









## Use of additives and secondary compounds in goat and sheep nutrition – literature review

### Uso de aditivos e compostos secundários na nutrição de caprinos e ovinos: revisão de literatura

**SIMÃO, Joaquin Fernando<sup>(1)</sup>; RODRIGUES, Marcelo Caique Félix<sup>(2)</sup>; PEREIRA, Ailton Batista<sup>(3)</sup>; DA SILVA, Elves Oliveira<sup>(4)</sup>; AURELIANO, Érika Karoline de Oliveira<sup>(5)</sup>; GOIS, Glyciane Costa<sup>(6)</sup>; CAMPOS, Fleming Sena<sup>(7)</sup>; ARAÚJO, Cleyton de Almeida<sup>(8)</sup>**

- <sup>(1)</sup>  Orcid 0009-0004-5663-4958; Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, Pernambuco (PE), Brasil. [joanigosimao@gmail.com](mailto:joanigosimao@gmail.com).
- <sup>(2)</sup>  Orcid 0000-0002-0465-2431; Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, Pernambuco (PE), Brasil. [zoot.marcelofelix@gmail.com](mailto:zoot.marcelofelix@gmail.com).
- <sup>(3)</sup>  Orcid: 0000-0001-6360-1389; Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, Pernambuco (PE), Brasil. [veter.ailton@gmail.com](mailto:veter.ailton@gmail.com).
- <sup>(4)</sup>  Orcid: 0000-0001-6173-8517; Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, Pernambuco (PE), Brasil. [elves.senar@gmail.com](mailto:elves.senar@gmail.com).
- <sup>(5)</sup>  Orcid: 0009-0003-3875-2494; Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, Pernambuco (PE), Brasil. [erikakaroline.ek@gmail.com](mailto:erikakaroline.ek@gmail.com).
- <sup>(6)</sup>  Orcid: 0000-0002-4624-1825; Universidade Federal do Maranhão. Chapadinha, Maranhão (MA), Brasil. [glyciane\\_gois@yahoo.com.br](mailto:glyciane_gois@yahoo.com.br).
- <sup>(7)</sup>  Orcid: 0000-0001-9027-3210; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga, Bahia (BA), Brasil. [fleming.campos@uesb.edu.br](mailto:fleming.campos@uesb.edu.br).
- <sup>(8)</sup>  Orcid: 0000-0003-3636-2890; Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, Pernambuco (PE), Brasil. [cleyton.araujo@univasf.edu.br](mailto:cleyton.araujo@univasf.edu.br).

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

#### ABSTRACT

With the prohibition of the use of antibiotics in animal production as growth promoters due to side effects and the presence of residues in products of animal origin, there is a need for the development and use of alternative substances to replace antibiotics. Feed additives and secondary compounds from plant extracts have been used in animal feed as substitutes for antibiotics, performing therapeutic and prophylactic functions. The objective of this review is to present a comprehensive summary of the use of additives and secondary compounds in the nutrition of small ruminants, highlighting their role as effective nutritional strategies for improving animal performance and health, in addition to the challenges in developing sustainable, safe and affordable alternatives. However, the effectiveness of additives in animal feed depends on multiple factors, such as the type of diet, physiological stage and animal category, in addition to management conditions. Therefore, the choice and appropriate use of additives should be based on scientific evidence and adjusted to the particularities of each system, always aiming for a balance between productivity, animal welfare and environmental responsibility.

#### RESUMO

Com o impedimento do uso dos antibióticos na produção animal como promotores de crescimento devido aos efeitos colaterais e à presença de resíduos em produtos de origem animal, existe uma necessidade para o desenvolvimento e utilização de substâncias alternativas para a substituição dos antibióticos. Os aditivos alimentares e compostos secundários provenientes de extratos de plantas têm sido utilizados na ração animal como substituintes dos antibióticos, exercendo funções terapêuticas e profiláticas. O objetivo desta revisão é apresentar um resumo abrangente sobre o uso de aditivos e compostos secundários na nutrição de pequenos ruminantes, destacando seu papel como estratégias nutricionais eficazes para a melhoria do desempenho e da saúde animal, além dos desafios no desenvolvimento de alternativas sustentáveis, seguras e acessíveis. Contudo, a eficácia dos aditivos na alimentação animal, depende de múltiplos fatores, como o tipo de dieta, o estágio fisiológico e a categoria animal, além das condições de manejo. Assim, a escolha e o uso adequado dos aditivos devem ser baseados em evidências científicas e ajustados às particularidades de cada sistema, visando sempre o equilíbrio entre produtividade, bem-estar animal e responsabilidade ambiental.

#### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

##### *Histórico do Artigo:*

Submetido: 21/09/2025

Aprovado: 02/03/2026

Publicação: 21/03/2026



##### **Keywords:**

Small ruminants,

Antibiotic substitutes

Rumen health

##### **Palavras-Chave:**

Pequenos ruminantes,

Substitutos de antibióticos

Saúde ruminal

## **Introdução**

A nutrição representa um dos fatores determinantes do desempenho produtivo de pequenos ruminantes, influenciando diretamente a qualidade dos produtos de origem animal. Nesse contexto, aditivos tradicionais, como ionóforos, antibióticos e promotores de crescimento, embora eficazes, vêm sendo questionados em virtude de restrições regulatórias e da preocupação dos consumidores com resíduos nos alimentos, o que pode levar à transferência de bactérias resistentes e seus fatores de resistência de animais para humanos (Cheng *et al.*, 2014; Ghimpeteanu *et al.*, 2022). Devido a estas preocupações, em 2006, os países membros da União Europeia (UE), através do Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho (CE) nº. 1831/2003 proibiram o uso de todos os antibióticos promotores de crescimento na produção animal (Ivanova *et al.*, 2024).

Diante disso, tem-se intensificado a busca por alternativas para a substituição de antibióticos promotores de crescimento, abrindo espaço para a investigação de alternativas naturais que aumentem eficiência alimentar, reduza perdas (nitrogênio, energia) e melhorem a saúde do rebanho (Pandey *et al.*, 2019; Vieira *et al.*, 2020; Ivanova *et al.*, 2024). destacando-se os compostos secundários de plantas. Muitos desses compostos exercem efeitos sobre a microbiota ruminal e, conseqüentemente, sobre digestibilidade, proteólise ruminal e fermentação de ácidos graxos de cadeia curta (Patra e Saxena, 2010). Em pequenos ruminantes, como caprinos e ovinos, a manutenção da saúde ruminal é fundamental para garantir elevados níveis de produção com menor impacto ambiental, tornando uma estratégia promissora para contribuir com a qualidade dos produtos finais e mitigar as emissões de gases de efeito estufa (Raheem *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2025).

O estudo sobre a utilização de aditivos e compostos secundários na nutrição de pequenos ruminantes se insere em um contexto de inovação, sustentabilidade e competitividade. Ensaios experimentais com o uso de aditivos provenientes de extratos de plantas na nutrição animal têm-se expandido globalmente, buscando obter informações sobre o potencial efeito tóxico de tal ingrediente e a resposta animal relacionada a aceitabilidade das dietas, desempenho e eficiência na utilização dos alimentos (Raheem *et al.*, 2024). Além disso, se busca o uso de alternativas naturais que sejam de fácil manipulação e baixo custo (Wang *et al.*, 2024; Rashwan *et al.*, 2025), podendo ser utilizados recursos alimentares obtidos a partir de matérias-primas regionais ou de resíduos agroindustriais, agregando valor a cadeias produtivas locais (Oliveira *et al.*, 2020; Danieli e Schogor, 2020).

Diante do exposto, objetivou-se realizar um levantamento sobre o uso de aditivos e compostos secundários na nutrição de pequenos ruminantes, destacando seu papel como estratégias nutricionais eficazes para a melhoria do desempenho, da saúde animal e da sustentabilidade na produção de caprinos e ovinos.

## **Aditivos zootécnicos usados na nutrição de ruminantes**

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2004), na instrução normativa IN 13/2004, aditivos zootécnicos são definidos como substância, micro-organismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizado normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios ou atenda às necessidades nutricionais.

Aditivos zootécnicos são classificados em três grupos: digestivos, equilibradores da microbiota e melhoradores de desempenho. Esses compostos atuam modulando o ambiente gastrointestinal, removendo microrganismos nocivos e alterando a população microbiana, promovendo um equilíbrio mais favorável entre microrganismos benéficos e nocivos (Kholif *et al.*, 2023). Danieli e Schogor (2020) reportam que os aditivos podem ser substâncias de origem natural ou sintética, que são adicionadas aos alimentos em quantidade estritamente necessária à obtenção do efeito desejado.

Em caprinos e ovinos, por exemplo, aditivos como óleos vegetais, extratos protetores (taninos) e probióticos demonstram potencial na estabilização da fermentação ruminal, promovendo melhor digestão de nutrientes e aproveitamento energético. Nessas espécies, o uso de aditivos zootécnicos ajuda a conter a produção excessiva de ácidos ruminais, reduzir perdas por metano e otimizar a produção de proteína microbiana, contribuindo para melhor desempenho produtivo e saúde animal (Assis, 2019).

### **Compostos secundários das plantas**

As plantas produzem quantidades significativas de metabólitos secundários que atuam como mecanismos de defesa contra herbívoros e como barreiras químicas na competição com outras plantas e microrganismos. Esses compostos podem ser classificados em três grupos principais: terpenos, compostos fenólicos e alcaloides, que variam conforme sua via de origem e estrutura química (Baungratz *et al.*, 2024). Entre esses compostos, os terpenos se apresentam em diversas formas, incluindo terpenóides, monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos e triterpenos. Os triterpenos (C<sub>30</sub>) são particularmente importantes, sendo amplamente distribuídos no reino vegetal e amplamente utilizados em farmacologia. Nesta categoria, destacam-se os esteroides, saponinas triterpênicas ou esteroidais e glicosídeos cardiotônicos como os compostos mais relevantes (Bodas *et al.*, 2012).

Estruturalmente, as saponinas são compostas por 27 átomos de carbono, apresentando três classes principais: esteroides, triterpenóides glicosilados e alcaloides esteroidais (Wina *et al.*, 2005). Esses compostos possuem a capacidade de interagir com os esteróis presentes nas membranas celulares, induzindo modificações estruturais que resultam no aumento da permeabilidade da membrana, facilitando a entrada de íons e moléculas de água no interior celular, levando eventualmente à ruptura (Karabailiev e Kochev, 2003). De Souza *et al.* (2016), reportam que as saponinas são particularmente eficazes na inibição de protozoários ciliados do rúmen. Contribuindo significativamente para a melhoria da síntese proteica, uma vez que reduz a predação bacteriana por protozoários, aumentando conseqüentemente o fluxo duodenal de proteínas.

A remoção seletiva de protozoários no rúmen demonstra potencial para elevar em até quatro vezes a população bacteriana ruminal, evidenciando a capacidade das saponinas em otimizar a síntese de proteína microbiana (Newbold e Hilman, 1990). Paralelamente, compostos vegetais contendo saponinas têm se mostrado eficazes na redução da emissão de metano entérico, particularmente através de sua ação moduladora sobre a população de protozoários (Wanapat *et al.*, 2013).

