние таких пробиотиков, как живые дрожжи на продуктивность жвачных животных [19]. Добавление живых дрожжей SC I-1077 [20] стимулирует грибки, ответственные за солюбилизацию тканей лигнина, а также усиливает активность целлюлолитических бактерий. В другом исследовании [21] наблюдали увеличение популяции в рубце *Fibrobacter succinogens* и *Ruminococcus flaveafaciens,* которые расщепляют волокна, на 45 % и 85 % соответственно, когда рационы крупного рогатого скота содержали живые дрожжи. Кроме того, обнаружено [22], что силос с низким уровнем разложения клетчатки переваривался на 24 % выше при добавлении живых дрожжей, и сделан вывод, что специфические живые дрожжи могут увеличить метаболизируемую энергию, доступную из низкокачественных кукурузных силосов, и глюкогенный потенциал рациона, оба из которых могут повысить эффективность выращивания крупного рогатого скота. Chaucheyras-Durand и Fonty [23] также обсуждали раннее создание и поддержание инокулированных целлюлолитических бактерий в рубце выращенных ягнят в присутствии *S. Cerevisiae.* Далее авторы объяснили, что произошло уменьшение концентрации аммиака в рубце и более высокой концентрации летучих жирных кислот (VFA), когда ягнятам было от 20 до 50 дней, и

такая активность может быть полезна для предотвращения микробного дисбаланса и снижения эффективности функции рубца в случае пищевых стрессов. Кроме того, Cömert et al. [24] оценивали влияние пищевых добавок на однолетних ягнят, получавших необработанную пшеничную солому и обработанную аммиаком пшеничную солому с добавлением *S. Cerevisiae.* Они наблюдали более высокую способность к разложению (18,7 %) нерастворимой фракции клетчатки в рационах из соломы пшеницы с добавлением дрожжей по сравнению с группой без добавок и дополнительным увеличением на 8,3 % в группе соломы пшеницы, обработанной аммиаком. Кроме того, на 12 % улучшена потенциальная способность к разложению рационов из соломы пшеницы, дополненных дрожжами, и увеличилась среднесуточная общая выработка летучих жирных кислот на 14 % по сравнению с контролем и незначительно отличалась от обработанной аммиаком пшеничной соломы с дрожжами. Исследование может объяснить тот факт, что добавка дрожжей влияет на трудноперевариваемую клетчатку в рубце, способствуя развитию рубцовой фауны.

Добавление пробиотиков (дрожжей) уменьшает интервал между приёмами пищи у кормящих коров, что может помочь в стабилизации pH рубца, тем самым стимулируя потребление кормов и усвояемость питательных веществ и, следовательно, увеличивая скорость расщепления клетчатки в рубце [20]. Наблюдали значительное изменение пищевого поведения коров, чьи рационы были дополнены живыми дрожжами за счёт увеличения частоты приёма пищи (т. е. более короткий интервал между приёмами пищи). Кроме того, Bitencourt et al. [25] показали, что потребление сухого и органического вещества соответственно увеличилось на 3,2 % (то есть на 21,4 против 20,7 кг/день в контроле) и на 4 % (20,2 % против 19,4 % в контроле) у молочных коров, рацион которых был дополнен живыми дрожжами. Авторы также обнаружили, что усвояемость кислотно-детергентной клетчатки увеличилась на 10 %, в то время как усвояемость сухого вещества и органического вещества увеличилась на 2,7 % и 2,3 % соответственно, и пришли к выводу, что положительная реакция на продуктивность животных с добавками, скорее всего, была продиктована лучшей усвояемостью клетчатки. Используя коз в качестве экспериментальных животных, Azzaz et al. [26] наблюдали улучшенную общую усвояемость веществ, когда животные получали корм с добавками *A. Awamori* и *Lactobacillus acidophilus*.

Пробиотики, как сообщается, являются альтернативой антибиотикам [27] для улучшения прироста живой массы у жвачных животных за счёт повышения эффективности использования питательных веществ, улучшения удержания азота и уменьшения выведения необходимых питательных веществ. De Ondarza et al. [28] сообщили, что 14 различных исследований, посвящённых добавкам живых дрожжей, повысили эффективность кормления коров примерно на 3 %. Повышенная эффективность корма отражает лучшее использование доступных питательных веществ в данных рационах [29]. Это также согласуется с выводами [30], что пробиотики могут улучшать продуктивность у мелких жвачных животных. К тому же сообщается [31] об аналогичном улучшении показателей, включая конечную массу тела (+3,16 кг), среднесуточный прирост (+25,2 г), общий прирост (+2,11 кг) на рационах, скармливаемых ягнятам, с добавлением *Pediococcus acidilactici* и пробиотика *Pediococcus pentosaceus* во время фазы отлучения от матери по сравнению с контрольной группой. Также исследовали [32] влияние рационов телят с добавлением *Propionibacterium jensenii* 702 (PJ702). Пробиотик вводили в дозе $1{,}1\times10^8$ КОЕ/кг в день. Они обнаружили, что в период отъёма общий живой вес увеличился на 8,2 кг (т. е. на 24,4 против 16,2 кг в контроле) и на 16,4 кг (т. е. на 81,9 против 65,5 кг) соответственно. Lesmeister et al. [33] сообщили о положительном влиянии культуры дрожжей на рост телят голштинской породы за счёт увеличения среднесуточного прироста веса, веса перед отъёмом и отъёма на 13,5 % (т. е. 505 против 437 г у телят на контрольной диете), 11,03 % и 20,94 % соответственно. Дополняя диету растущих ягнят комбинацией дрожжей и пробиотических бактерий (т. е. *S. cerevisiae, Lactobacillus, Streptococcus, Aspergillus*) в рационе, Hillal et al. [34] обнаружили увеличение привеса на 7,2 % (т. е. 194 против 180 г в контроле). Сходным образом Mudgal и Baghel [35] обнаружили увеличение на 31,4 % в рационе кормления телят-буйволов, дополненных *L. acidophilus,* в первый месяц (т. е. 207 против 142 г в группе без добавок).

