



HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DA CASEÍNA COMO ESTRATÉGIA PARA OBTENÇÃO DE PEPTÍDEOS BIOATIVOS COM POTENCIAL APLICAÇÃO EM ALIMENTOS FUNCIONAIS

Danielly Aparecida de Souza¹, Isabela Soares Magalhães², Viviane Lopes Pereira²,
Bruno Ricardo de Castro Leite Júnior²

¹ Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil (danielly.souza@ufv.br)

² Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil

Resumo: A crescente busca por alimentação saudável estimula estudos sobre peptídeos bioativos. Esses biocompostos, derivados de proteínas animais e vegetais, despertam interesse industrial devido suas propriedades antioxidantes, anti-hipertensivas e antimicrobianas. A hidrólise enzimática é o processo mais utilizado para sua liberação. No setor de alimentos, agregam valor nutricional e promovem a saúde. Esta revisão objetiva analisar o potencial da caseína bovina como fonte de peptídeos bioativos, bem como suas aplicações no desenvolvimento de alimentos funcionais.

Palavras-chave: Proteínas lácteas; Inovação tecnológica; Bioatividade; Modificação proteica

INTRODUÇÃO

O leite bovino é uma importante fonte de nutrientes e proteínas de alta qualidade. Entre seus constituintes, as proteínas desempenham papéis biológicos e tecnológicos singulares (Jayamanna Mohottige et al., 2025). A fração proteica é dividida majoritariamente em caseínas, que representam cerca de 80% do total, e proteínas do soro (como α -lactalbumina e β -lactoglobulina), que compreendem os 20% restantes (Moita et al., 2025). Estruturalmente, as caseínas são fosfoproteínas organizadas em micelas supramoleculares complexas, com diâmetros variando entre 50 e 150 nm, estabilizadas internamente por fosfato de cálcio coloidal. Esta família proteica é composta por quatro frações primárias: α s1-caseína, α s2-caseína, β -caseína e κ -caseína, cada uma com propriedades físico-químicas e perfis de aminoácidos distintos (Breunig et al., 2026).

Diferentemente de muitas proteínas, as caseínas apresentam uma estrutura mais flexível e menos compacta, o que facilita a ação de enzimas proteolíticas. Essa característica torna a caseína altamente suscetível à hidrólise enzimática, favorecendo a liberação de peptídeos bioativos com potencial aplicação em alimentos funcionais (Huang e Cheng, 2025; Moita et al., 2025).

No interior das proteínas encontram-se os peptídeos bioativos, sequências curtas de aminoácidos que permanecem inativas enquanto fazem parte da estrutura proteica. Esses compostos podem ser liberados por processos como a digestão gastrointestinal, a fermentação por microrganismos ou

a hidrólise enzimática. Após sua liberação, os peptídeos bioativos passam a exercer diferentes funções biológicas, destacando-se atividades antioxidante, anti-hipertensiva, antimicrobiana, imunomoduladora e hipocolesterolêmica. Devido a esses benefícios, esses compostos têm despertado crescente interesse para aplicação no desenvolvimento de alimentos funcionais (Meleti et al., 2025; Moita et al., 2025; Wang et al., 2026).

A crescente demanda global por alimentos funcionais e nutracêuticos é impulsionada pela conscientização dos consumidores sobre a relação entre dieta e a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, como a hipertensão arterial e o estresse oxidativo (Buarque et al., 2023). Nesse contexto, a hidrólise enzimática destaca-se como a tecnologia preferencial para a produção desses ingredientes, pois utiliza condições operacionais brandas (temperatura e pH moderados), preserva a integridade nutricional dos aminoácidos e garante a reprodutibilidade industrial sem o uso de solventes orgânicos tóxicos (Meleti et al., 2025; Jayamanna Mohottige et al., 2025).