Kholif (2023) apresentam que saponinas apresentam efeito antiprotozoário, podendo inibir a metanogênese através da redução das atividades dos metanógenos ruminais. O autor reporta ainda que as saponinas afetam a adsorção de amônia e modulam a passagem ruminal da digesta, causando alterações no metabolismo ruminal e que o seu uso para superar problemas associados à retenção e utilização ineficientes de N em ruminantes pode ser recomendado.

Contudo, pesquisas apontam limitações importantes no uso desses compostos, visto que, a microbiota ruminal apresenta capacidade adaptativa às saponinas (Ivan *et al.*, 2004), além de alterar seu perfil fermentativo em resposta a diferentes níveis dietéticos desses compostos (Wina *et al.*, 2005). Um dos fatores que influenciam os benefícios da administração de saponinas é a identificação das principais saponinas bioativas que podem inibir especificamente protozoários e metanogênicos. A adaptabilidade dos microrganismos ruminais às saponinas após o uso a longo prazo é uma questão que precisa de mais avaliação (Kholif, 2023).

O efeito dose-dependente das saponinas representa particular desafio, pois concentrações elevadas podem comprometer o desempenho animal (Li e Powers, 2012), destacando a necessidade de dosagens precisas em formulações dietéticas. Wang *et al.* (2009) ao ofertar 170 mg/dia para ovinos, observaram que a saponina apresentou potencial de reduzir a produção ruminal de metano, que foi associada a menor N-NH<sub>3</sub> e maior concentração de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen dos ovinos. Já Hess *et al.* (2004) ao ofertar a ovinos dieta contendo saponinas brutas na dose de 0,6 g/kg de peso metabólico (PM<sup>0,75</sup>), observaram que as saponinas não diminuíram a concentração de amônia no fluido ruminal, mas a concentração de N ureico no sangue e a excreção urinária de N diminuíram, sugerindo que menos amônia foi absorvida do rúmen. Os autores reportam que o declínio acentuado na proporção de N urinário em relação ao N excretor total é de relevância ambiental, visto que o N urinário é propenso à emissão de amônia.

Taninos são compostos fenólicos solúveis em água que ocorrem na forma de ésteres ou heterosídeos na natureza (Fotso *et al.*, 2025) e representam o quarto grupo mais abundante de compostos secundários no tecido vascular vegetal (Adamczyk *et al.*, 2017), atuando na proteção contra fungos, bactérias, vírus e herbívoros devido aos potenciais efeitos tóxicos (Gelgelo *et al.*, 2024). Apresentam peso molecular entre 500 e 3000 Dalton, possuindo a habilidade de formar complexos insolúveis em água com proteínas, gelatinas e alcaloides (Jung *et al.*, 2021), sendo a capacidade de formar complexos com proteínas uma característica única dos taninos (Adamczyk *et al.*, 2017).

São divididos em dois grupos principais: taninos hidrolisáveis (TH) e taninos condensados (TC). A distinção entre os dois grupos é baseada em aspectos químicos, como a resistência à hidrólise e a estabilidade química. Os taninos hidrolisáveis são hidrolisados por ácidos, bases ou enzimas em glicose e ácido elágico ou em glicose e ácido gálico (Soldado *et al.*, 2021; Marrone *et al.*, 2024). Os taninos condensados (procianidinas e prodelfinidinas) são oligômeros ou polímeros formados por unidades de flavan-3-ol, como catequina, epicatequina, galocatequina e epigalocatequina. Sua despolimerização ocorre apenas em condições de hidrólise oxidativa ou sob ação de ácidos fortes, sendo resistentes à degradação enzimática em ambientes anaeróbicos (Weng *et al.*, 2021).

Terra-Braga *et al.* (2024), investigando os efeitos da ingestão de um blend de taninos condensado e hidrolisável (uma mistura composta por 1/3 de extrato de tanino de castanha e 2/3 de extrato de tanino de quebracho, totalizando 4% com base na matéria seca) em cordeiros em crescimento, observaram que os cordeiros ajustaram o consumo de TC conforme o extrato de tanino foi adicionado, apresentando níveis crescentes de ingestão de matéria seca à medida que a concentração de taninos aumentava. Os autores, concluíram que o blend de taninos não limitou o ganho médio diário, mas proporcionaram alteração na excreção de nitrogênio, contribuindo para a redução de poluentes ambientais como amônia, óxido nitroso e nitratos.

Ainda se observam generalizações sobre os efeitos antinutricionais do TC nos animais, como a redução da palatabilidade da dieta, com consequente redução na ingestão de matéria seca e digestibilidade dos nutrientes (Naumann *et al.*, 2017). Além disso, os taninos possuem um sabor adstringente devido ao complexo tanino-proteína formados a partir de proteínas da saliva; assim, quanto maior a proteína ligada pelo TC, maior a adstringência e menor a palatabilidade, conforme reportado por Naumann *et al.* (2017), o que pode limitar o consumo.

Porém Silva *et al.* (2021) ao ofertarem dietas com (5% com base na matéria seca) e sem taninos condensados para cabras em lactação observaram que o consumo de matéria seca foi similar entre as dietas testadas. Os autores esperavam que ocorressem alterações no balanço de nitrogênio e energia devido à inclusão de tanino na dieta, o que não ocorreu devido aos mecanismos de adaptação ao tanino da dieta desenvolvidos pelas cabras, uma vez que os animais tiveram 25 dias de adaptação às dietas. Tal fato foi justificado por Schmitt *et al.* (2020) que enfatizam que durante a alimentação caprinos secretam maior quantidade de saliva contendo proteínas salivares ricas em prolina (PRP). A PRP se liga ao tanino evitando sua complexação com a proteína da dieta, e este processo aumenta a degradabilidade ruminal da proteína da ração, aumenta a síntese de proteína microbiana e o suprimento de nitrogênio para o intestino delgado, com consequente aumento na absorção de aminoácidos para a produção.

As propriedades antioxidantes são consideradas um dos principais benefícios da inclusão de taninos na alimentação animal, melhorando o bem-estar e o desempenho. Soldado *et al.* (2021) relataram que inclusão de TC e extratos vegetais em dietas de ruminantes pode melhorar o status antioxidante dos animais e consequentemente melhorar a estabilidade oxidativa dos produtos de origem animal. Avaliando a suplementação com diferentes níveis de taninos (0, 0,3%, e 0,6%) de castanha sobre a qualidade da carne e a capacidade antioxidante de cordeiros Hu, Wang *et al.* (2023) verificaram que o uso de 0,3% de taninos de castanha reduziu o teor de malonaldeído da carne de cordeiro, o que elevou a vida de prateleira da carne em 8,7 horas. Os autores enfatizam que, com base nos resultados transcriptômicos, a suplementação com 0,3% de taninos de castanha pode melhorar a qualidade da carne e a capacidade antioxidante de cordeiros Hu, aumentando a expressão do gene da enzima antioxidante.

Guerreiro *et al.* (2020) investigando a inclusão da parte aérea e do extrato de tanino condensado (0, 1,25 e 2,5%) de *Cistus ladanifer* L. em dietas para cordeiros sobre o desempenho de crescimento, qualidade da carcaça e da carne e composição de ácidos graxos da gordura intramuscular e subcutânea concluíram que a inclusão 1,25% de extrato de TC de *C. ladanifer* na dieta aumentou a deposição de t11–18:1 na gordura intramuscular e subcutânea, mas não afetou o desempenho e a qualidade da carne. Os autores concluem que o extrato de TC de *C. ladanifer* pode ser usado como aditivo natural na dieta de ruminantes como uma ferramenta para induzir mudanças benéficas no padrão de biohidrogenação ruminal e, consequentemente, no perfil de ácidos graxos da gordura.

Os efeitos variam de acordo com a estrutura química, e concentração de TC nas dietas, composição da dieta basal, presença de compostos pró e antioxidantes ou outros fatores não controlados que podem criar um equilíbrio diferente entre agentes antioxidantes e pró-oxidantes. Em diferentes pesquisas (Tabela 1) são relatados os efeitos dos taninos condensados ou dos seus extratos na produção de CH<sub>4</sub> no rúmen e nos parâmetros de fermentação. Além disso, altas concentrações de TC diminuem as concentrações de ácidos graxos voláteis no rúmen, pois o tamanho do pool ruminal tende a aumentar devido à taxa mais lenta de digestão. Essa redução na taxa de digestão, pode desacelerar a eliminação dos resíduos alimentares

do rúmen, aumentar a necessidade de ruminação e reduzindo assim, o consumo voluntário de alimentos (Min *et al.*, 2005, Waghorn, 2008, Huang *et al.*, 2023, Fonseca *et al.*, 2024).

**Tabela 1.**

Efeito dos taninos ou dos seus extratos na produção de CH<sub>4</sub> no rúmen e nos parâmetros de fermentação.

Fonte de tanino	Espécie	Nível de inclusão	Tipo de Alimento	Redução de CH <sub>4</sub> (%)	Efeito dos parâmetros de fermentação ruminal
<sup>a</sup> <i>Acácia mearnsii</i>	Ovinos	41g/kg de dieta (extrato)	Mistura de azevém e luzerna (1:1)	9.90%	Digestibilidade, ácidos graxos de cadeia curta e número total de protozoários não foram afetados, reduziu a relação Ca:P.
<sup>b</sup> <i>Lespedeza striata</i>	Cabras	33-100%	Sorgo sudão	32.9- 58.4%	Redução de digestibilidade e número de protozoários; AGCC e Cálcio:fósforo não foram afetados
<sup>c</sup> <i>Lespedeza cuneata</i>	Cabras	Dieta exclusiva	<i>L. cuneata</i>	51,4	Redução da digestibilidade e do número de protozoários; AGCC e relação Ca:P não foram afetados
<sup>d</sup> <i>Lespedeza cuneata</i>	Ovinos	100% da forragem	Feno de lespedeza	Não significativo	Redução de M.O, N e FDN
<sup>d</sup> <i>Lespedeza cuneata</i>	Cabras	100% da forragem	Feno de lespedeza	Não significativo	Redução de FDN, M.O e N.
<sup>e</sup> Extratos vegetais (casca, raiz e sementes)	Cabras	0-40 g kg <sup>-1</sup> de dieta	Dieta basal + extratos vegetais	Redução linear	Aumento de AGCC total e propionato; Redução de NH <sub>3</sub> -N e acetato:propionato
<sup>f</sup> Fonte comercial	Ovinos	30-50 g/kg MS	Feno de capim + dieta à base de pellets	51-60	Redução de NH <sub>3</sub> -N; não alterou a digestibilidade e aumentou o propionato.
<sup>g</sup> <i>Sericea lespedeza</i>	Ovinos e cabras	Dieta exclusiva	Feno de <i>S. lespedeza</i>	Não avaliado	Modulação de bactérias fibrolíticas e propionato; redução de protozoários e microrganismos metanogênicos;
<sup>h</sup> <i>Sericea lespedeza</i>	Ovinos	90, 180, 270 g/kg de dieta	Silagem de alfafa + silagem de <i>S. lespedeza</i>	Não avaliado	Redução Digestibilidade de MS, OM, fibra eNH <sub>3</sub> -N; modulação da fermentação; alterações no balanço de nitrogênio
<sup>i</sup> <i>Lespedeza striata</i>	Cabras	33-100% da dieta	Sorgo-sudão	32,9-58,4	Redução da digestibilidade e do número de protozoários; AGCC e relação Ca:P não foram afetados

**Fonte:** Elaborado pelos autores, com base em <sup>a</sup>Carulla *et al.* (2005), <sup>b</sup>Min *et al.* (2005), <sup>c</sup>Animut *et al.* (2008), <sup>d</sup>Min *et al.* (2005), <sup>e</sup>Shilwant *et al.* (2023), <sup>f</sup>Ng'ambi *et al.* (2022), <sup>g</sup>Min *et al.* (2024), <sup>h</sup>Niyigena *et al.* (2024), <sup>i</sup>Wang *et al.* (2022).