Дрожжи оптимизируют функцию рубца, что приводит к большей биодоступности питательных веществ, что в свою очередь улучшает показатели производства молока, обеспечивая при этом пищеварительный комфорт животного [36, 37]. Maamouri et al. [36] наблюдалось увеличение продуктивности молока коров тунисской голштинской фризской породы на 1,1 кг/день, что примерно на 8 % выше по сравнению с группой без добавок. Аналогично Ayad et al. [37] сообщили, что добавление дрожжевого пробиотика (S. *cerevisiae*) улучшило выработку молока на 23 % у коров, и пик лактации у коров был увеличен на 1 неделю дольше, чем у контрольных коров (4 против 3 недели соответственно).

Растительные экстракты в кормлении жвачных

Растительные экстракты в качестве кормовых добавок представляют собой ещё одну активную область исследований, поскольку предполагается, что эти соединения могут быть полезны в качестве заменителей обычных противомикробных препаратов в результате их противомикробной активности. Несколько растительных экстрактов и их влияние на микрофлору кишечника были тщательно изучены, в том числе бета-кислоты хмеля [38], ментол [39], эвгенол [40], циннамальдегид [41], лимонен [42] и другие. Из-за сходства в химической структуре эти соединения частично дублируют действие традиционных антибиотиков. Точно так же тяжёлые металлы, включая микроэлементы меди и цинка, использовались для антибиотикоподобных эффектов [43], особенно при использовании у свиней или домашней птицы, а также у крупного рогатого скота. Цинк является антимикробным минералом, который предпочитают в питании крупного рогатого скота из-за относительной токсичности меди, и его часто кормят в концентрациях, превышающих питательную ценность, для подавления бактерий, вызывающих гниль на ногах (инфекционный пододерматит), или для борьбы с респираторными заболеваниями. Многочисленные исследования показывают, что существует возможность совместного использования веществ, когда бактерии подвергаются воздействию растительных экстрактов [44] или высоких концентраций тяжёлых металлов [45, 46], даже без воздействия самих противомикробных препаратов.

Необходимость оценки использования фитохимических соединений для увеличения продуктивности жвачных животных также очевидна.

У жвачных животных микроорганизмы хозяина и рубца устанавливают симбиотические отношения, посредством которых животное обеспечивает себя питательными веществами и надлежащими условиями ферментации, а микробы разлагают клетчатку и синтезируют микробный белок как источник энергии и белка для хозяина. Поэтому повышение эффективности процессов пищеварения у жвачных всё ещё является наиболее эффективной стратегией улучшения продуктивности животных [47]. Ввиду того, что некоторые фитонутриенты обладают сильной антимикробной активностью [48], исследования альтернатив антибиотикам в качестве кормовых добавок для крупного рогатого скота должны быть сосредоточены на молекулах и дозах, которые способны вызывать тонкие изменения в микробном метаболизме и изменять скорость их роста [49]. В контексте непрерывного потока в рубце изменение скорости роста приводит к изменению доли популяций бактерий рубца, что приводит к изменению профиля ферментации. Так, различные фитонутриенты обладают различной способностью изменять структуру микробной популяции рубца [50], эти изменения значительны в маслах орегано (где тимол и карвакрол являются основными активными компонентами) и мяты перечной (ментол и ментон), но меньше и более адекватны в зародыше гвоздики (эвгенол) и чесночных маслах. Ferme et al. [51] также продемонстрировали, что снижение расщепления белка и продукции аммиака достигается за счёт изменения общего количества *Prevotella* ssp. в рубце – основной группы бактерий, участвующих в дезаминировании аминокислот. Эти результаты важны для установления чётких целей в поиске альтернатив, идентификации веществ, которые могут изменять пропорции летучих жирных кислот и распад белка в рубце, не влияя на деградацию питательных веществ и нормальную функцию рубца.

Большинство фитохимических веществ, представляющих интерес для кормления жвачных животных, подразделяются на три основные группы: сапонины, дубильные вещества и эфирные масла. Сапонины являются основными активными компонентами ряда фитохимических веществ, в том числе люцерны и пажитника, проявляют антибактериальную [52] и антипротозойную [52, 53]

активность, что приводит к снижению концентрации аммиачного азота. Танины – это фенольные соединения, встречающиеся почти в каждой части растения, и они подразделяются на две группы: гидролизуемые и конденсированные танины. Конденсированные танины обладают способностью связывать и осаждать белки и могут быть полезны для контроля утилизации белка у жвачных животных [54], но на высоких уровнях могут влиять на потребление сухого вещества и усвояемость питательных веществ [54], могут снизить частоту возникновения тимпании рубца [53]. Эфирные масла являются вторичными растительными метаболитами, присутствующими во многих растениях, и могут оказывать широкий спектр эффектов. Например, чесночное масло уменьшает пропорции ацетата и увеличивает пропорции пропионата и бутирата in vitro [55, 56], и профиль ферментации согласуется с изменениями, наблюдаемыми при подаче ингибиторов метана жвачным животным. Антиметаногенное действие чеснока и его активных компонентов является результатом прямого ингибирования микроорганизмов Archea в рубце за счёт ингибирования редуктазы гидроксиметилглутарил коэнзим А (HMG-CoA).

