

Proteases na alimentação de frangos de corte

Carlos Felipe Duque-Ramírez¹, Lina María Peñuela-Sierra², Mayra Díaz-Vargas^{1*}

¹Professor, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Bogotá, Colombia.

²Professor, Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Semillero de investigación SINA. Ibagué, Colombia.

*Autor para correspondência, E-mail: maydiaz@udca.edu.co

Resumo. A inclusão de aditivos na alimentação de frangos de corte tem sido uma estratégia para reduzir os custos de produção, sendo o ponto central das pesquisas na avicultura, uma vez que a alimentação equivale a 70% do custo total de produção. O objetivo desta revisão é apresentar uma atualização sobre os benefícios do uso de proteases adicionadas à dieta de frangos de corte e como elas são oportunidades para melhorar variáveis produtivas como desempenho das aves, digestibilidade de nutrientes da ração e parâmetros hismorfométricos intestinais. Além disso, foi destacado que sua inclusão pode aumentar a energia metabolizável aparente e diminuição da proteína que chega ao cólon, que podem gerar síndromes inflamatórias intestinais e levar à diarreia, além de servir de substrato para o crescimento de bactérias patogênicas. Alguns estudos de viabilidade econômica mostraram que, quando manejadas dietas hipoproteicas com adição de protease, se pode ter melhor rentabilidade do que dietas comerciais totalmente balanceadas. Por isso, novas pesquisas devem ser realizadas.

Palavras chave: Enzimas, custo-benefício, produção, redução de custos, saúde intestinal

Proteases in the diet of broilers

Abstract. The inclusion of additives in broiler feed has been a strategy to reduce production costs and the central point of research in poultry farming since this is equivalent to 70% of the total cost of production. The objective of this review is to present an update on the benefits of the use of added proteases in the broiler diet and how they are an opportunity to improve productive variables such as bird performance, nutrient digestibility of feed, improve intestinal hismorphometric parameters. In addition, it has also been observed that its inclusion can increase the apparent metabolizable energy and decreased in the protein that reaches the colon, which could generate intestinal inflammatory syndromes and lead to diarrhea as well as serve as a substrate for the growth of pathogenic bacteria. Some economic feasibility studies have shown that when low-protein diets are managed with the addition of protease, they can produce better profitability than fully balanced commercial diets, so new research on these should be carried out.

Keywords: Price reduction, enzymes, production, profitability, intestinal health

Proteasas en la dieta de pollos de engorde

Resumen. La inclusión de aditivos en la alimentación pollos de engorde ha sido una estrategia para disminuir los costos de producción y el punto central de investigación en avicultura, visto que la alimentación equivale a un 70% del total del costo de producción. El objetivo de esta revisión es presentar una actualización en los beneficios del uso de las proteasas adicionadas

en la dieta de pollo de engorde y como son una oportunidad para mejorar variables productivas como el desempeño de las aves, la digestibilidad de nutrientes de la dieta y mejorar parámetros histomorfométricos intestinales. Además, se ha observado que su inclusión puede aumentar la energía metabolizable aparente y disminuir la proteína que llega al colon, la cual podría generar síndromes inflamatorios intestinales y conllevar a diarreas como también servir de sustrato para el crecimiento de bacterias patógenas. Algunos estudios de viabilidad económica han demostrado que cuando se manejan dietas bajas en proteína adicionando proteasa pueden producir mejor rentabilidad que las dietas comerciales completamente balanceadas por lo que deben ser planteadas nuevas investigaciones.