### **Probióticos e leveduras**

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO/WHO, 2002) os probióticos são definidos como “microrganismos vivos que quando administrados em quantidades adequadas, conferem um benefício à saúde do hospedeiro”. São principalmente organismos viáveis e não patogênicos e a sua suplementação beneficia a saúde do hospedeiro ao competir com outros micróbios patogênicos (Uyeno *et al.*, 2015).

O equilíbrio adequado dos micróbios ruminais é essencial para a manutenção da saúde animal e a digestão eficaz dos alimentos (Adjei-Fremah *et al.*, 2018). Bąkowski e Kiczorowska (2021) inferem que os probióticos podem manipular o ecossistema microbiano do rúmen, a digestibilidade e a degradabilidade dos alimentos quando administrados em quantidades adequadas, estando entre 1 g/d até 10 g/d para caprinos e ovinos. Além disso, o uso de probióticos podem elevar a biodisponibilidade dos microrganismos e a capacidade digestiva, reduzir o pH ruminal e os níveis de lactato. Além disso, desempenham um papel crítico na melhoria da imunidade da mucosa, ativando e estimulando as células imunes, evitando que patógenos entéricos colonizem o intestino e melhorando a utilização e absorção de nutrientes (Hutkins *et al.*, 2016).

Os principais microrganismos utilizados como probióticos em rações para ruminantes são: *Streptococcus*, *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Propionibacterium*, *Bifidobacterium* e *Prevotella bryantii* e espécies fúngicas como: *Saccharomyces* e *Aspergillus* (Kulkarni *et al.*, 2022). A atuação desses microrganismos como probióticos são baseadas na modulação do sistema imunológico, atenuando marcadores de virulência de certos patógenos, prevenção de doenças infecciosas e inflamatórias além de servir como um agente de controle biológico na prevenção de deterioração, podendo ser classificado como bactérias utilizadoras de ácido láctico ou bactérias produtoras de ácido láctico (Kulkarni *et al.*, 2022).

Dentre os probióticos listados, os mais proeminentes usados para os ruminantes e monogástricos são leveduras do gênero *Saccharomyces cerevisiae* e cepas fúngicas (*Aspergillus oryzae*) (Varada *et al.*, 2024). As leveduras são compostas por uma mistura de biomassa de levedura e metabólitos de fermentação (álcoois, ésteres, ácidos orgânicos entre outros) (Shurson, 2018; Mahesh *et al.*, 2021). Mahesh *et al.* (2021) reportam que levedura seca de cerveja, torula (*Candida utilis*) e levedura de soro de leite também são usadas na alimentação animal (Mahesh *et al.*, 2021).

Devido aos efeitos de adesão sinérgicos, combinações de várias cepas probióticas podem aumentar os efeitos favoráveis à saúde em comparação com cepas individuais (Elghandour *et al.*, 2015). Em ovelhas Sanjabi suplementadas com mistura probiótica multicepa comercial (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium thermophilum* e *Enterococcus faecium*) durante o último terço do período de lactação, mostraram um aumento na produção de leite e seus componentes (Kafilzadeh *et al.*, 2019). Solimam *et al.* (2016) ao alimentar cordeiros em crescimento com rações suplementadas com probióticos (*Propionibacterium freudenreichii*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus lactis*, *Pediococcus cerevisiae*, *Megasphaera elsdenii*, *Bacillus licheniformis* e *Aspergillusoryzae*) na dose de 10 g/h/dia observou efeitos benéficos no desempenho produtivo, nos coeficientes de digestibilidade, nos parâmetros ruminais e na eficiência econômica.

Embora algumas espécies, como *Bacillus cereus*, possam causar problemas devido às endotoxinas e toxinas eméticas que produzem (Anadón *et al.*, 2006), bactérias do gênero *Bacillus* são usadas como probióticos têm potencial real e podem ser usadas na produção segura e como alternativa aos antibióticos. Mousa *et al.* (2019) investigando os potenciais efeitos da suplementação com *Bacillus subtilis* em cordeiros Barki sobre o sistema imunológico e das propriedades antioxidantes sobre o estresse, verificaram que os animais que receberam a suplementação apresentaram aumento no número total de leucócitos e linfócitos, atividade da lisozima, redução da glutatona e capacidade antioxidante total, com menores valores de malondialdeído após 4 semanas de suplementação e maiores níveis de catalase sérica e óxido nítrico após 2 semanas de suplementação. Os autores reforçam que *B. subtilis* pode ser um complemento nutricional

útil para o sistema imunológico, promovendo capacidade antioxidante com máxima estimulação do sistema imunológico dos cordeiros.

*Lactobacillus* são bactéria Gram-positiva que pertencem ao grupo de bactérias produtoras de ácido láctico. Este grupo é muito amplo e heterogêneo e inclui mais de 100 espécies diferentes (Nabgan *et al.*, 2025). A maioria das espécies encontradas neste grupo fazem parte da microbiota normal dos mamíferos (Rachwał e Gustaw, 2024). Além disso, algumas espécies são utilizadas como aditivos alimentares, em virtude das cepas de *Lactobacillus* produzirem enzimas dietéticas ativas, incluindo protease amilase, lipase, fitase e protease, que atuam na digestão e absorção de nutrientes (Kim *et al.*, 2007).

Os probióticos do gênero *bifidobactérias* são encontrados em grande número no rúmen. A sua presença no intestino geralmente indica a boa saúde do hospedeiro (Gaggia *et al.*, 2010). Saleem *et al.* (2024) reportam que as bifidobactérias produzem compostos ativos essenciais, como vitaminas e aminoácidos e auxiliam no desenvolvimento do tecido linfóide. Em sua discussão, os autores enfatizam que a suplementação de cordeiros com *L. acidophilus* e uma combinação de *Bifidobacterium animalis* e *B. longum* melhorou as funções imunorreguladoras e as respostas humorais e demonstraram modular o metabolismo lipídico e aumentar a resposta imune no hospedeiro.

### **Prebióticos**

Os prebióticos são substratos que são usados seletivamente por microrganismos do trato gastrointestinal e que conferem benefícios à saúde do hospedeiro (FAO/WHO, 2002; Markowiak e Ślizewska, 2017). São principalmente carboidratos, peptídeos, proteínas e lipídios indigeríveis que induzem as atividades da microbiota saudável (a exemplo dos *Lactobacilos* e *Bifidobactérias*) do trato gastrointestinal e podem ser usados na defesa contra patógenos e modulação do sistema imunológico (Zhang *et al.*, 2021). Nos ruminantes, os prebióticos têm mostrado efeitos positivos no crescimento, eficiência alimentar e saúde dos hospedeiros. Entretanto, os efeitos dos prebióticos em ruminantes ainda são pouco explorados (Cangiano *et al.*, 2020).

O mananoligossacarídeo (MOS) é o prebiótico que apresenta o maior número de pesquisas. Este é um dos prebióticos extraídos da parede celular de fermentos que têm por finalidade ajudar na manutenção da eficiência digestiva, integridade do epitélio intestinal, aumentando assim a absorção de nutrientes, estimulando também o sistema imunológico (Cangiano *et al.*, 2020). Zhang *et al.* (2023) pesquisando a adição de MOS em ovelhas verificaram que a dieta aumentou significativamente os níveis de proteína total, glicose sérica, imunoglobulina G sérica, capacidade antioxidante total sérica e a atividade da superóxido dismutase. Yang *et al.* (2022) em estudo com caprinos neonatais suplementadas com MOS (0,06% do peso corporal ao nascer) no colostro e sucedâneo de leite verificaram que a suplementação com MOS durante o período neonatal aumenta a capacidade antioxidante e reduz a resposta inflamatória, além de promover a secreção de imunoglobulina A e a colonização por *Firmicutes* e *Lactobacillus* no íleo. Assim, os efeitos positivos induzidos por MOS são mais pronunciados em caprinos neonatais, o que pode ser uma abordagem eficaz para manter a saúde intestinal e melhorar a taxa de sobrevivência de ruminantes neonatais.

Os frutooligossacarídeos (FOS) apresentam benefícios são semelhantes a outros prebióticos. A ação imunoestimulante é atribuída ao favorecimento de bactérias ácido-lácticas, sendo elas: *Lactobacillus*

*acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* e *Bifidobacterium longum* (Angelakis, 2017). Essas espécies de microrganismos têm a capacidade de manter o pH gastrointestinal equilibrado, impedindo acidificação excessiva, e de bloquear o crescimento de bactérias patogênicas, principalmente por meio do mecanismo de exclusão competitiva (Sanders *et al.*, 2019). Como é o caso da bactéria do gênero *Bifidobacterium* que protege o hospedeiro contra enteropatógenos pela competição por nutrientes e produzindo acetato (Hsieh *et al.*, 2015).

Os galactooligosacarídeos (GOS) são polímeros de galactose com um monômero de glicose terminal. Este grupo de prebiótico são denominados  $\beta$ -GOS e têm glicose  $\beta$ -ligada terminal (Charalampopoulos & Rastall, 2009). São produzidos pela transgalactosilação da lactose pela enzima  $\beta$ -galactosidase a partir de produtos ricos em lactose. Estes estimulam o crescimento e o desenvolvimento da microflora intestinal (Cais-Sokolinska *et al.*, 2022).

Cangiano *et al.* (2020) na revisão “*Uso estratégico de probióticos e prebióticos de base microbiana na criação de bezerros leiteiros*” relata que não há evidências robustas que comprovem efeitos significativos no crescimento, saúde ou no estado imunológico dos ruminantes. Apesar da carência de estudos, nos últimos anos a metataxonômica tem sido uma estratégia promissora que permite avaliar o efeito simbiótico dos prebióticos (Torres-Maravilla *et al.*, 2022). Portanto, são necessários estudos mais aprofundados para investigar os mecanismos de ação dos prebióticos e seus impactos na diversidade e abundância de microrganismos do rúmen.

### **Bacteriocinas**

As bacteriocinas constituem um grupo heterogêneo de peptídeos antimicrobianos sintetizados por bactérias (Cotter, 2013). Este grupo de prebióticos se destaca pela eficácia, baixa citotoxicidade e por não favorecer a transferência de genes de resistência (Hoang *et al.*, 2011; Vieco-Saiz *et al.*, 2019). Em cabritos, a suplementação com peptídeos antimicrobianos comerciais alterou positivamente a microbiota ruminal, elevando a abundância relativa de *Fibrobacter*, *Anaerovibrio* e *Ophryoscolex* (Ren *et al.*, 2019).

O espectro de ação das Bacteriocinas é variável, podendo abranger grupos microbianos específicos ou filogeneticamente distintos (Negash e Tsehai, 2020). A inibição do patógeno-alvo ocorre por interação com fosfolipídeos ou receptores da membrana citoplasmática (Meade *et al.*, 2020). Além da ação antimicrobiana, estudos *in vitro* apontam propriedades antitumorais (Chumchalová e Šmarda, 2003), sinergismo com probióticos, atuando como peptídeos colonizadores e potenciando sua fixação no trato gastrointestinal (Yang *et al.*, 2014) e participação como moléculas sinalizadoras na modulação imunológica (Van Hemert *et al.*, 2010).