Циннамальдегид и эвгенол также уменьшают молярную долю ацетата и увеличивают молярную пропорцию пропионата и бутирата [56, 57], что согласуется с улучшенным удержанием энергии этими фитохимическими веществами и, возможно, вследствие ингибирования метаногенеза [58]. Циннамальдегид также уменьшает содержание аммиака в азоте и увеличивает количество свободных аминокислот, что позволяет предположить, что дезаминирование аминокислот ингибируется в рубце [56, 57]. Ferme et al. [51] сообщили, что циннамальдегид уменьшает *Prevotella* spp., бактерии, участвующие в дезаминировании, в системе имитации рубца in vitro. Однако эвгенол ингибирует расщепление крупных пептидов на аминокислоты и мелкие пептиды [56]. Комбинация эвгенола и циннамальдегида может работать синергетически, ингибируя пептидолиз и дезаминирование, а затем улучшая общее снабжение аминокислотами и небольшими пептидами микроорганизмы и хозяина. Следовательно, можно ожидать синергетического преимущества, комбинируя конкретные фитонутриенты, которые работают на разных уровнях в одном и том же метаболическом пути.

Имеются ограниченные данные о влиянии фитохимических веществ на продуктивность жвачных животных. Кормление циннамальдегидом отдельно или в сочетании с эвгенолом приводит к увеличению молочной продуктивности на 1,7-2,7 % [59]. Сообщается о ещё лучшем отклике с повышением выработки молока с коррекцией энергии на 5,2 % [60] и 3,2 % [61, 62], когда молочному скоту скармливают комбинацию циннамальдегида, эвгенола и стручкового перца

Многие фитонутриенты оказывают метаболические эффекты, не связанные с их активностью в рубце [63, 64]. Предварительные исследования ферментации рубца in vitro у молочного скота не выявили положительного влияния паприки, как потенциального модификатора функции рубца [57, 65]. Стручковый перец (Capsicum) увеличивает живую массу и потребление воды у мясного скота с 9,2 до 14 % [65-67], в то время как у молочного скота эти эффекты не наблюдаются [68, 69]. Преимущества могут быть более значительными, когда потребление корма снижается, например, когда крупный рогатый скот прибывает на кормовые площадки или во время теплового стресса. Увеличение показателей потребления сухого вещества, вероятно, также связано с более стабильным pH рубца [70].

Сообщалось, что стручковый перец модулирует иммунную функцию [40]. Ох и др. [71] писали об улучшении показателей иммунитета с увеличением нейтрофилов и уменьшением лимфоцитов при кормлении крупного рогатого скота защищённым от рубца перцем. Сообщается, что кормление защищённым от рубца перцем улучшает выработку молока. Stelwagen et al. [72] и Wall et al. [73-75] сообщили об увеличении производства молока на 6,6 и 9,1 % в пастбищных и интенсивных системах производства соответственно. Добавление защищённого от рубца перца привело к снижению концентрации инсулина после теста на толерантность к глюкозе. Предполагается, что стручковый перец изменяет метаболизм глюкозы, перенаправляя глюкозу из периферических тканей в направлении молочной железы, чтобы увеличить выработку молока. Фактически бычий соматотропин (bST) увеличивает выработку молока в среднем на 13 %, перенаправляя глюкозу в молочную железу, хотя механизм действия другой. Это новое применение фитонутриентов, которое даёт возможность улучшить производство не только за счёт сокращения использования антибио-

тиков, но и путём предоставления альтернативы использованию некоторых гормонов. Средний эффект модификаторов рубца, таких как монензин, дрожжи или некоторые фитонутриенты, обычно увеличивает выработку молока на 2-4 %.

Растения продуцируют вторичные метаболиты, которые биологически активны, обеспечивая защиту организма животных [76, 77]. Некоторые были исследованы для использования в качестве альтернативы антибиотикам и стимуляторов роста в питании жвачных.

Valenzuela-Grijalva et al. [78] описали биологическую активность этих фитохимических кормовых добавок как поддержку и улучшение процессов ферментации в рубце, модулирования микробиоты, улучшения переваривания и усвоения питательных веществ за счёт повышения активности пищеварительных ферментов, снижения окислительных процессов и роста патогенных бактерий и, наконец, улучшения использования энергии в животноводстве.

