

AMINOÁCIDOS E PEPTÍDEOS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES: METABOLISMO, DISPONIBILIDADE E UTILIZAÇÃO

Marcela Rodrigues de Oliveira¹;

¹Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/2986844726429159>

Lucas Eduardo Gonçalves Vilaça²;

²Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais.

<http://lattes.cnpq.br/3084652122841929>

Nathália de Lima Mendes³;

³Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/2630000990581090>

Rodolfo Henrique Silva Pereira⁴;

⁴Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/8694705056685438>

Marco Túlio Silva Siqueira⁵;

⁵Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Jaboticabal, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/2171869569188113>

Bianca Izabelly Pereira Gomes⁶;

⁶Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/8954741213693952>

Isabella Mariano Machado⁷.

⁷Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/0243984456814707>

RESUMO: A nutrição proteica dos ruminantes envolve complexas transformações dos compostos nitrogenados no rúmen, que influenciam diretamente a disponibilidade de aminoácidos ao animal. Este capítulo teve como objetivo revisar o metabolismo e a disponibilidade de aminoácidos e peptídeos na nutrição de ruminantes, considerando as transformações ruminais, o aporte pós-ruminal e as estratégias de suplementação. No ambiente ruminal, proteínas são degradadas em peptídeos, aminoácidos e amônia, utilizados pela microbiota para crescimento e síntese de proteína microbiana. A eficiência desse processo depende, principalmente, da disponibilidade e sincronização entre energia fermentescível e nitrogênio. O suprimento intestinal de aminoácidos é proveniente principalmente da proteína microbiana, da proteína dietética não degradada no rúmen e de fontes endógenas. Lisina e metionina destacam-se entre os aminoácidos potencialmente limitantes, especialmente em animais de elevada produção. Nesse contexto, estratégias de proteção contra a degradação ruminal podem aumentar a disponibilidade pós-ruminal de aminoácidos. Assim, o adequado equilíbrio entre proteína, energia e perfil de aminoácidos é

fundamental para favorecer a eficiência de utilização do nitrogênio e atender às exigências nutricionais dos ruminantes.

PALAVRAS-CHAVE: Degradação ruminal. Nutrição. Proteína.

AMINO ACIDS AND PEPTIDES IN RUMINANT NUTRITION: METABOLISM, AVAILABILITY, AND UTILIZATION

ABSTRACT: Protein nutrition in ruminants involves complex transformations of nitrogenous compounds in the rumen, which directly influence amino acid availability to the animal. This chapter aimed to review the metabolism and availability of amino acids and peptides in ruminant nutrition, considering ruminal transformations, post-ruminal supply, and supplementation strategies. In the rumen, proteins are degraded into peptides, amino acids, and ammonia, which are utilized by the microbiota for growth and microbial protein synthesis. The efficiency of this process depends primarily on the availability and synchronization of fermentable energy and nitrogen. The intestinal supply of amino acids originates mainly from microbial protein, rumen-undegraded dietary protein, and endogenous sources. Lysine and methionine are among the potentially limiting amino acids, particularly in high-producing animals. In this context, strategies to protect amino acids from ruminal degradation may increase their post-ruminal availability. Therefore, an adequate balance among protein, energy, and amino acid profile is essential to improve nitrogen utilization efficiency and meet the nutritional requirements of ruminants.

KEYWORDS: Ruminal degradation. Nutrition. Protein.

INTRODUÇÃO

A nutrição proteica dos ruminantes apresenta particularidades decorrentes das transformações dos compostos nitrogenados durante a fermentação ruminal. A proteína degradável no rúmen é utilizada pelos microrganismos, originando peptídeos, aminoácidos e amônia, que podem contribuir para a síntese de proteína microbiana, importante fonte de aminoácidos para o hospedeiro (Tan et al., 2021; Gresner et al., 2022). Dessa forma, os aminoácidos disponíveis para absorção no intestino delgado são provenientes principalmente da proteína microbiana sintetizada no rúmen, da proteína dietética não degradada no rúmen e de proteínas endógenas, tornando mais complexa a relação entre a proteína fornecida na dieta e aquela efetivamente disponível ao animal (Huang et al., 2021; Zhao et al., 2026).