Palabras clave: Reducción de costos, enzimas, producción, rentabilidad, salud intestinal

Introdução

O aumento da taxa de crescimento e a diminuição da conversão em frangos de corte, deve-se a uma maior eficiência no uso dos nutrientes fornecidos na dieta, devido à seleção genética das linhagens comerciais, que estão atualmente no mercado, que diminui o tempo de produção dos animais sem afetar o rendimento de carcaça e reduz a excreção de nitrogênio. Por esse motivo, a proteína bruta tem sido objeto de vários estudos, buscando minimizar sua inclusão na alimentação de aves, devido ao seu alto impacto econômico ([Borda-Molina et al., 2019](#)). É importante destacar a digestibilidade da proteína bruta e aminoácidos em frangos de corte, pois sabe-se que grande parte das proteínas fornecidas na ração passam pelo sistema digestório sem ser totalmente aproveitadas e são excretadas nas fezes ([Lemme et al., 2004](#)). A digestibilidade da proteína em frangos de corte é aproximadamente entre 80 e 85%, inferior ao do amido que é de 90%. A proteína não digerida no intestino é transformada pela flora intestinal em compostos nocivos, como o amônio, ou no solo em nitrito e óxido nítrico ([Bertechini, 2012](#); [Sakomura & Rostagno, 2007](#)). Existem várias estratégias para melhorar a digestibilidade das fontes proteicas na alimentação de frangos de corte como, por exemplo, a fermentação de matérias-primas que contenham fatores anti-nutricionais ([Seong et al., 2018](#)). Ainda, outra alternativa é suplementar com aminoácidos sintéticos e, assim, equilibrar a dieta ou incluir enzimas para aumentar a proteína disponível e promover a digestibilidade em condições de baixa ou alta disponibilidade de proteína ([Shi et al., 2016](#)).

Fatores anti-nutricionais em matérias primas utilizadas na alimentação animal

O farelo de soja e o milho são as principais fontes utilizadas no preparo de dietas para monogástricos, devido ao seu teor ideal de proteína e energia ([Rostagno et al., 2017](#)). A soja é a fonte de proteína mais importante na dieta de frangos em quase todos os países do mundo ([Wedekind et al., 2020](#)). No entanto, a soja possui fatores anti-nutricionais (FNA) que limita a quantidade que pode ser utilizada na formulação de dietas de não ruminantes. Alguns desses fatores anti-nutricionais são os inibidores de tripsina, lectinas, oligossacarídeos e proteínas antigênicas ([Benevides et al., 2011](#)).

Digestão de proteínas

A digestão das proteínas inicia-se no proventrículo, pois nas aves não se considera que, na boca, esôfago ou ingluvio, ocorra digestão enzimática ou mecânica do alimento. Isso é chamado de fase gástrica ou inicial que começa com a secreção de ácido clorídrico e pepsina. Durante esta fase, o pH do estômago diminui para 2,6 e a pepsina atua nas ligações proteicas, quebrando as ligações químicas de grandes moléculas, convertendo-as em peptídeos, principalmente colágeno dietético ([Bedford, 2000](#); [Macari et al., 2002](#)). Além disso, pela motilidade do proventrículo e da moela, o alimento é triturado e digerido e a proteína parcialmente digerida é transportada para o duodeno ([Bedford, 2000](#); [Macari et al., 2002](#)). Posteriormente, a fase intestinal começa no duodeno com a secreção de proteases neutras do pâncreas, como tripsina, quimotripsina, elastase, carboxipeptidases, que participam do processo de digestão de proteínas ([Bedford & Cowieson, 2012](#)). As proteases produzidas no intestino delgado são divididas em três grupos: endopeptidases, exopeptidases que são produzidas pelo pâncreas e aminopolipeptidases que são secretadas

pelas células epiteliais da mucosa intestinal ([Pelucio & Batista, 2008](#)). Endopeptidases e exopeptidases no lúmen intestinal hidrolisam a maior parte do bolo alimentar, mas com base nos níveis de inclusão proteica na dieta, há evidências de que alguns peptídeos são resistentes à hidrólise luminal. Para que a digestão dos peptídeos no duodeno seja complementada pelas as aminopolipeptidases e as dipeptidases produzidas no intestino delgado, as mesmas degradam as proteínas em tripeptídeos, dipeptídeos e aminoácidos ([Pelucio & Batista, 2008](#)). É importante ressaltar que a produção de pepsina gástrica e suco gástrico são insuficientes para a degradação das proteínas durante a primeira semana de vida das aves ([El-Haroun et al., 2006](#); [Shi et al., 2016](#)).