Sendo assim, esta revisão tem como objetivo identificar as estratégias de hidrólise enzimática aplicadas à caseína bovina e de espécies minoritárias para a liberação de peptídeos bioativos, bem como caracterizar suas principais propriedades biológicas e o potencial de aplicação no desenvolvimento de novos sistemas alimentares funcionais.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho consiste em uma revisão da literatura científica publicada entre 2016 e 2026, incluindo um



estudo de referência de 2002. A busca foi realizada nas bases Scopus, PubMed, Web of Science e ScienceDirect. Foram selecionados estudos que abordassem a obtenção de peptídeos bioativos, sua identificação, avaliação das atividades biológicas e estratégias para sua aplicação em alimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos analisados demonstraram que a obtenção de peptídeos bioativos a partir da caseína é influenciada pelo tipo de enzima utilizada e pelas condições de hidrólise. De modo geral, a combinação de diferentes enzimas apresentou melhores resultados quando comparada ao uso de enzimas isoladas, favorecendo maiores graus de hidrólise e a produção de peptídeos de menor massa molecular. Essas características são importantes por estarem associadas ao aumento da biodisponibilidade e da atividade biológica dos peptídeos (Meleti et al., 2025).

Tabela 1. Parâmetros operacionais e eficiência de diferentes sistemas enzimáticos na hidrólise da caseína.

Enzima	Substrato	Peptídeo	Referência
Alcalase + Flavourzyme	Caseína Bovina	Mistura < 1 kDa	Meleti et al. (2025)
Papaína	Caseína Bovina	Di/Tripe ptídeos	Morais et al. (2002)
Lactatod esidrogenase (<i>L. helveticus</i>)	Caseína Bovina	VPP / IPP	Huang e Cheng (2025)
Pepsina + LapA	Caseína Bovina	Aminoácidos Livres	Nakamura et al. (2023)

Nota: IPP: Peptídeo Isoleucina-Prolina-Prolina; LapA: Leucina Aminopeptidase A; Mistura < 1 kDa: hidrolisados onde a maioria dos fragmentos possui massa molecular inferior a 1000 Da; VPP: Peptídeo Valina-Prolina-Prolina.

Fatores como temperatura de reação e relação enzima também influenciam a eficiência do processo. Estudos apontam que a utilização de papaína em condições moderadas de processamento possibilita a obtenção de hidrolisados ricos em peptídeos de baixo peso molecular, com potencial aplicação em alimentos para fins especiais (Morais et al., 2002).

Além disso, é importante salientar que os peptídeos bioativos derivados da caseína apresentam diferentes atividades biológicas que contribuem para a promoção da saúde. Entre elas, destaca-se a ação anti-

hipertensiva, amplamente associada à capacidade de inibição da enzima conversora de angiotensina (ECA). Nesse contexto, Qiao et al. (2022) identificaram peptídeos capazes de interagir com a ECA e reduzir sua atividade, demonstrando potencial para auxiliar no controle da pressão arterial.

A atividade antioxidante também é uma das propriedades mais relatadas na literatura. Wang et al. (2024) verificaram que peptídeos obtidos da caseína podem estimular mecanismos celulares de defesa contra o estresse oxidativo, favorecendo a ação de enzimas antioxidantes. Ainda, diversos peptídeos apresentam atividade antimicrobiana. Segundo Moita et al. (2025), essas moléculas podem atuar contra microrganismos patogênicos por meio da alteração da integridade de suas membranas celulares, contribuindo para a inibição do crescimento microbiano.

Outra propriedade relevante refere-se à imunomodulação e à saúde intestinal. De acordo com Dong et al. (2026), peptídeos derivados da caseína podem auxiliar na manutenção da integridade da barreira intestinal e na redução de processos inflamatórios, demonstrando potencial aplicação na prevenção e no controle de doenças inflamatórias intestinais.

Apesar do potencial dos peptídeos bioativos, alguns desafios ainda limitam sua aplicação em alimentos. Entre eles, destaca-se o sabor amargo frequentemente observado em hidrolisados proteicos, o que pode comprometer a aceitação pelo consumidor. Para minimizar esse problema, Nakamura et al. (2023) propuseram o uso de enzimas capazes de remover compostos associados ao amargor, contribuindo para a melhoria das características sensoriais dos produtos.