A quantidade e a qualidade da proteína fornecida na dieta podem influenciar o desempenho produtivo, a eficiência de utilização do nitrogênio e sua excreção no ambiente, tornando o adequado suprimento proteico relevante também sob os aspectos econômico e ambiental (Hristov et al., 2026). Embora a proteína microbiana constitua importante fonte de aminoácidos, em animais com maiores exigências produtivas, o suprimento intestinal também depende da contribuição da proteína dietética não degradada no rúmen (Bergen, 2021).

A proteína dietética que escapa da degradação ruminal pode contribuir para aumentar o fluxo de aminoácidos ao intestino delgado, desde que apresente adequada digestibilidade pós-ruminal e perfil de aminoácidos compatível com as exigências do animal (Oliveira et al., 2025). Assim, o equilíbrio entre as frações proteicas degradáveis e não degradáveis no rúmen torna-se importante para atender às necessidades da microbiota ruminal e, simultaneamente, favorecer o aporte de aminoácidos ao animal.

Nesse contexto, aminoácidos e peptídeos assumem papel relevante na nutrição de ruminantes, tanto por sua participação no metabolismo nitrogenado ruminal quanto pela contribuição para o suprimento de nutrientes ao animal (Martins; Hristov, 2026). Entretanto, sua disponibilidade é condicionada pelas transformações que ocorrem no rúmen e pela quantidade que alcança o intestino delgado. Estratégias como a utilização de aminoácidos protegidos da degradação ruminal podem, portanto, aumentar sua disponibilidade pós-ruminal e contribuir para adequar o suprimento de aminoácidos às exigências nutricionais dos animais (Newbold; Ramos-Morales, 2020).

OBJETIVO

Objetivou-se realizar uma revisão de literatura sobre o metabolismo e a disponibilidade de aminoácidos e peptídeos na nutrição de ruminantes, abordando as transformações dos compostos nitrogenados no rúmen, o aporte pós-ruminal de aminoácidos e as estratégias de suplementação utilizadas para aumentar sua disponibilidade ao animal.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão de literatura, de natureza básica, abordagem qualitativa e caráter descritivo, realizada por meio de pesquisa bibliográfica. Para a elaboração deste capítulo de livro, foram consultados artigos científicos relacionados ao metabolismo, à disponibilidade e à suplementação de aminoácidos e peptídeos na nutrição de ruminantes. A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados disponíveis no Portal de Periódicos CAPES e PubMed, além da utilização da plataforma Elicit como ferramenta de apoio à busca de literatura científica.

Foram empregados termos relacionados a aminoácidos, peptídeos, metabolismo proteico, degradação ruminal, proteína microbiana, proteína degradável e não degradável no rúmen, disponibilidade e absorção de aminoácidos e aminoácidos protegidos. Foram priorizados estudos publicados nos últimos dez anos, selecionados de acordo com sua pertinência ao tema e contribuição para a compreensão do metabolismo e da disponibilidade de aminoácidos e peptídeos, bem como das estratégias de suplementação utilizadas na nutrição de ruminantes.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Metabolismo ruminal de proteínas, peptídeos e aminoácidos