Enzimas

As enzimas são proteínas especializadas (com exceção de um pequeno grupo de moléculas de RNA com atividade catalítica) que promovem reações catalíticas em sistemas biológicos e aumentam a digestibilidade dos alimentos ([Lehninger, 2006](#)). Por exemplo, uma dieta com milho e farelo de soja não pode ser 100% digerida. Para cada 100 gramas consumidas, 14,9 gramas são perdidas como fração não digerida, com uma perda de energia bruta de 111,3 kcal/kg ([Cowieson & Roos, 2014](#)). Por isso, a utilização de enzimas exógenas torna-se interessante na alimentação de aves ([Bedford & Cowieson, 2012](#); [Cardoso et al., 2010](#); [Lima et al., 2008](#)).

Uso de enzimas na nutrição animal

Em frangos de corte, a digestibilidade das proteínas contidas nas matérias primas como milho e soja é superior à digestibilidade da proteína contida em alimentos de origem animal. Essa baixa digestibilidade dos produtos de origem animal pode ser devido ao processo térmico que essas matérias primas sofrem durante o preparo ou devido às características do produto animal ([Coca-Sinova et al., 2008](#)). Como exemplo, a digestão de amido, aminoácidos, ácidos graxos e minerais em uma ração para aves é parcialmente eficiente no intestino delgado; porém, o processo raramente resulta em 100% de digestão, pois os valores reais de digestão estão entre 80 e 95 % ([Adeola & Cowieson, 2011](#)). Esta é uma excelente oportunidade para incluir enzimas na dieta, conforme indicado por [Coca-Sinova et al. \(2008\)](#) que utilizaram uma mistura enzimática de xilanase e fitase, observando que as digestibilidades ileal dos nutrientes, como amido, proteína (aminoácidos), fósforo e energia, atingiram 90% a 95% da digestibilidade total. O uso de proteases tem grande potencial, pois pode reduzir fatores anti-nutricionais, inibidores de proteases e hidrolisar grandes peptídeos ([Seong et al., 2018](#)).

Atualmente, vem se falando muito dos possíveis mecanismos pelos quais as enzimas podem ser uma alternativa para remover antibióticos promotores de crescimento nas dietas de animais monogástricos. Assim, reduzir o risco associado ao seu uso em dietas de frangos de corte. Alguns dos mecanismos citados são as mudanças nos sítios de degradação proteica, que seria o segmento anterior do intestino (duodeno, jejuno e íleo), o que reduz o excesso de substrato fermentável pela microbiota dos segmentos subsequentes. Este processo produz oligossacarídeos fermentáveis a partir do material fibroso vegetal inerte. Isso beneficia o pH intestinal e a proliferação de microrganismos benéficos ao desenvolvimento adequado de enterócitos ([Bedford, 2000](#)). As enzimas melhoram a integridade e consistência do muco intestinal, retardam o esvaziamento gástrico, reduzem a resposta inflamatória e produzem bons efeitos na resposta imune ([Bedford & Cowieson, 2012](#)). Alguns autores relatam que o uso de protease exógena tem efeitos benéficos associados à redução da proteína não digerida que passaria para o intestino delgado e que causaria processos inflamatórios intestinais devido aos fatores anti-nutricionais encontrados na matéria-prima ([Cowieson & Roos, 2016](#)). Indicando que com a inclusão de protease exógena, o excesso de substrato no intestino pode ser estabilizado e assim regular os microrganismos patogênicos e beneficiar o crescimento de microrganismos bons, que inibem a proliferação e entrada de patógenos ([Cowieson & Klueenter, 2018](#)).