Entre os lantibióticos, a nisina (pequeno peptídeo formado por 34 aminoácidos), produzida por *Lactococcus lactis*, é amplamente empregada na indústria de alimentos para controlar microrganismos causadores de intoxicação e prolongar a vida de prateleira dos produtos (Deegan *et al.*, 2006). Possui um modo de ação semelhante aos ionóforos, apresentando atividade antibacteriana principalmente contra bactérias lácticas e outras bactérias Gram-positivas (Santoso *et al.*, 2004). Outras bacteriocinas com potencial tecnológico incluem a macedocina, sintetizada por *Streptococcus macedonicus*, eficaz como cultura starter em alimentos fermentados (Georgalaki *et al.*, 2002); a warnericina RB4, de *Staphylococcus warneri* RB4, capaz de suprimir microrganismos deteriorantes em bebidas à base de suco (Minamikawa *et al.*, 2005); e a bovicina HC5, isolada do rúmen bovino, indicada para conservar sucos de fruta (De Carvalho *et al.*, 2008).

Como aditivo em dietas de ruminantes, tem se mostrado alternativa promissora aos antibióticos convencionais, ao modular o perfil de ácidos graxos voláteis e reduzir a metanogênese, conforme observado por Sar *et al.* (2005) em seu estudo *in vitro*, onde, à medida que a concentração de nisina aumentou de 5 para 30  $\mu\text{mol/L}$ , a produção de metano diminuiu de 14 a 40%, ocorreu diminuição na relação acetato/propionato e um aumento no total de ácidos graxos voláteis, porém não reduziu a toxicidade do nitrato quando este foi utilizado para inibir a produção de metano.

A nisina que atua diretamente sobre metanógenos pode ser mais eficaz do que outros aditivos na redução da produção de metano, conforme reportado por Santoso *et al.* (2004) ao investigarem o efeito da suplementação de nisina na metanogênese ruminal, nitrogênio e metabolismo energético em ovinos. Nesse estudo foi possível observar que produtos naturais como a nisina têm potencial para sere usada como manipulador da fermentação ruminal, haja vista que sua ação resultou em menor perda de energia na forma de metano

### **Quitosana**

A quitosana é um polissacarídeo obtido pela desacetilação da quitina de crustáceos e fungos, cuja estrutura, próxima à da celulose, lhe confere biocompatibilidade, baixa toxicidade e atividade antimicrobiana. Essas propriedades sustentam o interesse no seu uso como aditivo alternativo na nutrição de ruminantes, particularmente para modular a fermentação ruminal (Şenel *et al.*, 2004), reduzindo a emissão de metano e contribuindo para menor perda de energia e menor impacto ambiental (Belanche *et al.*, 2016), indicando melhor aproveitamento energético (Goiri *et al.*, 2009).

Em ovinos, ao ser avaliado o uso de quitosanas para modular a fermentação ruminal de uma dieta 50:50 de forragem e concentrado Goiri *et al.* (2013) observaram que a adição da quitosana diminuiu a digestibilidade da fibra em detergente neutro e a produção de metano e aumentou as proporções de propionato. Os autores concluíram que a quitosana direcionou a fermentação para rotas energeticamente mais eficientes e a quitosana modifica o ecossistema microbiano, afetando negativamente as bactérias celulolíticas e, dessa forma, modula a atividade fermentativa ruminal e cecal. Em cabras, El-Zaiat *et al.* (2025) verificaram que a suplementação com doses crescentes de quitosana (0, 0,300 e 0,600 g/dia) diminuiu o pH ruminal, a produção estimada de metano, as concentrações de nitrogênio amoniacal e a abundância de protozoários. Entretanto, à medida em que se elevaram as doses de quitosana na dieta, ocorreu aumento no propionato ruminal e melhorou a digestão de fibras e proteínas, sem influência na ingestão de ração, produção ou composição do leite.

Esses resultados, ainda que sejam dependentes da dose, do grau de desacetilação e da composição da dieta, indicam que a quitosana se apresenta como alternativa promissora aos aditivos antimicrobianos convencionais, aliando ganhos produtivos à mitigação de impactos ambientais.

### **Aditivos enzimáticos**

A suplementação com enzimas exógenas na alimentação de ruminantes tem como finalidade otimizar a digestibilidade dos ingredientes da dieta e melhorar o aproveitamento dos nutrientes (Zilio *et al.*, 2019). Em sistemas produtivos nos quais as forragens constituem a base alimentar, o uso de enzimas fibrolíticas, como xilanases e celulases, mostra-se eficaz na intensificação da degradação da fração fibrosa, promovendo maior eficiência na utilização da dieta (Chung *et al.*, 2012; Zilio *et al.*, 2019).

A resposta à suplementação enzimática está condicionada a variáveis como a composição da dieta, o tipo e a atividade específica das enzimas, a forma e o momento de fornecimento, a estabilidade dos compostos no ambiente ruminal e a dosagem utilizada (Arriola *et al.*, 2017; Zilio *et al.*, 2019). Freitas *et al.* (2023a) ao avaliar o efeito de enzimas exógenas (Allzyme® (mix de enzimas), Fibrozyme® (enzima fibrolítica) e Amaize® (enzima amilolítica)) fornecidas como aditivo em ração para caprinos sobre os parâmetros produtivos e comportamentais e observaram redução na ingestão e mastigação e maior tempo dos animais em ócio. Em outro momento, Freitas *et al.* (2023b) ao investigarem os metabólitos sanguíneos de cabritos alimentados com enzimas exógenas na dieta observaram elevações dos valores de metabólitos energéticos e proteicos devido a maior degradação dos alimentos proporcionado pelas enzimas, gerando maior energia disponível aos animais.

Em ovinos, Neiva *et al.* (2022) avaliaram o efeito da adição de enzimas exógenas (Allzyme® (complexo enzimático), Fibrozyme® (enzima fibrolítica), Amaize® (enzima amilolítica) e Mix (complexo enzimático: 150g Allzyme® + 180g Fibrozyme® + 150g Amaize®) à dieta sobre a ingestão, digestibilidade de nutrientes, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo e movimentação ruminal de ovelhas, observaram que o uso de enzimas exógenas ou complexos enzimáticos exógenos Amaize e Allyzme aumenta a ingestão e a digestibilidade de nutrientes, bem como o balanço de nitrogênio e a eficiência mastigatória, sem causar efeitos deletérios na fisiologia ruminal e no comportamento ingestivo de cordeiras. Além disso, os autores verificaram que a adição da mistura enzimática não melhora a ingestão e o aproveitamento de nutrientes pelas ovelhas.

### ***Ionóforos***

Os ionóforos são amplamente empregados na nutrição de ruminantes com o objetivo de otimizar o metabolismo energético e proteico, além de reduzir distúrbios digestivos como acidose ruminal e timpanismo. Sua ação se baseia na capacidade de suprimir ou inibir microrganismos gram-positivos, principais produtores de ácido lático, favorecendo assim o desenvolvimento de bactérias gram-negativas benéficas, como *Megasphaera elsdenii* e *Selenomonas ruminantium* (Baungratz *et al.*, 2024). Marques e Cooke (2021) discorrem que ionóforos melhoram a eficiência alimentar e o ganho de peso em ruminantes através da modulação da fermentação ruminal, aumentando a produção de propionato enquanto reduzem acetato e metano. Esse aumento no propionato favorece a gliconeogênese e atua como dreno de H<sup>+</sup>, mantendo o pH ruminal adequado e reduzindo perdas energéticas.

O mecanismo seletivo dos ionóforos está relacionado à estrutura da membrana bacteriana. Enquanto bactérias gram-positivas são altamente sensíveis a esses compostos, as gram-negativas apresentam resistência devido à presença de uma membrana externa com porinas, canais proteicos que limitam a passagem de moléculas acima de 600 daltons (Da). Como a maioria dos ionóforos possui massa molecular superior a esse limite, sua penetração nas células gram-negativas é impedida (Baungratz *et al.*, 2024).

Com o objetivo de avaliar o efeito da combinação de um ionóforo antibiótico (monensina) com extratos vegetais e probióticos sobre o rendimento de carcaça durante a última fase da engorda de cordeiros, Estrada-Ângulo *et al.* (2023) verificaram que a combinação de probióticos com a monensina pode melhorar a eficiência da utilização de energia da dieta na fase final da terminação e que a combinação de extratos vegetais na combinação monensina + probióticos reduz o peso e o rendimento de carcaça,

sendo necessário a realização de mais pesquisas relacionadas ao efeito da combinação de diversas fontes de aditivos naturais com antibióticos sintéticos.

### ***Aditivos tamponantes***

A adoção de tamponantes na dieta de ruminantes é condicionada tanto ao sistema de criação quanto ao tipo de alimentação fornecida. Em animais mantidos exclusivamente a pasto, o uso desses aditivos costuma ser desnecessário, pois as forragens, ricas em fibra, estimulam a secreção de grandes volumes de saliva, naturalmente abundante em substâncias de caráter tamponante. Em situações nas quais a dieta contém elevado teor de grãos ou é baseada em silagem de milho, a suplementação com tampões visa reduzir a incidência de acidose ruminal e, simultaneamente, melhorar a digestibilidade da fibra. Esses distúrbios decorrem da produção excessiva de ácidos orgânicos no rúmen durante a fermentação microbiana (Baungratz *et al.*, 2024).

Para serem eficazes, os tampões ruminais devem apresentar alta solubilidade em água e ponto de equivalência (pKa) próximo ao pH fisiológico do rúmen (6,2–6,8) (Possamai *et al.*, 2011). A inclusão desses compostos altera a fermentação ruminal sobretudo por estabilizar o pH e incrementar a taxa de diluição do conteúdo ruminal; este último efeito resulta do aumento da osmolaridade, que induz maior consumo de água e influxo de fluidos através da parede ruminal (Nagaraja *et al.*, 1987).

Diversos produtos com propriedades tamponantes são amplamente utilizados na alimentação de ruminantes, destacando-se entre eles o bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>), o óxido de magnésio (MgO) e o carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>). A escolha do composto, bem como sua dosagem, depende de fatores como a composição da dieta, o sistema de produção, a espécie animal, e as características específicas do produto, incluindo sua concentração, forma de apresentação e marca comercial. Dessa forma, as recomendações de inclusão devem seguir orientações técnicas e nutricionais específicas, considerando os objetivos zootécnicos e os riscos potenciais de desequilíbrios minerais ou metabólicos (Baungratz *et al.*, 2024).

He *et al.* (2019) analisaram os efeitos de uma dieta rica em grãos com agente tamponante no metabolismo hepático de cabras lactantes e verificaram que a dieta rica em grãos com agente tamponante altera a expressão de proteínas relacionadas ao metabolismo de aminoácidos e ao glicometabolismo. Além disso, a alimentação com dieta rica em grãos e agente tamponante pode fortalecer a capacidade antioxidante, a capacidade de estresse, desacelerar o metabolismo da ureia e alterar o metabolismo de aminoácidos e o glicometabolismo no fígado.