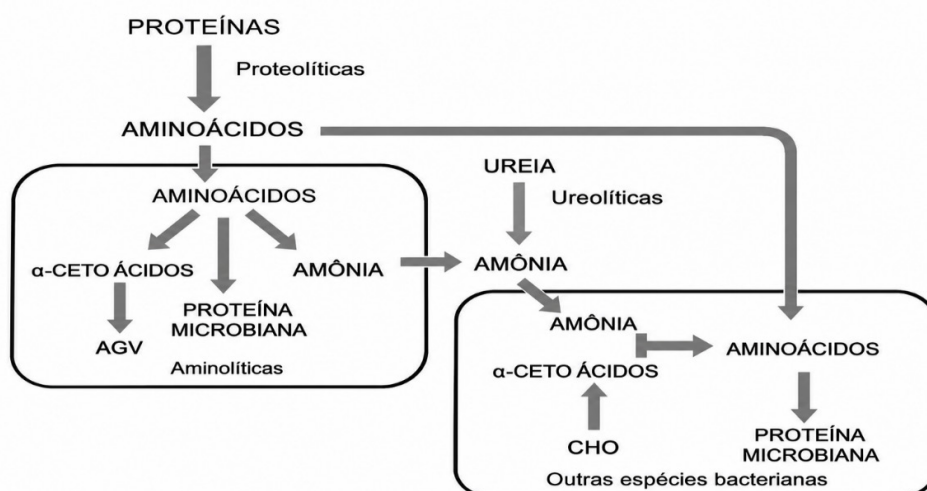
O rúmen constitui um ecossistema anaeróbico que abriga uma microbiota complexa,

composta principalmente por bactérias, além de arqueias, protozoários e fungos, sendo as bactérias o grupo mais abundante e diverso (Liu et al., 2021). Esses microrganismos desempenham papel fundamental na utilização dos componentes da dieta e, além da fermentação dos carboidratos, participam ativamente do metabolismo dos compostos nitrogenados.

O nitrogênio disponível no ambiente ruminal pode ser proveniente tanto da proteína verdadeira quanto de compostos nitrogenados não proteicos (Lima et al., 2023). Durante a degradação ruminal, as proteínas são inicialmente hidrolisadas, originando peptídeos e aminoácidos (Kozloski, 2021; Berchielli et al., 2011). Os peptídeos, aminoácidos e amônia constituem importantes fontes de nitrogênio utilizadas pelos microrganismos ruminais para seu crescimento e para a síntese de proteína microbiana (Kozloski, 2021; Lima et al., 2023). Parte dos aminoácidos pode ainda sofrer desaminação, resultando na formação de amônia e esqueletos de carbono, os quais podem ser posteriormente utilizados em diferentes vias do metabolismo microbiano (Seleem et al., 2025)

Dessa forma, os aminoácidos disponíveis no ambiente ruminal podem ser utilizados para a síntese de proteína microbiana ou metabolizados pelos microrganismos, com formação de amônia e compostos carbonados que participam da produção de AGV, conforme representado na Figura 1. A eficiência de utilização do nitrogênio pelos microrganismos ruminais está relacionada à disponibilidade de energia fermentescível no rúmen, uma vez que o crescimento microbiano depende do suprimento de fontes de energia e nitrogênio (Zhang et al., 2020). Nesse sentido, a sincronização entre a disponibilidade de carboidratos fermentescíveis e compostos nitrogenados favorece o crescimento microbiano e a síntese de proteína microbiana (Wang et al., 2020; Zhang et al., 2022).

Figura 1: Metabolismo dos compostos nitrogenados pelas bactérias ruminais



Fonte: Kozloski (2021, p. 80)

Em contrapartida, quando a disponibilidade de nitrogênio degradável excede a capacidade de utilização pelos microrganismos, especialmente em condições de

disponibilidade energética insuficiente, ocorre acúmulo de amônia no rúmen (Nichols et al., 2022). Parte dessa amônia pode ser absorvida através da parede ruminal e posteriormente convertida em ureia no fígado (Wei et al., 2021).

A degradabilidade ruminal da proteína varia entre os alimentos e influencia o aporte proteico ao intestino. No sistema de Cornell, os compostos nitrogenados são classificados em frações de acordo com sua disponibilidade e taxa de degradação ruminal (Leite et al., 2021). Assim, estratégias nutricionais devem favorecer a síntese de proteína microbiana e o adequado suprimento de proteína metabolizável, considerando a disponibilidade de energia e nitrogênio no rúmen.