As proteases exógenas também mostraram efeitos importantes na digestibilidade ileal de aminoácidos, onde foram relacionadas à composição de aminoácidos do muco e às quantidades de treonina disponíveis no corpo ([Cowieson & Roos, 2014](#)). Além desses efeitos benéficos, as enzimas podem ter efeitos

antimicrobianos hidrolisando as paredes bacterianas ou reduzindo a integridade do glicocálice. O melhor exemplo de enzimas antimicrobianas é a lisozima produzida pelas células de Paneth. Lisozima uma enzima que pode facilmente hidrolisar os peptidoglicanos bacterianos e, desta forma, causar a morte celular de patógenos externos ([Cowieson & Kluentner, 2018](#)).

Efeito da inclusão de proteases

A inclusão de proteases facilitou a rápida degradação dos fatores anti-nutricionais presentes nos alimentos, melhorando a digestibilidade das proteínas, resultando em maior disponibilidade de aminoácidos, que se refletiriam em uma carcaça mais magra ([Kamel et al., 2015](#)). Além disso, melhora os parâmetros zootécnicos como ganho de peso, consumo de ração, conversão e eficiência alimentar de animais que receberam dietas que apresentavam deficiência de proteína bruta e tinham inclusão de protease, além de aumento da digestibilidade dos nutrientes ([Kamel et al., 2015](#)). Isso indica que o uso de proteases exógenas permite a formulação de dietas para aves com menores concentrações de proteínas e aminoácidos que, por sua vez, terão um efeito benéfico, pois, diminuem a quantidade de matéria fecal produzida e diminuem a excreção de proteína não digerida na forma de compostos nitrogenados, que favorecem um bom microambiente intestinal ([Cowieson & Roos, 2016](#)) e melhoram os parâmetros produtivos das aves, tornando-as mais sustentáveis ([Leinonen & Williams, 2015](#)). Isso se deve ao fato de que as proteases hidrolisam uma variedade de peptídeos do farelo de soja, o que produz uma melhor tolerância à proteína bruta da dieta e, assim, o uso destas reduz o fluxo de proteína endógena parcialmente digerida para o intestino grosso, melhorando a resistência do trato gastrointestinal, devido ao aumento do colágeno depositado na parede intestinal ([Cowieson & Roos, 2016](#)).

A adição de proteases à dieta de frangos de corte tem demonstrado um aumento significativo na digestibilidade dos aminoácidos ileais, bem como uma diminuição na quantidade de proteína bruta ou aminoácidos que devem ser incluídos na dieta ([Cowieson et al., 2017](#); [Cowieson & Roos, 2014](#); [Stefanello et al., 2016](#)). Outros autores relatam que nos estudos realizados para avaliar a adição de proteases à dieta, não foram observadas alterações na digestibilidade da proteína bruta ou aminoácidos ileais ([Borda-Molina et al., 2019](#); [Erdaw et al., 2017](#); [Kaczmarek et al., 2014](#); [Rada et al., 2014](#)); enquanto outros pesquisadores, ao contrário, observaram uma diminuição na digestibilidade da proteína bruta e aminoácidos. Essas inconsistências nos resultados podem ser devido à presença de outras enzimas na dieta, principalmente, quando são utilizados ingredientes de origem animal pouco digestíveis ou se tem uma diminuição na produção de enzimas endógenas ([Borda-Molina et al., 2019](#); [Walk et al., 2018](#)).