Em estudo comparativo de agentes tamponantes ruminais (AcidBuf, bicarbonato de sódio, pó de cálcio e alga marinha WMC (Utva Lactuca extra)) sobre o desempenho produtivo, fermentação ruminal e qualidade da carne de cordeiros em crescimento, Alhidary *et al.* (2019) verificaram que a adição de acidbuf, bicarbonato de sódio e algas marinhas às dietas melhorou a eficiência alimentar, a qualidade da carcaça com redução da gordura corporal e as características do rúmen dos cordeiros. El-nile *et al.* (2023) investigando a suplementação dietética com zeólita nano e natural para caprinos, observou melhora no pH ruminal, utilização de nitrogênio e a contagem total de protozoários. Os autores reportam que a nano zeólita é mais eficaz na utilização de energia, aumentando a concentração total de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen e as proporções de ácido butírico. Além disso, a nano zeólita aumentou a concentração sérica de cálcio e reduziu as concentrações totais de lipídios e colesterol. Ambos os tipos de zeólita

reduziram a contagem de células somáticas, enquanto a nano zeólita foi mais pronunciada no aumento do perfil de ácidos graxos do leite de cabra em comparação com sua forma natural.

### **Própolis**

A própolis é uma substância resinosa de composição complexa, produzida pelas abelhas a partir de diferentes espécies vegetais. Suas propriedades biológicas estão diretamente relacionadas à sua composição química, que varia conforme a região de produção e a época de coleta. Essa variação representa um desafio para seu uso em fitoterapia, uma vez que diferenças na flora local e nas condições de coleta afetam suas propriedades físicas, químicas e biológicas (Felício *et al.*, 2025).

Apresenta em sua composição uma diversidade de compostos bioativos, incluindo açúcares, álcoois, ácidos e ésteres alifáticos e aromáticos, aldeídos, aminoácidos, ácidos graxos, cetonas, esteroides, flavonoides, proteínas, vitaminas e minerais (Baungratz *et al.*, 2024). Dentre seus principais constituintes, destacam-se os flavonoides, isoflavonoides e ácidos fenólicos, responsáveis por suas propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes (Cavendish *et al.*, 2015). Quanto à sua atividade antimicrobiana, a própolis demonstra ação bacteriostática, inibindo principalmente bactérias gram-positivas e, em menor extensão, algumas gram-negativas (Baungratz *et al.*, 2024). Essa propriedade sugere que sua adição a rações animais pode inibir o crescimento de bactérias proteolíticas, reduzindo a produção de gases e melhorando a eficiência alimentar por meio de um maior aproveitamento dos nutrientes.

Kabiloglu *et al.* (2025) investigando os efeitos do extrato etanólico de própolis (EEP – 0, 3 e 6 mL/dia), sobre o desempenho e respostas imunes em cordeiros desmamados, observaram que a suplementação com EEP aumentou o ganho de peso e melhorou a taxa de conversão alimentar. Os autores concluem que a administração diária de 6 mL de EEP (equivalente a 1800 mg de própolis) em cordeiros desmamados proporciona benefícios potenciais em termos de ganho de peso, eficiência alimentar, resposta à tosse e imunoglobulinas (IgA e IgM). Stradiotti Jr. *et al.* (2004) estudaram a ação do extrato de própolis sobre a fermentação *in vitro* de diferentes alimentos e observaram que a própolis foi eficiente em inibir a produção de gases pelos microrganismos ruminais, além de aumentar a taxa de digestão específica de carboidratos.

Khudadad *et al.* (2025) mensuraram o efeito do extrato aquoso de própolis (0, 5, 10 e 15 mL de extrato aquoso de própolis por animal), durante 12 semanas, nas dimensões corporais e no peso de cabritos desmamados durante o período estressante de transição da vida. Os autores concluíram que a administração de extrato aquoso de própolis em doses adequadas pode mitigar os efeitos do estresse do desmame, promover a saúde gastrointestinal e otimizar o desempenho do crescimento. No entanto recomendam estudos adicionais para observar as respostas obtidas a longo prazo, encontrar a dosagem ideal e aplicabilidade do uso do extrato aquoso de própolis em diferentes raças e estágios fisiológicos para aproveitar ao máximo suas vantagens no manejo pecuário. Aşici *et al.* (2024) ao investigarem o efeito da própolis aplicada em cabritos no período de desmame sobre os genes da proteína de choque térmico reportaram que, com a administração de própolis (0,4 cc) durante o período de desmame, ocorreu redução nos níveis de expressão de HSP27 de 1,08 vezes, HSP60 de 1,56 vezes e HSP70 de 2,12 vezes ao final de 2 semanas, sendo recomendado o tratamento com própolis durante o estresse de desmame.

## Conclusão

A utilização de aditivos na alimentação de ruminantes representa uma estratégia promissora para otimizar o desempenho produtivo, promover a saúde ruminal e tornar os sistemas de produção mais sustentáveis. No entanto, sua eficácia depende de múltiplos fatores, como o tipo de dieta, o estágio fisiológico e a categoria animal, além das condições de manejo. Assim, a escolha e o uso adequado dos aditivos devem ser baseados em evidências científicas e ajustados às particularidades de cada sistema, visando sempre o equilíbrio entre produtividade, bem-estar animal e responsabilidade ambiental.

## REFERÊNCIAS

- Adamczyk, B., Simon, J., Kitunen, V., Adamczyk, S., & Smolander, A. (2017). Tannins and their complex interaction with different organic nitrogen compounds and enzymes: Old paradigms versus recent advances. *ChemistryOpen*, 6(5), 610–614. <https://doi.org/10.1002/open.201700113>
- Adjei-Fremah, S., Ekwemalor, K., Asiamah, E. K., Ismail, H., Ibrahim, S., & Worku, M. (2018). Effect of probiotic supplementation on rumen microbial population, nutrient digestibility, and growth performance in ruminants: A review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9, 68. <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0277-x>
- Alhidary, I. A., Abdelrahman, M. M., & Elsabagh, M. (2019). A comparative study of four rumen buffering agents on productive performance, rumen fermentation and meat quality in growing lambs fed a total mixed ration. *Animal*, 13(10), 2252–2259. DOI: 10.1017/S1751731119000296
- Alhidary, I. A., Abdelrahman, M. M., Harron, R. M., & Khan, R. U. (2019). Effects of different buffering agents on growth performance, rumen fermentation, and carcass characteristics of growing lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 51, 1789–1795.
- Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M. R., & Castellano, V. (2006). Toxicological and safety evaluation of Bacillus-based probiotics. *Food and Chemical Toxicology*, 44(4), 741–758. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2005.10.006>
- Angelakis, E. (2017). Weight gain by gut microbiota manipulation in productive animals. *Microbial Pathogenesis*, 106, 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2016.11.002>
- Animut, G., Goetsch, A. L., Aiken, G. E., Puchala, R., Detweiler, G., Krehbiel, C. R., Merkel, R. C., Sahl, T., Dawson, L. J., Johnson, Z. B., & Gipson, T. A. (2008). Effects of *Lespedeza cuneata* on intake, digestion and ruminal methane emission by goats. *Animal Feed Science and Technology*, 142(1–2), 155–167. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.08.003>
- Arriola, K. G., Oliveira, A. S., Ma, Z. X., Lean, I. J., Giurcanu, M. C., & Adesogan, A. T. (2017). A meta-analysis on the effects of exogenous fibrolytic enzymes on performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100, 4513–4528. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12103>
- Aşici, G. S. E., Çağlı, A., Çoğan, H., Kiral, F., & Yilmaz, M. (2024). Effect of propolis applied to goat kids at weaning period on heat shock protein genes. *Harran Üniv Vet Fak Derg*, 13(2), 84–92. <https://doi.org/10.31196/huvfd.1451671>
- Assis, T. S. (2019). Utilização de volumoso extrusado contendo diferentes aditivos na alimentação de ovinos. [Dissertação de Mestrado em Ciências Veterinárias, Universidade Federal de Uberlândia]. 72f. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1219>.
- Bąkowski, M., & Kiczorowska, B. (2021). Probiotic microorganisms and herbs in ruminant nutrition as natural modulators of health and production efficiency—a review. *Annals of Animal Science*, 21(1), 3–28. <http://dx.doi.org/10.2478/aoas-2020-0081>
- Baungratz, A. R., Venturini, T., & Maeda, E. M. (2024). Aditivos utilizados na nutrição de ruminantes: características e particularidades. *Iguazu science*, 2(3), 48–59.
- Baungratz, J. M., Marques, R. S., & Cooke, R. F. (2024). Feed additives for ruminants: Ionophores, buffers, plant secondary compounds and probiotics. *Animal Nutrition*, 15, 1–15.
- Belanche, A., de la Fuente, G., & Newbold, C. J. (2016). Study of chitosan's impact on rumen fermentation. *Journal of Dairy Science*, 99, 7710–7720.

- Belanche, A., Ramos-morales, E., & Newbold, C. J. (2015). In vitro screening of natural feed additives from crustaceans, diatoms, seaweeds and plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Journal Science Food Agriculture*, 96(9), 3069-3078. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7481>
- Bodas, R., Prieto, N., García-González, R., Andrés, S., Giráldez, F. J., & López, S. (2012). Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1-4), 78-93. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.010>
- Cais-Sokolinska, D., Kowalska, E., & Nowak, A. (2022). Galactooligosaccharides and modulation of gut microbiota. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2022, 714356. <https://doi.org/10.1155/2022/714356>.
- Cangiano, C., Garro, G., & Cacciou, A. (2020). Strategic use of probiotics and prebiotics in ruminants. *Livestock Science*, 233, 103959. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103959>.
- Carulla, J. E., Kreuzer, M., Machmüller, A., & Hess, H. D. (2005). Effects of tannins from *Acacia mearnsii* on ruminal fermentation and methane production in sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(9), 961-970. <https://doi.org/10.1071/AR05022>
- Carulla, J. E., Kreuzer, M., Machmüller, A., & Hess, H. D. (2005). Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(9), 961-970. <https://doi.org/10.1071/AR05022>.
- Cavendish, R. L., Santos, J. S., Neto, R. B., Paixão, A. O., Oliveira, J. V., Araujo, E. D., Berretta E. S. A. A., Thomazzi, M. S., Cardoso J. C., & Gomes, M. Z. (2015). Antinociceptive and anti-inflammatory effects of Brazilian red propolis extract and formononetin in rodents. *Journal of Ethnopharmacology*, 173, 127-133. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2015.07.022>
- Charalampopoulos, D., & Rastall, R. A. (2009). Ciência e tecnologia de prebióticos e probióticos (Vol. 1). *Springer Science & Business Media*.
- Cheng, G., Hao, H., Xie, S., Wang, X., Dai, M., Huang, L., & Yuan, Z. (2014). Antibiotic alternatives: the substitution of antibiotics in animal husbandry? *Frontiers in Microbiology*, 5, 1 - 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00217>
- Chumchalová, J., & Šmarda, J. (2003). Human tumor cells are selectively inhibited by colicins. *Folia Microbiologica*, 48(1), 111-115, <https://doi.org/10.1007/BF02931286>
- Chung, K.-T., Wong, T. Y., Wei, C.-I., Huang, Y.-W., & Lin, Y.-T. (1998). Tannins and human health: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(6), 421-464. <https://doi.org/10.1080/10408699891274273>.
- Chung, Y. H., Zhou, M., Holtshausen, L., Alexander, T. W., McAllister, T. A., Guan, L. L., Oba, M., & Beauchemin, K. A. (2012). A fibrolytic enzyme additive for lactating Holstein cow diets: ruminal fermentation, rumen microbial populations, and enteric methane emissions. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1419-1427. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4552>
- Cotter, P. D., Ross, R. P., & Hill, C. (2013). Bacteriocins—a viable alternative to antibiotics? *Nature Reviews Microbiology*, 11(2), 95-105. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2937>
- Cotter, P. D. (2013). Bacteriocins: Biological functions and potential applications. *Annual Review of Food Science and Technology*, 4, 1-32.
- Danieli, B., & Schogor, A. L. B. (2020). Uso de aditivos na nutrição de ruminantes: Revisão. *Veterinaria e Zootecnia*, 27, 1-13.
- Danieli, B., & Schogor, A. L. B. (2020). Uso de aditivos na nutrição de ruminantes: revisão. *Veterinária e Zootecnia*, 27, 1-13. <https://doi.org/10.35172/rvz.2020.v27.444>
- De Carvalho, A. A. T., Vanetti, M. C. D., & Mantovani, H. C. (2008). Bovicin HC5 reduces thermal resistance of *Alicyclobacillus acidoterrestris* in acidic mango pulp. *Journal of applied microbiology*, 104(6), 1685-1691. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03710.x>
- De Carvalho, A. A., Nardi, R. M. D., Silva, M. R., & Farias, L. M. (2008). Bovicin HC5: A bacteriocin from rumen bacteria. *Journal of Animal Science*, 86, 3306-3314.
- De Souza, C. M., Costa, L. L., & Berchielli, T. T. (2016). Saponins and rumen protozoa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45, 545-556.
- De Souza, F. M., Lopes, F. B., Eifert, E. D. C., Magnabosco, C. D. U., Costa, M., & Brunes, L. C. (2016). *Extratos vegetais como moduladores da fermentação ruminal*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 42p.