Peptídeos e sua importância nutricional

Peptídeos são moléculas formadas por dois ou mais resíduos de aminoácidos unidos por ligações peptídicas (Chawathe et al., 2025). Podem ser classificados de acordo com o número de resíduos, sendo cadeias contendo aproximadamente 2 a 20 aminoácidos geralmente classificadas como oligopeptídeos, enquanto cadeias mais extensas são denominadas polipeptídeos, podendo constituir proteínas quando organizadas em estruturas funcionais específicas (Xu et al., 2024). A captação de pequenos peptídeos pode ser quantitativamente importante para o metabolismo microbiano, uma vez que esses compostos são posteriormente hidrolisados e seus aminoácidos utilizados na síntese de proteína microbiana ou desaminados (Kozloski, 2021).

Além do papel nutricional, determinados fragmentos proteicos são classificados como peptídeos bioativos por exercerem funções biológicas além do fornecimento de aminoácidos. Entre as atividades descritas estão ações antimicrobianas, antioxidantes, anti-hipertensivas e imunomoduladoras (Corrêa et al., 2023). No intestino delgado, di- e tripeptídeos podem ser transportados para o interior dos enterócitos e posteriormente hidrolisados em aminoácidos livres (Lu et al., 2023). Entretanto, a quantidade de peptídeos dietéticos que alcança intacta a circulação é limitada devido à elevada atividade de peptidases intestinais (Xu et al., 2024).

Aminoácidos: disponibilidade, exigências e limitações

A necessidade nutricional dos ruminantes está relacionada ao fornecimento de aminoácidos e não apenas à quantidade total de proteína da dieta (Gargallo et al., 2022). O suprimento de aminoácidos ao intestino resulta principalmente da proteína microbiana, da proteína dietética não degradada no rúmen e da proteína endógena (Zhao et al., 2026). A eficiência de utilização da proteína metabolizável depende da correspondência entre o perfil de aminoácidos disponíveis e as exigências do animal.

Os aminoácidos podem ser classificados em essenciais e não essenciais de acordo com a capacidade do organismo de sintetizá-los em quantidade suficiente para atender às suas necessidades. Entre os aminoácidos essenciais estão histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina, enquanto a arginina pode ser considerada condicionalmente essencial, especialmente em situações de elevada demanda

metabólica (NASEM, 2021). Entre eles, lisina e metionina recebem especial atenção na nutrição de ruminantes por figurarem frequentemente entre os aminoácidos limitantes para a síntese proteica, sobretudo em animais de elevada produção (Seleem et al., 2026).

A suplementação direta com aminoácidos livres apresenta limitações, uma vez que esses compostos são susceptíveis à utilização e à degradação pela microbiota ruminal, reduzindo sua disponibilidade para absorção no intestino delgado (NASEM, 2021; Mazinani et al., 2022). Chalupa (1976) demonstrou que a velocidade de degradação ruminal varia entre os aminoácidos, sendo arginina e treonina rapidamente degradadas; lisina, fenilalanina, leucina e isoleucina degradadas em taxas intermediárias; e valina e metionina em taxas mais lentas. Essa susceptibilidade à degradação justifica o uso de estratégias de proteção ruminal destinadas a aumentar o fluxo pós-ruminal e a disponibilidade intestinal de aminoácidos (Mazinani et al., 2022).

Absorção intestinal e destino metabólico

Os aminoácidos disponíveis para absorção no intestino delgado têm três origens principais: proteína microbiana, proteína dietética que escapa da degradação ruminal e secreções endógenas (Marques, 2023). A digestão pós-ruminal das proteínas envolve a ação de proteases pancreáticas e peptidases intestinais, resultando na formação de aminoácidos e pequenos peptídeos que podem ser absorvidos no intestino delgado (Harmon et al., 2020). A absorção dos aminoácidos ocorre por meio de transportadores específicos, enquanto di- e tripeptídeos podem ser transportados para os enterócitos principalmente pelo transportador PEPT1 e posteriormente hidrolisados por peptidases intracelulares (Zhang et al., 2024).