CONCLUSÃO

A obtenção de peptídeos bioativos a partir da hidrólise enzimática da caseína representa uma abordagem promissora para o desenvolvimento de ingredientes funcionais com aplicação na indústria de alimentos. Os estudos analisados demonstraram que esse processo é eficiente na liberação de peptídeos de baixo peso molecular com propriedades biológicas relevantes, contribuindo para o desenvolvimento de produtos com maior valor agregado e potenciais benefícios na prevenção e no controle de doenças crônicas não transmissíveis. Além disso, os avanços nas técnicas de obtenção, caracterização e aplicação desses compostos reforçam sua importância para o desenvolvimento de alimentos funcionais e nutracêuticos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e à



Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Brasil) pelo financiamento dos projetos APQ-00388-21; APQ-00785-23; APQ-06600-24, RED-00157-23 e FINEP (FINEP-01.23.0632.00).

REFERÊNCIAS

- Buarque, F. S.; Gautério, G. V.; Coelho, M. A. Z.; Lemes, A. C.; Ribeiro, B. D. Aqueous Two-Phase Systems Based on Ionic Liquids and Deep Eutectic Solvents as a Tool for the Recovery of Non-Protein Bioactive Compounds—A Review. *Processes*, 11, 31, 2023.
- Breunig, S., Fan, Z., Bouma, R., Smith, G. N., Freire, R. V. M., Voets, I. K., Parnell, S. R., Hettinga, K., & Bijl, E. (2026). Effect of heat treatment on casein micelle structure and acid and rennet gel properties in goat and cow milk – a SESANS approach. *Food Hydrocolloids*, 173, 112242.
- Dong, T.; Ye, J.; Zhang, J.; Song, W.; Xia, S.; Li, X.; Liu, M.; Pan, D.; Wu, Z.; Tu, M. Recent Advances in Exploring Casein Peptide Regulation of Inflammatory Bowel Disease from an Intestinal Barrier Perspective: Correlations, Mechanisms, Challenges and Solutions. *Foods*, 15, 997, 2026.
- Huang, C.; Cheng, L. Unlocking Casein Bioactivity: Lactic Acid Bacteria and Molecular Strategies for Peptide Release. *International Journal of Molecular Sciences*, 26, 8119, 2025.
- Jayamanna Mohottige, M. W., Juhász, A., Nye-Wood, M. G., Farquharson, K. A., Bose, U., & Colgrave, M. L. (2025). Beyond nutrition: Exploring immune proteins, bioactive peptides, and allergens in cow and Arabian camel milk. *Food Chemistry*, 467, 142471.
- Meleti, E.; Koureas, M.; Manouras, A.; Giannouli, P.; Malissiova, E. Bioactive Peptides from Dairy Products: A Systematic Review of Advances, Mechanisms, Benefits, and Functional Potential. *Dairy*, 6, 65, 2025.
- Moita, T.; Pedroso, L.; Santos, I.; Lima, A. Casein and Casein-Derived Peptides: Antibacterial Activities and Applications in Health and Food Systems. *Nutrients*, 17, 1615, 2025.
- Nakamura, R.; Saito, M.; Maruyama, M.; Yamanaka, S.; Tanemura, T. Reduction in the bitterness of protein hydrolysates by an aminopeptidase from *Aspergillus oryzae*. *Food Science and Technology Research*, 29, 71-77, 2023.
- Qiao, Z.; Wang, J.; He, Z.; Pan, L.; Feng, K.; Peng, X.; Lin, Q.; Gao, Y.; Song, M.; Cao, S.; Chen, Y.; Cao, Y.; Liu, G. A Novel Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Peptide Derived From Goat Milk Casein Hydrolysate Modulates Angiotensin II-Stimulated Effects on Vascular Smooth Muscle Cells. *Frontiers in Nutrition*, 9, 878768, 2022.
- Scalcon, V.; Grinzato, A.; Fiorese, F.; Folda, A.; Ferro, S.; Betti, G.; Bellamio, M.; Feller, E.; Marin, O.; Rigobello, M. P. From By-Product to Bioactive: New Antioxidant and Bioavailable Peptides Derived from Milk Permeate Targeting the Nrf2/Keap1 Pathway in Intestinal Cell Models. *Antioxidants*, 15, 527, 2026.
- Wang, N., Tao, H., An, Z., Zhang, K., Yan, M., Zhuang, N., Wang, J., Li, Y., Wang, C., & Luo, Y. (2026). Comparative Digestibility and Peptide Profiling of β -Casein from Cow, Goat, and Donkey Milk Following Static In Vitro Simulation of Infant Gastrointestinal Digestion. *Journal of Dairy Science*.