- <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1068159/1/Doc331.pdf>. Acesso em: 14/05/2025
- Deegan, L. H., Cotter, P. D., Hill, C., & Ross, P. (2006). *Bacteriocins: biological tools for bio-preservation and shelf-life extension*. *International Dairy Journal*, 16(9), 1058-1071. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.10.026>
- Elghandour, M. M. Y., Salem, A. Z. M., Castañeda, J. S. M., Camacho, L. M., Kholif, A. E., & Chagoyán, J. C. V. (2015). Direct-fed microbes: A tool for improving the utilization of low quality roughages in ruminants. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(3), 526-533. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60834-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60834-0)
- El-Nile, A. E., Elaza, M. A., Soltan, Y. A., Elkomy, A. E., El-Zaiat, H. M., Sallam, S. M. A., & El-Azrak, K. E.-D. (2023). Nano and natural zeolite feed supplements for dairy goats: Feed intake, ruminal fermentation, blood metabolites, and milk yield and fatty acids profile. *Animal Feed Science and Technology*, 295, e115522. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115522>
- El-Zaiat, H. M., Al-Marzooqi, W., & Al-Kharousi, K. (2025). Effects of chitosan-based additive on rumen fermentation and microbial community, nutrients digestibility and lactation performance in goats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 109 (2), 338-349. <https://doi.org/10.1111/jpn.14057>
- El-Zaiat, H. M., Morsy, A. S., Sallam, S. M. A., & Al-Gohary, E. S. (2025). Effects of chitosan supplementation on ruminal fermentation and milk production in goats. *Small Ruminant Research* (in press).
- Estrada-Ángulo, A., Barreras, A., Castro-Pérez, B. I., López-Soto, M. A., & Plascencia, A. (2023). Interaction of monensin with probiotics and plant extracts. *Animal Feed Science and Technology*, 296, 115530.
- Estrada-Angulo, A., Escobedo-Gallegos, L. G., Arteaga-Wences, Y. J., Ramos-Méndez, J. L., Quezada-Rubio, J. A., Vizcarra-Chávez, C. A., Valdés-García, Y. S., Barreras, A., Zinn, R. A., & Plascencia, A. (2023). Effect of combining the ionophore monensin with natural antimicrobials supplemented in the last phase of finishing of lambs: growth performance, dietary energetics, and carcass characteristics. *Animals*, 13, e2547. <https://doi.org/10.3390/ani13162547>
- FAO/WHO. (2002). Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a joint fao/who working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. [http://www.who.int/foodsafety/fs\\_management/en/probiotic\\_guidelines.pdf](http://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf)
- Felício, I. M., Cavalcanti, A. M. T., Baranger, K., Oliveira Junior, R. G., Poirot, B., Picot, L., Cavalcante, F. A. (2025). Brazilian propolis: Chemical composition, regional variability, and bioactive potential. *Fitoterapia*, 185, e106687. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2025.106687>
- Felício, L. B., Almeida, M. B., & Cunha, M. R. R. (2025). Propolis chemical variability and biological activity. *Journal of Apicultural Research*.
- Fonseca, A. J. M., Silva, A. M. A., & Pacheco, P. S. (2024). Condensed tannins and ruminal digestion. *Animal Feed Science and Technology*, 310, 116112. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116112>
- Fonseca, N. V. B., Silva Cardoso, A., Granja-Salcedo, Y. T., Siniscalchi, D., Camargo, K. D. V., Dornellas, I. A., Silva, M. L. C., Vecchio, L. S. D., Grizotto, R. K. & Reis, R. A. (2024). Effects of condensed tannin-enriched alternative energy feedstuff supplementation on performance, nitrogen utilization, and rumen microbial diversity in grazing beef cattle. *Livestock Science*, 287, e105529. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105529>
- Fotso, S. C., Kenmogne, S. B., Soloveva, M. I., Kuzmina, S. S., & Toze, F. A. A. (2025). Chemical composition and *in vitro* antifungal activity of Wild thyme (*Thymus serpyllum* L.) Lamiaceae and Reindeer lichen (*Cladonia stellaris*) Cladoniaceae from Yakutia (Russia). *Pharmacological Research-Natural Products*, 6, e100185. <https://doi.org/10.1016/j.prenap.2025.100185>
- Freitas, A. B. I., Vilaça, L. E. G., Siqueira, M. T. S., Oliveira, K. A., Oliveira, M. R., Macedo Júnior, G. L., & Santana, A. G. (2023a). Parâmetros produtivos e comportamentais de cabritos alimentados com enzimas exógenas na dieta. *Cadernos de Ciências Agrárias*, 15, 01-10. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2023.43886>
- Freitas, A. B. I., Vilaça, L. E. G., Siqueira, M. T. S., Oliveira, K. A., Sousa, L. F., & Macedo Júnior, G. L. (2023b). Consumo e metabólitos sanguíneos de cabritos alimentados com enzimas exógenas na

- dieta. *Cadernos de Ciências Agrárias*, 15, 01–13. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2023.44725>
- Gaggia, F., Mattarelli, P., & Biavati, B. (2010). Probiotics and gut microbiota. *Microbiology*, 156, 3159–3173. <https://doi.org/10.1099/mic.0.042143-0>
- Gelgelo, K., Kechero, Y., & Andualem, D. (2024). Seasonal and altitudinal dynamics in secondary metabolite composition of Commelina forage species in Konso zone, southern Ethiopia. *PloS one*, 19(11), e0314358. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314358>
- Gelgelo, S., Getahun, K., & Alemayehu, K. (2024). Role of tannins in plant defense. *Plants*, 13, 457. <https://doi.org/10.3390/plants13030457>
- Gemeda, B. S., & Hassen, A. (2018). The potential of tropical tannin rich browses in reduction of enteric methane. *Approaches in Poultry, Dairy & Veterinary Sciences*, 2(3), 154-162. <https://doi.org/10.31031/APDV.2018.02.000538>
- Georgalaki, M. D., Van den Berghe, E., Kritikos, D., Devreese, B., Van Beeumen, J., Kalantzopoulos, G., De Vuyst, L. & Tsakalidou, E. (2002). Macedocin, a food-grade lantibiotic produced by *Streptococcus macedonicus* ACA-DC 198. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(12), 5891-5903. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.12.5891-5903.2002>
- Ghimpeteanu, O. M., Pogurschi, E. N., Popa, D. C., Dragomir, N., Dragotoiu, T., Mihai, O. D. & Petcu, C. D. (2022). Antibiotic use in livestock and residues in food—a public health threat: A review. *Foods*, 11, e1430. <https://doi.org/10.3390/foods11101430>
- Goiri, I., Oregui, L. M., & Garcia-Rodriguez, A. (2009). Dose–response effects of chitosans on in vitro rumen digestion and fermentation of mixtures differing in forage-to-concentrate ratios. *Animal Feed Science and Technology*, 151(3-4), 215-227. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.01.016>
- Goiri, I., Oregui, L. M., & García-Rodríguez, A. (2013). Use of chitosan to modify ruminal fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 179, 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.10.010>
- Guerreiro, O., Alves, S. P., Costa, A. S. H., & Bessa, R. J. B. (2020). Effects of *Cistus ladanifer* tannins on lamb meat quality. *Meat Science*, 159, 107921. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107921>
- Guerreiro, O., Alves, S. P., Soldado, D., Cachucho, L., Almeida, J. M., Francisco, A., Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., & Jerónimo, E. (2020). Inclusion of the aerial part and condensed tannin extract from *Cistus ladanifer* L. in lamb diets – Effects on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular and subcutaneous fat. *Meat Science*, 160, e107945. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107945>
- He, L., Wang, H., & Chen, Y. (2019). High-grain diet and buffering agent in lactating goats. *Journal of Dairy Science*, 102, 108–119. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15006>
- He, M., Li, L., Wang, H., Yan, S., & Zhang, Y. (2019). Effects of high-grain diet with buffering agent on the hepatic metabolism in lactating goats. *Frontiers in Physiology*, 10, e661. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00661>
- Hess, H. D., Beuret, R. A., Lötscher, M., Hindrichsen, I. K., Machmüller, A., Carulla, J. E., Lascano, C. E., & Kreuzer, M. (2004). Ruminal fermentation, methanogenesis and nitrogen utilization of sheep receiving tropical grass hay-concentrate diets offered with *Sapindus saponaria* fruits and *Cratylia argentea* foliage. *Animal Science*, 79(1), 177-189. <https://doi.org/10.1017/S1357729800054643>
- Hess, H. D., Tiemann, T. T., Noto, F., Carulla, J. E., & Kreuzer, M. (2004). Strategic use of tannins to reduce methane. *Journal of Animal Science*, 82, 1957–1968. <https://doi.org/10.2527/2004.8271957x>
- Hoang, K. V., Stern, N. J., & LIN, J. (2011). Development and stability of bacteriocin resistance in *Campylobacter* spp. *Journal of Applied Microbiology*, 111(6), 1544-1550. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05163.x>
- Hsieh, C. Y., Osaka, T., Moriyama, E., Date, Y., Kikuchi, J., & Tsuneda, S. (2015). Strengthening of the intestinal epithelial tight junction by *Bifidobacterium bifidum*. *Physiological reports*, 3(3), e12327. <https://doi.org/10.14814/phy2.12327>
- Huang, R., Ma, C., Zhang, F., & Wang, X. (2023). Effects of condensed tannins on bacterial and fungal communities during aerobic exposure of sainfoin silage. *Plants*, 12(16), 2967. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12162967>

