



PROTEASES MICROBIANAS NA VALORIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS ANIMAIS: PRODUÇÃO DE HIDROLISADOS PROTEICOS ANTIOXIDANTES

Bruna Willig Kopplin

Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) e bolsista da CAPES

Juliano Backes Scherer

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) e bolsista da CAPES

Daniel Joner Daroit

Professor Associado da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

daniel.daroit@uffs.edu.br

1. Introdução

No Brasil, um país com vasta produção agroindustrial, o manejo de efluentes, resíduos e subprodutos representa um desafio ambiental significativo. No setor da produção de carne, o abate de bovinos, suínos e aves, bem como o processamento de peixes, gera uma quantidade considerável de subprodutos. Esses materiais, que incluem sangue, ossos, penas, vísceras, peles, gorduras e aparas de carne, podem representar aproximadamente 35-50% do peso vivo do animal, chegando a quase 60% no caso de peixes após a filetagem (Martínez-Alvarez *et al.*, 2015).

Há crescente demanda por soluções sustentáveis e economicamente viáveis na indústria. Neste sentido destacam-se as abordagens biotecnológicas, que usam microrganismos e/ou suas enzimas. A bioconversão de biomassas residuais em produtos de valor agregado emerge como uma estratégia relevante, alinhada aos princípios da economia circular (Gimenes *et al.*, 2021).

As enzimas proteolíticas de origem microbiana representam a maior parcela do mercado global de enzimas, sendo essenciais em diversos setores como alimentos, detergentes e couros. A utilização de proteases na hidrólise de subprodutos de origem animal é uma estratégia para o manejo e valorização dessas biomassas, contribuindo para a redução do impacto ambiental do descarte inadequado (Naveed *et al.*, 2021). Essa abordagem é importante vislumbrando a produção de hidrolisados proteicos antioxidantes a partir de subprodutos de abatedouros, o que não só diminui os impactos ambientais, mas também agrega valor (Borrajo *et al.*, 2019).

O objetivo deste trabalho é apresentar uma breve revisão de literatura sobre a



aplicação de proteases microbianas na hidrólise de subprodutos de origem animal, e o potencial dessas enzimas como ferramenta para o manejo e valorização dessas biomassas.

2. Metodologia

Revisão narrativa (não exaustiva) de literatura, que buscou explorar a aplicação de proteases microbianas na valorização de subprodutos de origem animal. A busca foi realizada na base de dados Scopus, abrangendo publicações sem restrição de período, com a finalidade de mapear a literatura existente sobre o tema. Os descritores (keywords) utilizados, combinados com operadores booleanos, foram: "microbiais proteases" AND ("animal by-products" OR "agro-industrial waste") AND ("hydrolysis" OR "valorization") AND ("antioxidant hydrolysates" OR "protein hydrolysates").

3. Resultados e discussão

Hidrolisados proteicos são misturas de peptídeos e aminoácidos gerados pela hidrólise de proteínas. Sua principal característica vem dos peptídeos bioativos, que só exibem efeitos fisiológicos após serem liberados de suas proteínas de origem. As bioatividades desses peptídeos são influenciadas por sua estrutura e sequência de aminoácidos (Gimenes *et al.*, 2021).

A produção pode ser feita por métodos enzimáticos, químicos ou microbianos. A via enzimática é particularmente pertinente, pois a especificidade da enzima que atua sobre o substrato proteico determina os tipos de peptídeos liberados e, com isso, as potenciais bioatividades (Naveed *et al.*, 2021). Dentre estas atividades, o potencial antioxidante é amplamente estudado e a produção de hidrolisados com essa capacidade a partir de subprodutos de abatedouros, usando proteases microbianas, é uma área de grande investigação (Borrajo *et al.*, 2019).

As proteases microbianas mais utilizadas são aquelas disponíveis comercialmente, como Alcalase (de *Bacillus licheniformis*), Protamex (de *Bacillus* sp.), Neutrase (de *Bacillus amyloliquefaciens*) e Flavourzyme (de *Aspergillus oryzae*). Neste sentido, a Tabela 1 apresenta algumas investigações onde estas proteases comerciais foram aplicadas com êxito na geração de hidrolisados proteicos antioxidantes a partir de subprodutos animais.



Tabela 1. Hidrolisados proteicos antioxidantes produzidos a partir de subprodutos de origem animal usando proteases microbianas comerciais.

Subproduto (origem)	Protease(s) comercial(is)	Referência
Coração, rim, baço, fígado e pulmão (Suíno)	Alcalase	Hwang <i>et al.</i> (2024)
Côlon, pulmões, pâncreas (suíno)	Protamex + Alcalase	Damgaard <i>et al.</i> (2014)
Ossos (suíno)	Neutrase	Pagán; Benítez; Ibarz (2021)
Fígado (suíno)	Flavourzyme	López-Pedrouso <i>et al.</i> (2020)
Vísceras (farinha; frango)	Alcalase; Neutrase; Flavourzyme	Aguilar; Souza; Castro (2020)

Além disso, proteases microbianas não-comerciais também vêm sendo descritas como biocatalisadores promissores para a hidrólise destes subprodutos (Tabela 2), especialmente aquelas produzidas por isolados microbianos mesofílicos (Brandelli; Daroit, 2024).

Tabela 2. Hidrolisados proteicos antioxidantes produzidos a partir de subprodutos de origem animal usando proteases microbianas não-comerciais.