Было обнаружено, что эти соединения оказывают специфическое антимикробное действие против некоторых патогенных организмов. Itelima et al. [79] исследовали действие некоторых отдельных видов растений на *Escherichia coli* 0157:H7, и было обнаружено, что экстракт *Psidium guajava*, который обладает значительными количествами алкалоидов, флавоноидов, дубильных веществ, смол и следовых количеств из сапонинов, терпеновых стероидов и фенолов имел более высокий диаметр зоны ингибирования (29,9 мм), чем ампициллин (22,3 мм) в концентрации 500 мг/мл. Это исследование показало, что экстракты некоторых видов растений могут быть столь же эффективными, как современные медицинские препараты в борьбе с патогенными микроорганизмами. Кроме того, Yildiz et al. [80] сообщили, что некоторые метаболиты растений, особенно эфирные масла, обладают уникальным эффектом снижения расщепления углеводов и белков в рубце путём избирательного подавления функции некоторых микроорганизмов. Кроме того, многие исследователи сообщают о различных положительных влияниях вторичных метаболитов растений на снижение эмиссии метана, выделяемого жвачными животными [81-83]. Помимо того, Beauchemin et al. [84] заявил, что сокращение выбросов метана на 25 % может также увеличить прирост массы тела растущего крупного рогатого скота примерно на 75 г/сут или производство молока молочными коровами на 1 л/сут благодаря более эффективному метаболизму энергии и более низким потерям энергии в газах, образующихся во время брожения в рубце, которое может дать до 10 % всей энергии.

Кроме того, Brogna et al. [85] сообщили, что добавление танина, извлечённого из Квебрахо, в рацион ягнят из расчёта 80 г/кг корма не оказывало вредного влияния на качество мяса овец, а скорее увеличивало концентрации рибозы, фруктозы, глюкозы и сорбита в мясе.

Природное соединение сапонин также оказывает существенное влияние на микробную популяцию в рубце, избирательно усиливая или подавляя рост некоторых видов бактерий [86]. В исследовании Patra et al. [87] было отмечено, что добавление сапонина изменяло сообщество бактерий рубца путём избирательного и значительного увеличения популяций *Ruminococcus flavefaciens, Prevotella* и *F. succinogenes*, таким образом улучшая переваримость кормов.

Выводы.

Результаты комплексных исследований *in vivo* на жвачных животных по оценке эффективности различных растительных экстрактов и пробиотических средств показывают улучшение продуктивности без вредного воздействия на животных. В то же время ввиду немногочисленных данных необходимы исследования, которые позволят получить представление о потенциальных выгодах синергетической взаимосвязи между растительными экстрактами и пробиотиками для улучшения продуктивности и поддержания здоровья животных.

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

Литература

1. Federal Register. Veterinary feed directive: final rule. U.S. Department of Health and Human Services. 2015. Available in: 21 CFR Parts 514 and 558 [Docket No. FDA–2010–N–0155] RIN 0910-AG95.

2. James S. Drouillard. Current situation and future trends for beef production in the United States of America – A review // Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences. 2018. Jul. 31(7) P. 1007-1016. doi: 10.5713/ajas.18.0428.

3. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2015 New Mexico State and Texas Tech University survey / K.L. Samuelson, M.E. Hubbert, M.L. Galyean, C.A. Löest // Journal Of Animal Sciences. 2016. 94. P. 2648-2663.

4. Dietary supplementation with Lactobacillus-Propionibacterium-based direct-fed with microbials and prevalence of *Escherichia coli*O157 in beef feedlot cattle and on hides at harvest / S.M. Younts-Dahl, M.L. Galyean, G.H. Loneragan, N.A. Elam, M.M. Brashears // Journal of Food Protection. 2004. 67. P. 889-893.

5. *Megasphaera elsdenii* on the performance of steers adapting to a high-concentrate diet, using three or five transition diets / J.S. Drouillard, P.H. Henning, H.H. Meissner, K.J. Leeuw // South African Journal of Animal Science. 2012. 42. P. 195-199.

6. *Megasphaera elsdenii* dosed orally at processing to reduce BRD and improve gain in high-risk calves during the receiving period / K.A. Miller, C.L. Van Bibber-Krueger, L.C. Hollis, J.S. Drouillard // Bovine Practice. 2013. 47. P. 137-143.

7. Probiotics, fibre and herbal medicinal products for functional and inflammatory bowel disorders / D. Currò, G. Ianiro, S. Pecere, S. Bibbò, and G. Cammarota // British Journal of Pharmacology. 2017. Jun. 174(11). P. 1426-1449. doi: 10.1111/bph.13632.

8. Chiofalo V., Liotta L., Chiofalo B. Effects of the administration of Lactobacilli on body growth and on the metabolic profile in growing Maltese goat kids // Reproduction Nutrition Development. 2004. 44. P. 449-457. doi: 10.1051/rnd: 2004051.

9. East as a feed additive for training horses / A.S.C. de Rezende, P. Trigo, A.M.Q. Lana, J.M. Santiago, V.P. Silva, F.C. Montijano // Ciência e Agrotecnologia. 2012. 36. P. 354-362. doi: 10.1590/S1413-70542012000300012.

10. The potential benefits of probiotics in animal production and health / H.H. Musa, S.L. Wu, C.H. Zhu et al. // Journal of Animal and Veterinary Advances. 2009. 8(2). P. 313-321.

11. Yoon I.K., Stern M.D. Influence of direct-fed microbials on ruminant microbial fermentation and performance of ruminants: a review // Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences. 1995. 8. P. 533-555. doi: 10.5713/ajas.1995.553.

12. Effect of Bacillus licheniformis and Bacillus subtilis supplementation of Ewe's feed on sheep milk production and young lamb mortality / S.K. Kritas, A. Govaris, G. Christodoulopouls et al. // Journal of Veterinary Medical Series. 2006. 53. P. 170-173. doi: 10.1111/j.1439-0442.2006.00815.x.