Em publicações recentes, foram reportados efeitos benéficos da inclusão de proteases exógenas em dietas de frangos de corte, como efeito na expressão de proteínas de uniões estreitas, melhorando assim a resposta imune e os parâmetros de histomorfometria intestinal. Isso se deve ao aumento da solubilidade das proteínas, o que favorece a digestão, absorção e utilização dos aminoácidos ([Cowieson & Kluentner, 2018](#)). Outros efeitos benéficos da inclusão de proteases na alimentação de frangos de corte é que elas regulam a produção adequada de mucina ([Cowieson et al., 2017](#)), o que diminui a aderência de patógenos como coccídios aos enterócitos intestinais. Alguns autores relataram que há aumento da digestibilidade da energia em aves ([Fru-Nji et al., 2011](#)), indicando um aumento na digestibilidade pré-cecal de amido e gordura ([Kalmendal & Tauson, 2012](#)), o que também tem sido reportado em diferentes estudos onde se utilizaram peptidases e se observaram maiores valores de energia metabolizável aparente ([Cowieson & Roos, 2016](#); [Fru-Nji et al., 2011](#); [Kalmendal & Tauson, 2012](#)).

Um parâmetro que vem sendo estudado nos últimos anos é o tamanho das vilosidades e a superfície de absorção intestinal, isso devido a sua estreita relação com o bom desempenho dos animais, já que é reduzido em frangos que são submetidos a condições de estresse térmico ([Marchini et al., 2016](#)), por isso, o uso de proteases em ambientes quentes é uma excelente estratégia a ser implementada, pois promovem um tamanho adequado das vilosidades, garantindo uma boa superfície de absorção e favorecendo a saúde intestinal ([Cowieson et al., 2017](#)). A adição de proteases às dietas de frangos de corte aumenta a altura das vilosidades intestinais, a profundidade das criptas e a relação vilosidade/cripta ([Xu et al., 2016](#)). Além disso, o uso de

proteases diminui a proteína disponível no trato gastrointestinal, reduzindo o substrato necessário para o crescimento das bactérias patógenas como *Clostridium perfringens*, que afeta negativamente o desempenho em animais de produção (Kamel et al., 2015).

Efeito econômico da adição de enzimas a dietas de frangos de corte

As enzimas exógenas são micro ingredientes que podem melhorar o desempenho e a lucratividade na indústria de produção animal e são relevantes, pois podem reduzir o custo final da ração de 5 a 15 USD; a adição de uma mistura de fitases, carboidrases e proteases, pode produzir efeitos econômicos benéficos por melhorar a uniformidade no desempenho das aves, apresentar maior digestibilidade dos nutrientes da dieta, além de boa saúde intestinal e maior conversão alimentar (Cowieson & Klunter, 2018).

Referências bibliográficas

- Adeola, O., & Cowieson, A. J. (2011). Board-invited review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. *Journal of Animal Science*, 89(10), 3189–3218. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6869>.
- Bedford, M. R. (2000). Exogenous enzymes in monogastric nutrition—their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*, 86(1), 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00155-3](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00155-3).
- Bedford, M. R., & Cowieson, A. J. (2012). Exogenous enzymes and their effects on intestinal microbiology. *Animal Feed Science and Technology*, 173(1–2), 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.018>.
- Benevides, C. M. J., Souza, M. V., Souza, R. D. B., & Lopes, M. V. (2011). Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. *Segurança Alimentar e Nutricional*, 18(2), 67–79.
- Bertechini, A. G. (2012). *Nutrição de monogástricos* (1st ed., Vol. 1). Universidade Federal de Lavras.
- Borda-Molina, D., Zuber, T., Siegert, W., Camarinha-Silva, A. D., Feuerstein, D., & Rodehutsord, M. (2019). Efeitos de suplementos de protease e fitase na microbiota do intestino delgado e na digestibilidade de aminoácidos em frangos de corte. *Ciência Avícola*, 1, 1–13. <https://doi.org/10.3382/ps/pez038>.
- Cardoso, D. M., Lara, L. J. C., Miranda, D. J. A., Pompeu, M. A., Machado, A. L. C., & Matias, C. F. Q. (2010). Uso de enzimas exógenas na avicultura: uma visão crítica. *Boletim de Indústria Animal*, 67(2), 191–198.
- Coca-Sinova, A., Valencia, D. G., Jiménez-Moreno, E., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2008). Apparent ileal digestibility of energy, nitrogen, and amino acids of soybean meals of different origin in broilers. *Poultry Science*, 87(12), 2613–2623. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00182>.
- Cowieson, A. J., & Klunter, A. M. (2018). Contribution of exogenous enzymes to potentiate the removal of antibiotic growth promoters in poultry production. *Animal Feed Science and Technology*, 250, 91–92. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.04.026>.
- Cowieson, A. J., & Roos, F. F. (2014). Bioefficacy of a mono-component protease in the diets of pigs and poultry: a meta-analysis of effect on ileal amino acid digestibility. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 2, 1–8. <https://doi.org/10.1017/jan.2014.5>.
- Cowieson, A. J., & Roos, F. F. (2016). Toward optimal value creation through the application of exogenous mono-component protease in the diets of non-ruminants. *Feed Sci. Ence And Technology*, 221, 331–340. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.04.015>.
- Cowieson, A. J., Zaefarian, F., Knap, V., & Ravindran, V. (2017). Interactive effects of dietary protein concentration, a mono-component exogenous protease and ascorbic acid on broiler performance, nutritional status and gut health. *Animal Production Science*, 57, 1058–1068. <https://doi.org/1058-1068.10.1071/AN15740>.