Subproduto (origem)	Protease(s) comercial(is)*	Referência
Carne residual da produção de salsichas (frango)	<i>Bacillus mojavensis</i> SA	Hammami <i>et al.</i> (2018)
Fígado (suíno)	<i>Monascus purpureus</i>	Yu <i>et al.</i> (2017)
Ossos (colágeno; bovino)	<i>Anoxybacillus caldiproteolyticus</i> 1A02591	Cheng <i>et al.</i> (2021)
Pele (colágeno; suíno)	<i>Pseudoalteromonas</i> sp. H2	Liu <i>et al.</i> (2019)
Pelos (suíno)	<i>Thermoactinomyces vulgaris</i> TK1-21	Kaewsalud <i>et al.</i> (2023)
Pulmões, resíduos do corte de carnes e ossos, fígado, rins (bovino)	<i>Bacillus</i> sp. Cl18	Hoffmann <i>et al.</i> (2024)

Apesar dos avanços, a literatura científica ainda carece de estudos que empreguem proteases não-comerciais para obter hidrolisados antioxidantes de fígado, rins e pulmões



de animais de açougue. Neste caso, a enorme diversidade microbiana pode servir como fonte de enzimas adequadas para a produção de hidrolisados proteicos antioxidantes, somando-se às já aplicadas para tal finalidade. Produzir hidrolisados antioxidantes a partir de subprodutos animais, que são abundantes, baratos e muitas vezes subutilizados, é uma estratégia eficaz para valorizá-los e, ao mesmo tempo, mitigar problemas ambientais causados pelo descarte inadequado (Brandelli; Daroit, 2024).

4. Considerações finais

A hidrólise de subprodutos de origem animal para a obtenção de hidrolisados proteicos bioativos representa uma estratégia sustentável para a indústria da carne. Embora as proteases microbianas comerciais sejam amplamente utilizadas e demonstrem eficácia, há um crescente interesse e potencial significativo nas proteases não-comerciais. A escassez de estudos com enzimas não-comerciais para hidrolisar subprodutos animais específicos, evidencia uma importante lacuna de pesquisa. Valorizar esses subprodutos também oferece uma solução ambientalmente favorável para o descarte inadequado, ressaltando a relevância de novas investigações nesta área.

Referências

- AGUILAR, J. G. S.; SOUZA, A. K. S.; CASTRO, R. J. S. Enzymatic hydrolysis of chicken viscera to obtain added-value protein hydrolysates with antioxidant and antihypertensive properties. **International Journal of Peptide Research and Therapeutics**, v. 26, p. 717–725, 2020.
- BORRAJO, P. *et al.* Antioxidant and antimicrobial activity of peptides extracted from meat by-products: a review. **Food Analytical Methods**, v. 12, p. 2401–2415, 2019.
- BRANDELLI, A.; DAROIT, D.J. Unconventional microbial proteases as promising tools for the production of bioactive protein hydrolysates. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 64, p. 4714–4745.
- CHENG, J. H. *et al.* Potential of thermolysin-like protease A69 in preparation of bovine collagen peptides with moisture-retention ability and antioxidative activity. **Marine Drugs**, v. 19, artigo 676, 2021.
- DAMGAARD, T. D. *et al.* Antioxidant capacity of hydrolyzed porcine tissues. **Food Science & Nutrition**, v. 2, p. 282–288, 2014.



GIMENES, N. C.; SILVEIRA, E.; TAMBOURGI, E. B. An overview of proteases: production, downstream processes and industrial applications. **Separation and Purification Reviews**, v. 50, n. 3, p. 223–243, 2021.

HAMMAMI, A. *et al.* Low-cost culture medium for the production of proteases by *Bacillus mojavensis* SA and their potential use for the preparation of antioxidant protein hydrolysate from meat sausage by-products. **Annals of Microbiology**, v. 68, p. 473–484, 2018.

HOFFMANN, R. G. *et al.* Enzymatic processing of animal by-products: production of antioxidant hydrolysates with *Bacillus* sp. CL18 crude protease. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 21, p. 26737–26746, 2024.

KAEWSALUD, T. *et al.* Hydrothermal-enzymatic process for the bio-valorization of keratin wastes by thermostable keratinase from *Thermoactinomyces vulgaris* TK1-21. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 98, p. 1203–1214, 2023.

LIU, D. *et al.* Purification, characterization, and application for preparation of antioxidant peptides of extracellular protease from *Pseudoalteromonas* sp. H2. **Molecules**, v. 24, artigo 3373, 2019.

LÓPEZ-PEDROUSO, M. *et al.* Antioxidant activity and peptidomic analysis of porcine liver hydrolysates using alcalase, bromelain, flavourzyme and papain enzymes. **Food Research International**, v. 137, p. 109389, 2020.

MARTÍNEZ-ALVAREZ, O. *et al.* Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: A review. **Food Research International**, v. 73, p. 204–212, 2015.

NAVEED, M. *et al.* Protease - A versatile and ecofriendly biocatalyst with multi-industrial applications: an updated review. **Catalysis Letters**, v. 151, n. 2, p. 307–323, 2021.

PAGÁN, J.; BENÍTEZ, R.; IBARZ, A. Effect of enzymatic hydrolyzed protein from pig bones on some biological and functional properties. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, p. 4626–4635, 2021.

SOLANKI, P. *et al.* Microbial proteases: ubiquitous enzymes with innumerable uses. **3 Biotech**, v. 11, artigo 428, 2021.

YU, H.-C. *et al.* Antioxidant properties of porcine liver proteins hydrolyzed using *Monascus purpureus*. **Food Science and Biotechnology**, v. 26, p. 1217–1225, 2017.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelas bolsas de mestrado (DS-CAPES) concedidas a B. W. Kopplin e J. B. Scherer. À UFFS, pelo auxílio financeiro (PES-2023-0080).