Após a absorção, os aminoácidos são direcionados principalmente para síntese de proteínas corporais e de produtos, além de participarem de outras vias metabólicas. Em deficiência energética, podem ser desaminados e seus esqueletos carbônicos utilizados para produção de energia (Lapierre et al., 2023). Dessa forma, o fornecimento proteico deve buscar não apenas elevar a quantidade de proteína que chega ao intestino, mas adequar o perfil de aminoácidos às necessidades de manutenção e produção, evitando perdas de nitrogênio e gastos metabólicos associados ao excesso de proteína.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da literatura revisada, observou-se que o metabolismo de proteínas, peptídeos e aminoácidos em ruminantes é resultado da interação entre a atividade microbiana ruminal e os processos de digestão e absorção pós-ruminal. A eficiência da utilização do nitrogênio está diretamente relacionada ao equilíbrio entre a disponibilidade de compostos nitrogenados e energia fermentescível, determinando a síntese de proteína microbiana e o aporte de aminoácidos ao animal. Nesse contexto, o adequado fornecimento de proteína metabolizável e de aminoácidos, especialmente aqueles potencialmente limitantes, constitui aspecto importante para atender às exigências nutricionais e favorecer o aproveitamento

eficiente do nitrogênio pelos ruminantes.

REFERÊNCIAS

- BERGEN, Werner G. Amino acids in beef cattle nutrition and production. In: Amino acids in nutrition and health: amino acids in the nutrition of companion, zoo and farm animals. Cham: **Springer International Publishing**, 2021. p. 29-42. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54462-1_3
- CHALUPA, William. Degradation of amino acids by the mixed rumen microbial population. **Journal of animal science**, v. 43, n. 4, p. 828-834, 1976. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1976.434828x>
- CHAWATHE, Ashwini et al. Analytical and drug delivery strategies for short peptides: From manufacturing to market. **Analytical Biochemistry**, v. 696, p. 115699, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ab.2024.115699>
- CORREIA, Jessica Audrey Feijó et al. Bioactive antimicrobial peptides from food proteins: perspectives and challenges for controlling foodborne pathogens. **Pathogens**, v. 12, n. 3, p. 477, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens12030477>
- GARGALLO, Silvia; FERRET, Alfred; CALSAMIGLIA, Sergio. Ruminal microbial degradation of individual amino acids from heat-treated soyabean meal and corn gluten meal in continuous culture. **Animals**, v. 12, n. 6, p. 688, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12060688>
- GRESNER, Nina; RODEHUTSCORD, Markus; SÜDEKUM, Karl-Heinz. Amino acid pattern of rumen microorganisms in cattle fed mixed diets—An update. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 106, n. 4, p. 752-771, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.13676>
- HARMON, D. L.; SWANSON, K. C. Nutritional regulation of intestinal starch and protein assimilation in ruminants. **Animal**, v. 14, n. S1, p. s17-s28, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731119003136>
- HRISTOV, A. N. et al. Invited review: Perspectives on nitrogen in dairy cattle nutrition. **Journal of dairy science**, v. 109, n. 3, p. 2074-2107, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2025-27276>
- HUANG, X. et al. A method of assessing essential amino acid availability from microbial and ruminally undegraded protein in lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 104, n. 2, p. 1777-1793, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18248>
- KOZLOSKI, Gilberto Vilmar. *Bioquímica dos ruminantes*. 3. ed. rev. e ampl. Santa Maria: Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência – Editora UFSM, 2021.
- LAPIERRE, H. et al. How the efficiency of utilization of essential amino acids can be applied in dairy cow nutrition. **Animal**, v. 17, p. 100833, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100833>
- LEITE, Rhaony Gonçalves et al. Effects of nitrogen fertilization on protein and carbohydrate fractions of Marandu palisadegrass. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 14786, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94098-4>
- LIMA, Joana et al. Estimating microbial protein synthesis in the rumen—Can ‘omics’ methods

provide new insights into a long-standing question?. **Veterinary Sciences**, v. 10, n. 12, p. 679, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/vetsci10120679>