- El-Haroun, E. R., Goda, A. M. A., & Chowdhury, M. A. K. (2006). Effect of dietary probiotic Biogen® supplementation as a growth promoter on growth performance and feed utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture Research*, 37(14), 1473–1480. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01584.x>.
- Erdaw, M. M., Wu, S., & Iji, P. A. (2017). Growth and physiological responses of broiler chickens to diets containing raw, full-fat soybean and supplemented with a high-impact microbial protease. *Asian-Australas Journal of Animal Science*, 30, 1303–1313. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0714>.
- Fru-Nji, F., Klunter, A. M., Fischer, M., & Pontoppidan, K. (2011). A serina protease da ração melhora o desempenho dos frangos de corte e aumenta a digestibilidade da proteína e da energia. *Jornal Das Aves e Ciência*, 48, 239–246. <https://doi.org/0.2141/jpsa.011035>.
- Kaczmarek, S. A., Rogiewicz, A., Mogielnicka, M., Rutkowski, A., Jones, R. O., & Slominski, B. A. (2014). The effect of protease, amylase, and nonstarch polysaccharide-degrading enzyme supplementation on nutrient utilization and growth performance of broiler chickens fed corn-soybean meal-based diets. *Poultry Science*, 93(7), 1745–1753. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03739>.
- Kalmendal, R., & Tauson, R. (2012). Efeitos de uma xilanase e protease, individualmente ou em combinação, e um coccidiostático ionóforo no desempenho, utilização de nutrientes e morfologia intestinal em frangos de corte alimentados com uma dieta à base de trigo e farelo de soja. *Poultry Science*, 91(6), 1387–1393. <https://doi.org/0.3382/ps.2011-02064>.
- Kamel, N. F., Raga, N. M., El-Banna, R. A., & Mohamed, F. F. (2015). Efeitos de uma protease monocomponente sobre parâmetros de desempenho e digestibilidade proteica em frangos de corte. *Anais de Agricultura e Ciências Agrárias*, 6, 216–225. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.062>.
- Lehninger, N. D. L. (2006). *Princípios de bioquímica*. São Paulo.
- Leinonen, I., & Williams, A. G. (2015). Efeitos da protease da dieta nas emissões de nitrogênio da produção de frangos de corte: uma comparação holística usando a avaliação do ciclo de vida. *Journal of Science and Food Agriculture*, 95, 3041–3046. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7202>.
- Lemme, A., Ravindran, V., & Bryden, W. L. (2004). Digestibilidade ileal de aminoácidos em ingredientes de rações para frangos de corte. *Ave Do Mundo*, 60, 423–437. <https://doi.org/10.1079/WPS200426>.
- Lima, M. R., Silva, J. H. V., Araujo, J. A., Lima, C. B., & Oliveira, E. R. A. (2008). Enzimas exógenas na alimentação de aves. *Acta Veterinaria Brasilica*, 1(4), 99–110.
- Macari, M., Furlan, R. L., & Gonzales, E. (2002). *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Funep.
- Marchini, C. F. P., Café, M. B., Araújo, E. G., & Nascimento, M. R. B. M. (2016). Fisiologia, dinâmica celular de s, mucosa intestinal e desempenho de frangos de corte sob estresse térmico: uma revisão. *Revista Colombiana de Ciências Pecuárias*, 29, 15968. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v29n3a01>.
- Pelucio, M. C. G., & Batista, E. S. (2008). *Nutrição básica e metabolismo*. Editora UFV.
- Rada, V., Lichovniková, M., & Foltyn, M. (2014). O efeito da serina protease no crescimento de frangos de corte e qualidade da carcaça. *Acta Fitotehcnia and Zootechnia*, 17(3), 87–89. <https://doi.org/10.15414/afz.2014.17.03.87-89>.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F., Lopes, D. C., Ferreira, A. S., Barreto, S. L. T., & Euclides, R. F. (2017). Composição de alimentos e exigências nutricionais. In *Tabelas brasileiras para aves e suínos* (3rd ed., Vol. 1, Issue 1). Universidade Federal de Viçosa.
- Sakomura, N. K., & Rostagno, H. S. (2007). *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. FUNEP.
- Seong, M., Seunghyung, L., Song, Y., Bae, J., Chang, K., & Bai, S. C. (2018). Os efeitos de diferentes níveis de concentrado de proteína à base de plantas fermentado na dieta no crescimento, hematologia e respostas imunes não específicas em linguado de azeitona juvenil, *Paralichthys olivaceus*. *Aquicultura*, 483, 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.aquicultura.2017.10.023>.
- Shi, Z., Li, X. Q., Chowdhury, M. A. K., Chen, J. N., & Leng, X. J. (2016). Efeitos da suplementação de protease em dietas peletizadas e extrusadas com baixo teor de farinha de peixe no crescimento, retenção