13. Effect of steam-flaked or steam-rolled corn with or without Aspergillus oryzae in the diet on performance of dairy cows fed during hot weather / P. Yu, J.T. Huber, C.B. Theurer et al. // Journal of Dairy Science. 1997. 80(12). P. 3293-3297. doi: 10.3168/jds.S0022-0302 (97)76304-5.

14. Doreau M., Jouany J.P. Effect of a Saccharomyces cerevisiae culture on nutrient digestion in lactating dairy cows / Journal of Dairy Science. 1998. 81. P. 3214-3221. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75885-0.

15. The effect of probiotic LSP 122 on the control of post-weaning diarrhea syndrome of piglets / S.C. Kyriakis, V.K. Tsiloyiannis, J. Vlemmas et al. // Research in Veterinary Science. 1999. 67. P. 223-228. doi: 10.1053/rvsc.1999.0308.

16. Feeding of Lactobacillus sobrius reduces Escherichia coli F4 levels in the gut and promotes growth of infected piglets // S.R. Konstantinov, H. Smidt, A.D.L. Akkermans, L. Casini, P. Trevisi, M. Mazzoni, S. De Filippi, P. Bosi, W. de Vos // FEMS Microbiology Ecology. 2008. 66. P. 599-607. doi: 10.1111/j.1574-6941.2008.00517.x.

17. Improvement of the probiotic effect of microorganisms by their combination with maltodextrins, fructo-oligosaccharides and polyunsaturated fatty acids / A. Bomba, R. Nemcova, S. Gancarcikova, R. Herich, P. Guba, D. Mudronova // British Journal of Nutrition. 2002. 88(1). P. 95-99. doi: 10.1079/BJN2002634.

18. Fuller R. Probiotics for farm animals // Probiotics a Critical Review. UK: Horizon Scientific, Wymondham, 1999. P. 15-22.

19. Phytochemicals as antibiotic alternatives to promote growth and enhance host health / H. Lillehoj, Y. Liu, S. Calsamiglia, M.E. Fernandez-Miyakawa, F. Chi, R.L. Cravens, S. Oh and C.G. Gay // Veterinary Research. 2018. 49. 76. doi: 10.1186/s13567-018-0562-6.

20. Use of yeast probiotics in ruminants: effects and mechanisms of action on rumen pH, fibre degradation, and microbiota according to the diet / F. Chaucheyras-Durand, E. Chevaux, C. Martin, E. Forano // Probiotic in Animals / E.C. Rigobelo (Ed.). Croatia: Intech, Rijeka, 2012. P. 119-152.

21. Quantification by real-time PCR of cellulolytic bacteria in the rumen of sheep after supplementation of a forage diet with readily fermentable carbohydrates. Effect of a yeast additive / P. Mosoni, F. Chaucheyras-Durand, C. Bérat-Maillet, E. Forano // Journal of Applied Microbiology. 2007. 103. P. 2676-2685.

22. Effects of a Saccharomyces cerevisiae yeast on ruminal fermentation and fibre degradation of maize silages in cows / C.M. Guedes, D.A. Gonc, M.A.M. Rodrigues, A. Dias-da-Silva // Animal Feed Science and Technology. 2008. 145. P. 27-40.

23. Chaucheyras-Durand F., Fonty G. Establishment of cellulolytic bacteria and development of fermentative activities in the rumen of gnotobiotically-reared lambs receiving the microbial additive Saccharomyces cerevisiae CNCM I-1077 // Reproduction Nutrition Development. 2001. 41. P. 57-68.

24. Effects of Saccharomyces cerevisiae supplementation and anhydrous ammonia treatment of wheat straw on in situ degradability and, rumen fermentation and growth performance of yearling lambs / M. Cömert, Ş. Yılmaz, Ö. Hülya, G.B. Yeğenoğlu // Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences. 2015. 28(5). P. 639-646.

25. Diet digestibility and performance of dairy cows supplemented with live yeast // L.L. Bitencourt, J.R.M. Silva, B.M.L. De Oliveira, S.S. Júnior, O.F. De Zacaroni, M.N. Pereira // Scientia Agricola. 2011. 68. P. 301-307.

26. Impact of microbial feed supplements on the productive performance of lactating Nubian goats // H.H. Azzaz, H.A. Aziz, E.S.A. Farahat, H.A. Murad // Global Veterinaria. 2015. 14. P. 567-575.

27. Callaway T.R., Anderson R.C., Edrington T.S., Genovese K.J., Bischoff K.M. What are we doing about Escherichia coli O157: H7in cattle? // Journal of Animal Science. 2004. 82. P. 93-99.

28. CASE STUDY: multiple-study analysis of the effect of live yeast on milk yield, milk component content and yield, and feed efficiency // M.B. De Ondarza, C.J. Sniffen, L. Dussert, E. Chevaux, J. Sullivan, N. PAS Walker // The Professional Animal Scientist. 2010. 26. P. 661-666.

29. Probiotics and lamb performance: a review / M.F. Khalid, M.A. Shahzad, M. Sarwar, A.U. Rehman, M. Sharif, N. Mukhtar // African Journal of Agricultural Research. 2011. 6(23). P. 5198-5203.