- Hutkins, R. W., Krumbeck, J. A., Bindels, L. B., Cani, P. D., Fahey, G., Goh, Y. J., ... & Sanders, M. E. (2016). Probiotics: Definition and scope. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 13, 506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2016.105>
- Ivan, M., Koenig, K. M., & Mir, P. S. (2004). Effects of saponins on rumen microbes. *Journal of Animal Science*, 82, 2148–2157. <https://doi.org/10.2527/2004.8292148x>
- Ivanova, S., Sukhikh, S., Popov, A., Shishko, O., Nikonov, I., Kapitonova, E., Krol, O., Larina, V., Noskova, S. & Babich, O. (2024). Medicinal plants: a source of probiotics for the feed additives. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, e101172. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101172>
- Jung, H. G., Mertens, D. R., & Payne, A. J. (2021). Plant phenolics and protein binding. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69, 4032–4045. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c01032>
- Jung, H. S., & Neuman, K. C. (2021). Surface modification of fluorescent nanodiamonds for biological applications. *Nanomaterials*, 11(1), e153. <https://doi.org/10.3390/nano11010153>
- Kabiloglu, O., Abas, I., & Kocabagli, N. (2025). Effect of propolis extract on performance, health and immune parameters in lambs. *Small Ruminant Research*, 249, e107522. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2025.107522>
- Kafilzadeh, F., Payandeh, S., Gómez-Cortés, P., Ghadimi, D., Schiavone, A., & Martínez Marín, A. L. (2019). Effects of probiotic supplementation on milk production, blood metabolite profile and enzyme activities of ewes during lactation. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 134-139. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1496040>
- Kafilzadeh, F., Shahryar, H., & Danesh-Mesgaran, M. (2019). Multistrain probiotics in ewes. *Journal of Applied Animal Research*, 47, 371–378. <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1506664>
- Karabailiev, S., & Kochev, V. (2003). Mechanisms of membrane disruption by saponins. *Biochimica et Biophysica Acta – Biomembranes*, 1610, 165–174. [https://doi.org/10.1016/S0005-2736\(03\)00166-0](https://doi.org/10.1016/S0005-2736(03)00166-0)
- Karabaliev, M., & Kochev, V. (2003). Interaction of solid supported thin lipid films with saponin. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 88(1), 101-105. [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(02\)00311-8](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(02)00311-8)
- Kholif, A. E. (2023). Use of plant bioactive compounds in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 300, 115429. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115429>
- Kholif, A. E., Anele, A., & Uchenna Y. (2024). Anele. Microbial feed additives in ruminant feeding. *AIMS Microbiology*, 10(3): 542–571. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2024026>
- Khudadad, J. I., Hatem, M. S., Jawad, W. A., Obaid, A. A., & Kamil, A. M. (2025). Assessed investigation on the Cyprian weaned goats' body size and mass after the propolis inclusion. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 10(5): 246-251. <https://doi.org/10.22271/veterinary.2025.v10.i5d.2270>
- Kim, E. Y., Kim, Y. H., Rhee, M. H., Song, J. C., Lee, K. W., Kim, K. S., Lee S.P., Lee I. S. & Parque, S. C. (2007). Selection of *Lactobacillus* sp. PSC101 that produces active dietary enzymes such as amylase, lipase, phytase and protease in pigs. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 53(2), 111-117. <https://doi.org/10.2323/jgam.53.111>
- Kim, E.-Y., Kim, Y.-H., Rhee, M. H., Song, J. C., Lee, K. W., Kim, K. S., Lee, S.-P., Lee, I.-S., & Park, S. C. (2007). Selection of *Lactobacillus* sp. PSC101 that produces active dietary enzymes such as amylase, lipase, phytase and protease in pigs. *Journal of General and Applied Microbiology*, 53(2), 111–117. <https://doi.org/10.2323/jgam.53.111>
- Kim, J. D., Han, I. K., & Shin, H. T. (2007). Digestive enzyme activity of *Lactobacillus* species. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20, 116–123.
- Kulkarni, G., Garg, S., & Ferrando, A. (2022). Probiotics for ruminants. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 857676. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.857676>
- Kulkarni, N. A., Chethan, H. S., Srivastava, R., & Gabbur, A. B. (2022). Role of probiotics in ruminant nutrition as natural modulators of health and productivity of animals in tropical countries: an overview. *Tropical Animal Health and Production*, 54(2), 110. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03112-y>
- Li, T., Raja, B. R., Liao, J., Zheng, L., Yin, F., Gan, S., Sun, X., Lyu, G., & Ma, J. (2025). The characteristics, influence factors, and regulatory strategies of growth retardation in ruminants:

- a review. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, e1566427. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1566427>
- Li, Y., & Powers, W. (2012). Effects of saponins on animal performance. *Journal of Animal Science*, 90, 173–182. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4383>
- Mahesh, B., Kumar, P., & Nagalakshmi, D. (2021). Yeast supplementation in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 275, 114923. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114923>
- Mahesh, M. S., Mohanta, R. K., & Patra, A. K. (2021). Probiotics in livestock and poultry nutrition and health. In G. Goel & A. Kumar (orgs.), *Advances in Probiotics for Sustainable Food and Medicine* (149–179). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-6795-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6795-7_7)
- MAPA. (2004). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento técnico sobre o uso de aditivos para produtos destinados à alimentação animal. Instrução Normativa nº 13/2004. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/aditivos>. Acesso: 15 de setembro de 2025.
- Markowiak, P., & Ślizewska, K. (201). Effects of probiotics and prebiotics. *Gut Pathogens*, 9, 21. <https://doi.org/10.1186/s13099-017-0189-y>
- Markowiak, P., & Ślizewska, K. (2018). The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathogens*, 10, 1-20. <https://doi.org/10.1186/s13099-018-0250-0>
- Marques, R. D. S., & Cooke, R. F. (2021). Effects of ionophores on ruminal function of beef cattle. *Animals*, 11(10), 2871. <https://doi.org/10.3390/ani11102871>
- Marrone, G., Di Lauro, M., Izzo, F., Cornali, K., Masci, C., Vita, C., Occhiuto, F., Di Daniele, N., De Lorenzo, A., & Noce, A. (2024). Possible beneficial effects of hydrolyzable tannins deriving from *Castanea sativa* L. in internal medicine. *Nutrients*, 16, e45. DOI: [10.3390/nu16010045](https://doi.org/10.3390/nu16010045)
- Meade, E., Slattery, M. A., & Garvey, M. (2020). Bacteriocins, potent antimicrobial peptides and the fight against multi drug resistant species: resistance is futile? *Antibiotics*, 9(1), 32. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9010032>
- Min, B. R. et al. (2005). The effect of condensed tannins from *Lotus corniculatus* on the proteolytic activities and growth of rumen bacteria. *Animal Feed Science and Technology*, 121(1-2), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.02.019>
- Min, B. R., McNabb, W. C., Barry, T. N., Kemp, P. D., Waghorn, G. C., & McDonald, M. F. (2005). The effect of condensed tannins in *Lespedeza striata* on ruminal fermentation, nutrient digestion and methane emission in goats. *Journal of Agricultural Science*, 143(5), 403–414. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005520>
- Min, B. R., Pomroy, W. E., Hart, S. P., & Sahlou, T. (2004). The effect of short-term consumption of tannin-containing forage on the parasite burdens and nutrient utilization in sheep. *Journal of Animal Science*, 82(6), 1616–1622. <https://doi.org/10.2527/2004.8261616x>
- Min, B. R., Wang, W., Pitta, D. W., Indugu, N., Patra, A. K., Wang, H. H., & Puchala, R. (2024). Characterization of ruminal microbiota in sheep and goats fed tannin-rich *Sericea lespedeza* hay. *Journal of Animal Science*, 102, skae198. <https://doi.org/10.1093/jas/skae198>
- Minamikawa, M., Kawai, Y., Inoue, N., & Yamazaki, K. (2005). Purification and characterization of warnericin RB4, anti-*Alicyclobacillus bacteriocin*, produced by *Staphylococcus warneri* RB4. *Current Microbiology*, 51, 22-26. <https://doi.org/10.1007/s00284-005-4456-2>
- Mousa, S., Elsayed, A., Marghani, B., & Ateya, A. (2019). Effects of supplementation of *Bacillus* spp. on blood metabolites, antioxidant status, and gene expression pattern of selective cytokines in growing Barki lambs. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 6(3), 333–340.
- Nabgan, M., Shariatifar, N., & Zeinali, T. (2025). Comparative investigation of Mycotoxin detoxification mechanisms by lactic acid bacteria (*Lactobacillus* species) and non-lactic acid bacteria. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 19, 3839–3866. <https://doi.org/10.1007/s11694-025-03259-w>
- Nagaraja, T. G. & Taylor, M. B. (1987). Susceptibility and resistance of ruminal bacteria to antimicrobial feed additives. *Applied and Environmental Microbiology*, 53(7), 1620-1625. <https://doi.org/10.1128/aem.53.7.1620-1625.1987>
- Naumann, H. D., Tedeschi, L. O., Zeller, W. E., & Huntley, N. F. (2017). The role of condensed tannins in ruminant production. *Animal Feed Science and Technology*, 229, 45–63. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.04.004>