LIU, Kaizhen et al. Ruminal microbiota–host interaction and its effect on nutrient metabolism. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 49-55, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.12.001>

LU, Xianmin et al. Ion channels and transporters regulate nutrient absorption in health and disease. **Journal of Cellular and Molecular Medicine**, v. 27, n. 18, p. 2631-2642, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcmm.17853>

MARQUES, ORLANDO FILIPE COSTA. Metabolismo proteico de diferentes alimentos na dieta de ruminantes. 2023. DOI:

MARTINS, Leoni F.; HRISTOV, Alexander N. Amino acid nutrition of dairy cows: invited review. **Animal Bioscience**, v. 39, n. 8, p. 260271, 2026. DOI: <https://doi.org/10.5713/ab.260271>

MITCHELL, K. E. et al. Assessing milk response to different combinations of branched-chain volatile fatty acids and valerate in Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, v. 106, n. 6, p. 4018-4029, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22545>

NASEM - NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 8. ed. rev. Washington, DC: The National Academies Press, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17226/25806>

NEWBOLD, C. J.; RAMOS-MORALES, E. Review: Ruminal microbiome and microbial metabolome: Effects of diet and ruminant host. *Animal* 14, s78–s86. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1751731119003252>

NICHOLS, K. et al. Unlocking the limitations of urea supply in ruminant diets by considering the natural mechanism of endogenous urea secretion. **Animal**, v. 16, p. 100537, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100537>

OLIVEIRA, M.; COSTA, C.; FERNANDES, T. Graduate Student Literature Review: Concepts and challenges of amino acid supply and nitrogen metabolism in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 7, p. 6906-6916, 2025.

Park, K., Clark, K. L., Firkins, J. L., Kleinschmit, D. H., Socha, M. T., & Lee, C. (2025). Effects of isobutyrate and 2-methylbutyrate at different levels of rumen degraded protein on ruminal nutrient digestibility, microbial protein synthesis, and milk production in lactating cows. *Journal of Dairy Science*. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26507>

SELEEM, Mohammed S. et al. Overview of Encapsulated Lysine and Methionine and Their Impacts on Transition Cow Performance and Health. **Animal Research and One Health**, v. 4, n. 2, p. 145-166, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1002/aro2.70027>

TAN, Peng et al. Amino acids metabolism by rumen microorganisms: Nutrition and ecology strategies to reduce nitrogen emissions from the inside to the outside. **Science of the Total Environment**, v. 800, p. 149596, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149596>

WEI, Zihai et al. The effects of non-fiber carbohydrate content and forage type on rumen microbiome of dairy cows. **Animals**, v. 11, n. 12, p. 3519, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/>

[ani11123519](#)

XU, Chengzhi et al. Absorption of food-derived peptides: Mechanisms, influencing factors, and enhancement strategies. **Food Research International**, v. 197, p. 115190, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115190>

Zhang, J., Zheng, N., Shen, W., Zhao, S., & Wang, J. (2020). Synchrony degree of dietary energy and nitrogen release influences microbial community, fermentation, and protein synthesis in a rumen simulation system. *Microorganisms*, 8(2), 231. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020231>

ZHANG, Zhenbin et al. Dietary crude protein and protein solubility manipulation enhances intestinal nitrogen absorption and mitigates reactive nitrogen emissions through gut microbiota and metabolome reprogramming in sheep. **Animal Nutrition**, v. 18, p. 57-71, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2024.04.003>

Zhao, Y., Tan, Z., He, Z., Wu, J., & Jiao, J. (2026). Gastrointestinal microbial nitrogen metabolic landscape underlies nitrogen utilization efficiency of goats fed distinct dietary protein sources. *Microbiome*. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40168-026-02398-6>

ZHAO, Yechan et al. Gastrointestinal microbial nitrogen metabolic landscape underlies nitrogen utilization efficiency of goats fed distinct dietary protein sources. **Microbiome**, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40168-026-02398-6>