30. Robinson P.H. Yeast products for growing and lactating dairy cattle: impacts on rumen fermentation and performance // Proceedings of the XII International meeting on milk and meat production in hot climates. Mexico: University of Baja California, 2002. P. 12.

31. Saleem A.M., Zanouny A.I., Singer A.M. Growth performance, nutrients digestibility, and blood metabolites of lambs fed diets supplemented with probiotics during pre- and post-weaning period // Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences. 2017. 30(4). P. 523-530.

32. Selection of a novel direct-fed microbial to enhance weight gain in intensively reared calves / M.C. Adams, J. Luo, D. Rayward, S. King, R. Gibson, G.H. Moghaddam // Animal Feed Science and Technology. 2008. 145. P. 41-52.

33. Lesmeister K.E., Heinrichs A.J., Gabler M.T. Effects of supplemental yeast (Saccharomyces cerevisiae) culture on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves // Journal of Dairy Science. 2004. 87. P. 1832-1839.

34. Hillal H., El-Sayaad G., Abdella M. Effect of growth promoters (probiotics) supplementation on performance, rumen activity and some blood constituents in growing lambs // Archiv für Tierzucht. 2011. 54(6). P. 607-617.

35. Mudgal V., Baghel R.P.S. Effect of probiotic supplementation on growth performance of pre-ruminant Buffalo (Bubalus bubalis) calves // Buffalo Bulletin. 2010. 29(3). P. 225-228.

36. Maamouri O., Selmi H., M'Hamd N. Effects of yeast (Saccharomyces cerevisiae) feed supplement on milk production and its composition in Tunisian Holstein Friesian cows // Scientia Agriculturae Bohemica. 2014. 45. P. 170-174.

37. Impact of feeding yeast culture on milk yield, milk components, and blood components in Algerian dairy herds / M.A. Ayad, B. Benallou, M.S. Saim, M.A. Samadi, T. Meziane // Journal of Veterinary Science and Technology. 2013. 4. P. 135-140.

38. Flythe M.D. The antimicrobial effects of hops (*Humulus lupulus* L.) on ruminal hyper ammonia-producing bacteria // Letters of Applied Microbiology. 2009. 48. P. 712-717.

39. Propolis and essential oils additives in the diets improved animal performance and feed efficiency of bulls finished in feedlot / M.V. Valero, R.M. do Prado, F. Zawadzki et al. // Acta Scientiarum Animal Sciences. 2014. 36. P. 419-426.

40. Dose response to eugenol supplementation in growing beef cattle: Ruminal fermentation and intestinal digestion / W.Z. Yang, C. Benchaar, B.N. Ametaj, K.A. Beauchemin // Animal Feed Science and Technology. 2010. 158. P. 57-64.

41. Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets: intake, growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites / W.Z. Yang, B.N. Ametaj, C. Benchaar, M.L. He, K.A. Beauchemin // Journal of Animal Science. 2010. 88. P. 1082-1092.

42. Effects of limonene on ruminal concentrations, fermentation, and lysine degradation in cattle / S.S. Samii, N. Wallace, T.G. Nagaraja et al. // Journal of Animal Science. 2016. 94. P. 3420-3430.

43. Aarestrup F.M., Hasman H. Susceptibility of different bacterial species isolated from food animals to copper sulphate, zinc chloride and antimicrobial substances used for disinfection // Veterinary Microbiology. 2004. 100. P. 83-89.

44. Effects of menthol supplementation in feedlot cattle diets on the fecal prevalence of antimicrobial-resistant *Escherichia coli* / C.C. Aperce, R. Amachawadi, C.L. Van Bibber-Krueger, et al. // PLoS ONE. 2016. 11(12). doi: 10.1371/journal.pone.0168983.

45. Effects of feeding elevated concentrations of copper and zinc on the antimicrobial susceptibilities of fecal bacteria in feedlot cattle / M.E. Jacob, J.T. Fox, T.G. Nagaraja et al. // Foodborne Pathog Dis. 2010. 7. P. 643-648.

46. Effects of in-feed copper and tylosin supplementations on copper and antimicrobial resistance in fecal enterococci of feedlot cattle / R.G. Amachawadi, H.M. Scott, C.C. Aperce et al. // Journal of Applied Microbiology. 2015. 118. P. 1287-1297.

47. Van der Aar P.J., Molist F., van der Klis J.D. The central role of intestinal health on the effect of feed additives on feed intake in swine and poultry // Animal Feed Science and Technology. 2016. 233. P. 64-75. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.07.019.

48. Effects of essential oils on digestion, ruminal fermentation, rumen microbial populations, milk production, and milk composition in dairy cows fed alfalfa silage or corn silage / C. Benchaar, H.V. Petit, R. Berthiaume, D.R. Ouellet, J. Chiquette, P.Y. Chouinard // Journal of Dairy Science. 2007. 90. P. 886-897. doi: 10.3168/jds.S0022-0302 (07)71572-2.

49. Cox S.D., Mann C.M., Markham J.L. Interactions between components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* // Journal of Applied Microbiology. 2001. 91. P. 492-497. doi: 10.1046/j.1365-2672.2001.01406.x.

50. Patra A.K., Yu Z. Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations // Appl Environ Microbiol. 2012. 78. P. 4271-4280. doi: 10.1128/AEM.00309-12.