- Negash, A. W., & Tsehai, B. A. (2020). Current applications of bacteriocin. *International Journal of Microbiology*, 2020(1), e4374891. <https://doi.org/10.1155/2020/4374891>
- Neiva, M. C., Schultz, E. B., Sousa, L. M., Oliveira, K. A., Sousa, L. F., & Macedo Junior, G. L. (2022). Exogenous enzymes in sheep diet: nutritional and physiological parameters. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 44, e56504. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v44i1.56504>
- Newbold, C. J., & Hillman, K. (1990). The effect of ciliate protozoa on the turnover of bacterial and fungal protein in the rumen of sheep. *Letters in applied Microbiology*, 11(2), 100-102. DOI: <https://doi.org/10.1079/BJN19900032>
- Ng'ambi, J. W., Selapa, M. J., Brown, D., & Manyelo, T. G. (2022). Effect of purified condensed tannins on performance, blood profile, meat quality and methane emission in Bapedi rams fed grass hay and pellet-based diets. *Tropical Animal Health and Production*, 54, Article 263. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03229-5>
- Niyigena, V., Coffey, K. P., Philipp, D., Savin, M. C., Zhao, J., Naumann, H. D., & Shelby, S. L. (2024). Intake, digestibility and rumen fermentation in sheep fed alfalfa silage with *Sericea lespedeza*. *Animal Feed Science and Technology*, 308, 115863. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115863>
- Oliveira, K. A., Assis, T. S., Sousa, L., Siqueira, M. T. S., Souza, A. M., & Macedo Júnior G. L. M. (2020). Consumo de nutrientes, comportamento ingestivo e parâmetros fisiológicos de ovinos alimentados com volumoso extrusado contendo diferentes aditivos. *Caderno de Ciências Agrárias*, 12, 1-9. DOI: [10.35699/2447-6218.2020.20606](https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.20606)
- Pandey, A.K., Kumar, P., Saxena, M. J. (2019). Feed Additives in Animal Health. In: R. Gupta, A. Srivastava, & R. Lall (orgs.), *Nutraceuticals in Veterinary Medicine* (345-362) Springer Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8_23)
- Patra, A. K., & Saxena, J. (2010). A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*, 71(11-12), 1198-1222. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.05.010>
- Possamai, A. P. S., Silva, R. R., & Ribeiro, E. L. A. (2011). Tamponantes ruminais em dietas concentradas. *Semina: Ciências Agrárias*, 32, 303-314.
- Possamai, A., Lala, B., Pereira, V., Gomes, L., & Silva, S. (2011). Modificadores da fermentação ruminal: uma revisão. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 5(2), 108-116. <https://doi.org/10.18011/bioeng2011v5n2p108-116>
- Rachwał, K., & Gustaw, K. (2024). Lactic acid bacteria in sustainable food production. *Sustainability*, 16(8), e3362. <https://doi.org/10.3390/su16083362>
- Raheem, K. A., Basiru, A., Raji, L. O., & Odetokun, I. A. (2024). Productive performance of goat. *Trends in Clinical Diseases, Production and Management of Goats*, 1, 163-177. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23696-9.00001-8>
- Rashwan, A. K., Osman, A. I., Abdelshafy, A. M., Mo, J., & Chen, W. (2025). Plant-based proteins: advanced extraction technologies, interactions, physicochemical and functional properties, food and related applications, and health benefits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 65(4), 667-694. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2279696>
- Ren, G., Zhang, M., & Liu, P. (2019). Antimicrobial peptides and rumen microbiota. *Microbial Ecology*, 78, 642-654. <https://doi.org/10.1007/s00248-019-01410-4>
- Ren, Z., Yao, R., Liu, Q., Deng, Y., Shen, L., Deng, H., Zuo, Z., Wang, Y., Deng, J., Cui, H., Hu, Y., Ma, X. & Fang, J. (2019). Effects of antibacterial peptides on rumen fermentation function and rumen microorganisms in goats. *PloS one*, 14(8), e0221815. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221815>
- Saleem, A. A., Elaref, M. Y., Bassiony, S. M., Abdelnour, S. A., Helal, A. A., Abdel-Monem, U. M., & Al-Marakby, K. M. (2024) The effect of adding multi-strain probiotics (MSP) on the hematological, immunological and antioxidant parameters of male Saidi sheep. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences* 1-8. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2024.294580.2143>
- Sanders, M. E., Merenstein, D. J., Reid, G., Gibson, G. R., & Rastall, R. A. (2019). Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: from biology to the clinic. *Nature reviews Gastroenterology & Hepatology*, 16(10), 605-616. <https://doi.org/10.1038/s41575-019-0173-3>

- Santoso, B., Mwenya, B., Sar, C., Gamo, Y., Kobayashi, T., Morikawa, R., Kimura, K., Mizukoshi, H. & Takahashi, J. (2004). Effects of supplementing galacto-oligosaccharides, *Yucca schidigera* or nisin on rumen methanogenesis, nitrogen and energy metabolism in sheep. *Livestock Production Science*, 91(3), 209-217. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.08.004>
- Sar, C., Mwenya, B., Pen, B., Morikawa, R., Takaura, K., Kobayashi, T., & Takahashi, J. (2005). Effect of nisin on ruminal methane production and nitrate/nitrite reduction *in vitro*. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(8), 803-810. <https://doi.org/10.1071/AR04294>
- Schmitt, M. H., Ward, M. H. D., & Shrader, A. M. (2020). Salivary tannin-binding proteins: a foraging advantage for goats? *Livestock Science*, 234, 1–6. DOI: 10.1016/j.livsci.2020.103974.
- Şenel, S., & Wilson, C. G. (2004). Chitosan delivery systems. *Journal of Biomedical Materials Research*, 70(2), 258–265. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.10047>
- Sevda, S., McClure, S. J. (2004). Potential applications of chitosan in veterinary medicine. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 56(10), 1467-1480. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2004.02.007>
- Shilwant, S., Hundal, J. S., Singla, M., & Patra, A. K. (2023). Polyphenol- and saponin-rich plant extracts in goat diets: Effects on rumen fermentation, methane production, and nitrogen utilization. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 10901–10913. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23079-5>
- Shurson, G. C. (2018). Yeasts and yeast derivatives in feed. *Animal Nutrition*, 4, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.05.005>
- Silva, A. P. R., Sant'ana, A. S., Nascimento, S. P. O., Barbosa, S. N., Miranda, A. L. A., Luna, F. S., Gois, G. C., Moraes, S. A., Rodrigues, R. T. S., Menezes, D. R. (2021). Tannins in the diet for lactating goats from different genetic groups in the Brazilian semi-arid: Nitrogen, energy and water balance. *Animal Feed Science and Technology*, 279, e115023. [10.1016/j.anifeedsci.2021.115023](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115023)
- Soldado, D., Bessa, R. J., & Jerónimo, E. (2021). Condensed tannins as antioxidants in ruminants—Effectiveness and action mechanisms to improve animal antioxidant status and oxidative stability of products. *Animals*, 11(11), e3243. <https://doi.org/10.3390/ani11113243>
- Soliman, S. M., El-Shinnawy, A. M., & El-Morsy, A. M. (2016). Effect of probiotic or prebiotic supplementation on the productive performance of Barki Lambs. *Journal of Animal and Poultry Production*, 7(10): 369- 376.
- Stradiotti Júnior, D., Queiroz, A. C. D., Lana, R. D. P., Pacheco, C. G., Eifert, E. D. C., & Nunes, P. M. M. (2004). Ação da própolis sobre a desaminação de aminoácidos e a fermentação ruminal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 1086-1092. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000400029>
- Terra-Braga, M., Poli, C. H., Tontini, J. F., Ahsin, M., Van Vliet, S., & Villalba, J. J. (2024). Trade-offs between selection of crude protein and tannins in growing lambs. *Journal of Animal Science*, 102, skae298. <https://doi.org/10.1093/jas/skae298>
- Torres-Maravilla, E., Castro-Rodríguez, V., & Delgado-Vargas, F. (2022). Metataxonomics in rumen studies. *Frontiers in Microbiology*, 13, 912345. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.912345>
- Torres-Maravilla, E., Méndez-Trujillo, V., Hernández-Delgado, N. C., Bermúdez-Humarán, L. G., & Reyes-Pavón, D. (2022). Looking inside mexican traditional food as sources of synbiotics for developing novel functional products. *Fermentation*, 8(3), 123. <https://doi.org/10.3390/fermentation8030123>
- Uyeno, Y., Shigemori, S., & Shimosato, T. (2015). Probiotics in ruminant productivity. *Microbes and Environments*, 30(2), 126–132. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME14176>
- Van Hemert, S., Meijerink, M., Molenaar, D., Bron, P. A., De Vos, P., Kleerebezem, M., Wells, J. M. & Marco, M. L. (2010). Identification of *Lactobacillus plantarum* genes modulating the cytokine response of human peripheral blood mononuclear cells. *BMC Microbiology*, 10, 1-13. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-10-293>
- Varada, V. V., & Kumar, S. (2024). Scope of microbial feed additives in ruminant nutrition. In: M. S. Mahesh, & V. K. Yata (orgs). *Feed Additives and Supplements for Ruminants* (29-50). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-97-0794-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-97-0794-2_2)
- Vieco-Saiz, N., Belguesmia, Y., Raspoet, R., Auclair, E., Gancel, F., Kempf, I., & Drider, D. (2019). Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production. *Frontiers in Microbiology*, 10, e57. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00057>

- Vieira, L. V., Schmidt, A. P., Barbosa, A. A., Feijó, J. O., Brauner, C. C., Rabassa, V. R., Corrêa, M. N., Schmitt, E., & Del Pino, F. A. B. (2020). Utilização de taninos como aditivo nutricional na dieta de ruminantes. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 23(1), e2306.
- Waghorn, G. C. (2008). Beneficial and detrimental effects of tannins. *Animal Feed Science and Technology*, 147, 116–139. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.09.002>
- Wanapat, M., Kang, S., Polyorach, S., & Cherdthong, A. (2013). Plant secondary compounds and rumen fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26, 1124–31. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12576>
- Wang, C. J., Wang, S. P., & Zhou, H. (2009). Influences of flavomycin, ropadiar, and saponin on nutrient digestibility, rumen fermentation, and methane emission from sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 148, 157–166.
- Wang, W., Min, B. R., Pitta, D. W., Indugu, N., Patra, A. K., Wang, H. H., & Puchala, R. (2022). Effects of dietary inclusion of *Sericea lespedeza* hay on intake, digestion, and methane emission in sheep and goats. *Animals*, 12(16), 2064. <https://doi.org/10.3390/ani12162064>
- Wang, Z., Guo, L., Ding, X., Li, F., Xu, H., Li, S., Wang, X., Li, K., & Yue, X. (2023). Supplementation of chestnut tannins in diets can improve meat quality and antioxidative capability in Hu lambs. *Meat Science*, 206, e109342. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109342>
- Weng, C., Peng, X., & Han, Y. (2021). Depolymerization and conversion of lignin to value-added bioproducts by microbial and enzymatic catalysis. *Biotechnology for Biofuels*, 14, 1-22. <https://doi.org/10.1186/s13068-021-01934-w>
- Wina, E., Muetzel, S., & Becker, K. (2005). The impact of saponins or saponin-containing plant materials on ruminant production A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(21), 8093-8105. <https://doi.org/10.1021/jf048053d>
- Yang, C., Zhang, T., Tian, Q., Cheng, Y., Gebeyew, K., Liu, G., Zhiliang Tan & He, Z. (2022). Supplementing mannan oligosaccharide reduces the passive transfer of immunoglobulin g and improves antioxidative capacity, immunity, and intestinal microbiota in neonatal goats. *Frontiers in Microbiology*, 12, e795081. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.795081>
- Yang, S. C., Lin, C. H., Sung, C. T., & Fang, J. Y. (2014). Antibacterial activities of bacteriocins: application in foods and pharmaceuticals. *Frontiers in Microbiology*, 5, e241. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00241>
- Zhang, L., Liu, J., & Wang, Q. (2021). Prebiotic supplementation in sheep. *Journal of Animal Science*, 99, skab189. <https://doi.org/10.1093/jas/skab189>
- Zhang, S.-W., Duan, C.-H., Zhang, X.-Y., Li, F., Guo, Y.-X., Ji, S.-K., Yan, H., Liu, Y.-Q., & Zhang, Y.-J. (2023). Effects of mannan oligosaccharide on feed intake, body weight and serum biochemical indexes of perinatal Hu sheep ewes. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 35(3), 1791-1802. <https://doi.org/10.12418/CJAN2023.169>
- Zhang, Y., Chen, H., & Liu, W. (2023). MOS supplementation in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 306, 115765. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115765>
- Zhang, Y., Choi, S. H., Nogoy, K. M., & Liang, S. (2021). The development of the gastrointestinal tract microbiota and intervention in neonatal ruminants. *Animal*, 15(8), e100316. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100316>
- Zilio, E. M., Del Valle, T. A., Ghizzi, L. G., Takiya, C. S., Dias, M. S., Nunes, A. T., Silva, G. G. & Rennó, F. P. (2019). Effects of exogenous fibrolytic and amylolytic enzymes on ruminal fermentation and performance of mid-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 4179-4189. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14949>