- de nutrientes e digestibilidade da carpa gibel, *Carassius auratus gibelio*. *Aquicultura*, 460, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.aquicultura.2016.03.049>.
- Stefanello, C. S. L., Vieira, H. V., Rios, C. T., & Simões, J. O. B. (2016). Utilização de energia e nutrientes de frangos de corte alimentados com farelo de soja de duas diferentes áreas de produção brasileiras com uma protease exógena. *Animal Feed Science and Technology*, 221(257–273). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.06.005>.
- Walk, C. L., Pirgozliev, V., Juntunen, K., Paloheimo, M., & Ledoux, D. R. (2018). Evaluation of novel protease enzymes on growth performance and apparent ileal digestibility of amino acids in poultry: Enzyme screening. *Poultry Science*, 97(6), 2123–2138. <https://doi.org/10.3382/ps/pey080>.
- Wedekind, K., Chen, J., Yan, F., Escobar, J., & Vazquez-Anon, M. (2020). Efficacy of a mono-component protease is affected by trypsin inhibitor concentration in soybean meal. *Ciência e Tecnologia de Alimentação Animal*, 265, 114502. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114502>.
- Xu, X., H.L., W., & Pan, L. (2016). Effects of coated proteases on the performance, nutrient retention, gut morphology and carcass traits of broilers fed corn or sorghum based diets supplemented with soybean meal. *Animal Feed Science and Technology*, 223, 119127. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.10.015>.

Histórico do artigo:**Recebido:** 15 de agosto de 2022**Aprovado:** 2 de setembro de 2022**Disponível online:** 4 de setembro de 2022.**Licenciamento:** Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.