51. The effects of plant extracts on microbial community structure in a rumen-simulating continuous-culture system as revealed by molecular profiling // D. Ferme, M. Banjac, S. Calsamiglia, M. Busquet, C. Kamel, G. Avguštin // Folia Microbiol (Praha) 2004. 49. P. 151-155. doi: 10.1007/BF02931391.

52. Wallace R.J., Arthaud L., Newbold C.J. Influence of Yucca shidigera extract on ruminal ammonia concentrations and ruminal microorganisms // Appl Environ Microbiol. 1994. 60. P. 1762-1767.

53. The effect of grazing forage containing condensed tannins on gastro-intestinal parasite infection and milk composition in Angora does / B.R. Min, S.P. Hart, D. Miller, G.M. Tomita, E. Loetz, T. Sahlu // Vet Parasitol. 2005. 130. P. 105-113. doi: 10.1016/j.vetpar.2005.03.011.

54. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review / B.R. Min, T.N. Barry, G.T. W.C. Attwood, McNabb // Animal Feed Science and Technology. 2003. 106. P. 3-19. doi: 10.1016/S0377-8401(03)00041-5.

55. Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation / M. Busquet, S. Calsamiglia, A. Ferret, C. Kamel // Journal of Dairy Science. 2006. 89. P. 761-771. doi: 10.3168/jds.S0022-0302 (06)72137-3.

56. Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture / M. Busquet, S. Calsamiglia, A. Ferret, P.W. Cardozo, C. Kamel // Journal of Dairy Science. 2005. 88. P. 2508-2516. doi: 10.3168/jds.S0022-0302 (05)72928-3.

57. Effects of natural plant extracts on ruminal protein degradation and fermentation profiles in continuous culture / P.W. Cardozo, S. Calsamiglia, A. Ferret, C. Kamel // Journal of Animal Science. 2004. 82. P. 3230-3236. doi: 10.2527/2004.82113230x.

58. The effects of a garlic oil chemical compound, propyl-propane thiosulfonate, on ruminal fermentation and fatty acid outflow in a dual-flow continuous culture system / A. Foskolos, A. Siurana, M. Rodriquez-Prado, A. Ferret, D. Bravo, S. Calsamiglia // Journal of Dairy Science. 2015. 98. P. 5482-5491. doi: 10.3168/jds.2014-8674.

59. Effect of essential oils on ruminal fermentation and lactation performance of dairy cows / J.A. Tekippe, R. Tacoma, A.N. Hristov, C. Lee, J. Oh, K.S. Heyler, T.W. Cassidy, G.A. Varga, D. Bravo // Journal of Dairy Science. 2013. 96. P. 7892-7903. doi: 10.3168/jds.2013-7128.

60. The effects of supplementation with a blend of cinnamaldehyde and eugenol on feed intake and milk production of dairy cows / E.H. Wall, P.H. Doane, S.S. Donkin, D. Bravo // Journal of Dairy Science. 2014. 97. P. 5709-5717. doi: 10.3168/jds.2014-7896.

61. Oguey C., Wall E.H. 1570 A blend of cinnamaldehyde, eugenol, and capsicum oleoresin improves milking performance in lactating dairy cows // Journal of Animal Science. 2016. 94. P. 763. doi: 10.2527/jam2016-1570.

62. Meta analysis of growing ruminants fed a mixture of eugenol, cinnamaldehyde and capsicum oleoresin / D. Bravo, N. Pyatt, P.H. Doane, M. Cecava // Journal of Dairy Science. 2009. 92. P. 374. doi: 10.3168/jds.2009-2237.

63. Reddy L., Odhav B., Bhoola K.D. Natural products for cancer prevention: a global perspective // Pharmacol Ther. 2003. 99. P. 1-13. doi: 10.1016/S0163-7258(03)00042-1.

64. Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative properties of sixteen water plant extracts used in the Limousin countryside as herbal teas / P. Trouillas, C.-A. Calliste, D.-P. Allais, A. Simon, A. Marfak, C. Delage, J.-L. Duroux // Food Chem. 2003. 80. P. 399-407. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00282-0.

65. Effects of alfalfa extract, anise, capsicum, and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high-concentrate diet / P.W. Cardozo, S. Calsamiglia, A. Ferret, C. Kamel // Journal of Animal Science. 2006. 84. P. 2801-2808. doi: 10.2527/jas.2005-593.

66. Anise and capsicum as alternatives to monensin to modify rumen fermentation in beef heifers fed a high concentrate diet / I. Fandiño, S. Calsamiglia, A. Ferret, M. Blanch // Animal Feed Science and Technology. 2008. 145. P. 409-417. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2007.04.018.

67. Effects of dietary addition of capsicum extract on intake, water consumption, and rumen fermentation of fattening heifers fed a high-concentrate diet / M. Rodríguez-Prado, A. Ferret, J. Zwieten, L. Gonzalez, D. Bravo, S. Calsamiglia // Journal of Animal Science. 2012. 90. P. 1879-1884. doi: 10.2527/jas.2010-3191.

68. Tager L.R., Krause K.M. Effects of essential oils on rumen fermentation, milk production, and feeding behavior in lactating dairy cows // Journal of Dairy Science. 2011. 94. P. 2455-2464. doi: 10.3168/jds.2010-3505.

69. Immune and production responses of dairy cows to postruminal supplementation with phytonutrients / J. Oh, A.N. Hristov, C. Lee, T. Cassidy, K. Heyler, G.A. Varga, J. Pate, S. Walusimbi, E. Brzezicka, K. Toyokawa, J. Werner, S.S. Donkin, R. Elias, S. Dowd, D. Bravo // Journal of Dairy Science. 2013. 96. P. 7830-7843. doi: 10.3168/jds.2013-7089.

70. French N., Kennelly J.J. Effects of feeding frequency on ruminal parameters, plasma insulin, milk yield, and milk composition in Holstein cows // Journal of Dairy Science. 1990. 73. P. 1857-1863. doi: 10.3168/jds.S0022-0302 (90)78866-2.

71. Effects of dietary Capsicum oleoresin on productivity and immune responses in lactating dairy cows / J. Oh, F. Giallongo, T. Frederick, J. Pate, S. Walusimbi, R.J. Elias, E.H. Wall, D. Bravo, A.N. Hristov // Journal of Dairy Science. 2015. 98. P. 6327-6339. doi: 10.3168/jds.2014-9294.

72. Stelwagen K., Wall E.H., Bravo D.M. 1395 Effect of rumen-protected capsicum on milk production in early lactating cows in a pasture-based system // Journal of Animal Science. 2016. 94. P. 675. doi: 10.2527/jam2016-1395.

73. Wall E.H., Bravo D.M. Supplementation with rumen-protected capsicum oleoresin increases milk production and component yield in lactating dairy cows // Journal of Animal Science. 2016. 94. P. 755. doi: 10.2527/jam2016-1554.

74. Effects of rumen-protected Capsicum oleoresin on immune responses in dairy cows intravenously challenged with lipopolysaccharide / J. Oh, M. Harper, F. Giallongo, D.M. Bravo, E.H. Wall, A.N. Hristov // Journal of Dairy Science. 2017. 100. P. 1902-1913. doi: 10.3168/jds.2016-11666.

75. Effects of rumen-protected Capsicum oleoresin on productivity and responses to a glucose tolerance test in lactating dairy cows / J. Oh, M. Harper, F. Giallongo, D.M. Bravo, E.H. Wall, A.N. Hristov // Journal of Dairy Science. 2017. 100. P. 1888-1901. doi: 10.3168/jds.2016-11665.

76. Iason G. The role of plant secondary metabolites in mammalian herbivory: ecological perspectives // Proc Nutr Soc. 2005. 64. P. 123-131.

77. Application of herbal feed additives in animal nutrition-a review // M. Kumar, V. Kumar, D. Roy, R. Kushwaha, S. Vaiswani // Int J Lives Res. 2014. 4. P. 1-8.

78. Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production // N.V. Valenzuela-Grijalva, A. Pinelli-Saavedra, A. Muhlia-Almazan, D. Domínguez-Díaz, H. González-Ríos // Journal of Animal Science and Technology. 2017. 59. P. 8. doi: 10.1186/s40781-017-0133-9.

79. Itelima J.U., Agina S.E., Pandukur S.G. Antimicrobial activity of selected plant species and anti-biotic drugs against Escherichia coli 0157: H7 // Afr J Microbiol Res. 2017. 11(20). P. 792-803.

80. Determination of the effects of some plant extracts on rumen fermentation and protozoal counts by «in vitro» gas production technique / G. Yildiz, A. Tekeli, W. Drochner, H. Steingass // Int J Anim Vet Adv. 2015. 7. P. 18-26.

81. Patra A.K., Stiverson J., Yu Z. Effects of quillaja and yucca saponins on communities and select populations of rumen bacteria and archaea, and fermentation in vitro // Journal of Applied Microbiology. 2012. 113(6). P. 1329-1340.

82. Oskoueian E., Abdullah N., Oskoueian A. Effects of flavonoids on rumen fermentation activity, methane production, and microbial population // BioMed Research International. 2013. P. 1-8.

83. Effects of coconut materials on in vitro ruminal methanogenesis and fermentation characteristics / E. Kim, C. Park, D. Lim, E. Kwon, K. Ki, S. Kim, Y. Moon // Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences. 2014. Vol. 27. № 12. 1721-1725.

84. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle / K.A. Beauchemin, S.M. McGinn, T.F. Martinez, T.A. McAllister // J Anim Sci Ruminant Nutrition. 2014. 85(8). P. 1990-1996.

85. The quality of meat from sheep treated with tannin- and saponin-based remedies as a natural strategy for parasite control / D.M.R. Brogna, R. Tansawat, D. Cornforth, R. Ward, M. Bella, G. Luciano // Meat Sci. 2013. 96. P. 744-749.

86. Wanapat M., Kang S., Polyorach S. Development of feeding systems and strategies of supplementation to enhance rumen fermentation and ruminant production in the tropics // Journal of Animal Science and Biotechnology. 2013. 4. 32. 11 p.

87. Patra A.K., Yu Z. Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations // Appl Environ Microbiol. 2012. 78. P. 4271-4280.

Дускаев Галимжан Калиханович, доктор биологических наук, заместитель директора по науке, заведующий отделом кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов имени С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агробиотехнологий Российской академии наук», тел.: 8(3532)43-46-41, e-mail: gduskaev@mail.ru

Левахин Георгий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)43-46-41

Королёв Владимир Леонтьевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)43-46-41

Сиразетдинов Фарит Хамитович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, старший научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)43-46-78

Поступила в редакцию 12 февраля 2019 года