

# ESTABILIDADE TÉRMICA E APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS DAS PROTEÍNAS DO SORO DE LEITE

Camila Giovana Carvalho Souza<sup>1</sup>, Beatriz Barbara Aparecida Pinto<sup>2</sup>, Carlos José Pimenta<sup>1</sup>,  
Vanessa Riani Olmi Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras-UFLA

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Departamento  
de Ciência e Tecnologia de Alimentos (DCTA/IF Sudeste MG), Campus Rio Pomba

Contato/email: [camila.souza6@estudante.ufla.br](mailto:camila.souza6@estudante.ufla.br)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15597145>



*As proteínas do soro, extraídas durante o processo de fabricação do queijo, apresentam alto valor nutricional, sendo aplicadas em diferentes produtos alimentícios, no entanto, são sensíveis ao calor.*

## INTRODUÇÃO

O soro de leite é um coproduto gerado em larga escala pela indústria de laticínios, reconhecido por seu valor nutricional, sendo fonte de proteínas de alto valor biológico, lactose e minerais. Com os avanços em pesquisa e tecnologia de alimentos, estratégias vêm sendo adotadas para aproveitar este material, principalmente na formulação de alimentos funcionais. Dentre as aplicações mais promissoras, destacam-se as bebidas com potencial de promover benefícios à saúde e prevenir doenças. Estudos recentes demonstram a aplicação do soro de leite em diferentes tipos de bebidas, tanto de forma isolada quanto associado a culturas probióticas, incluindo produtos fermentados, achocolatados, refrigerantes, sucos e bebidas com propriedades prebióticas (Lermen et al., 2024).

Entretanto, quando aplicado em alimentos, geralmente são submetidos a tratamento térmico, o que acarreta alguns desafios, principalmente devido à baixa estabilidade térmica das proteínas do soro, que são sensíveis ao calor e tendem à desnaturação e agregação durante o processamento. Para superar essas limitações, diversas técnicas analíticas têm sido empregadas para caracterizar esses fenômenos e auxiliar no desenvolvimento de produtos com melhor desempenho funcional e tecnológico. A melhoria da estabilidade térmica dessas proteínas é, portanto, fundamental para ampliar seu uso na indústria alimentícia (Finnegan et al., 2024; Setiowati, Wijaya, Meeren, 2020).

## DESENVOLVIMENTO

Nos últimos cinco anos, o mercado de alimentos proteicos tem apresentado crescimento expressivo, impulsionado pela busca dos consumidores por opções alimentares mais saudáveis. Produtos como barrinhas e bebidas lácteas enriquecidas com whey protein registraram um aumento de 75% nas vendas, refletindo essa tendência de consumo (SA+ Ecossistema de Varejo, 2023).

O soro de leite, subproduto da coagulação do leite, destaca-se por conter proteínas de alto valor nutricional e funcional, com grande potencial de aplicação na indústria alimentícia. Entre essas proteínas, as mais relevantes são a  $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoalbumina, imunoglobulinas e a albumina sérica bovina (Finnegan et al., 2024).

No entanto, durante o processamento industrial, essas proteínas são frequentemente submetidas a tratamentos térmicos com o objetivo de garantir a segurança microbiológica. Apesar disso, o aquecimento pode comprometer suas propriedades tecnológicas e sensoriais, promovendo a desnaturação proteica e alterações estruturais (Zhang et al., 2025). Diante desse cenário, compreender o comportamento térmico das proteínas do soro torna-se essencial para o desenvolvimento de estratégias que preservem sua funcionalidade (Finnegan et al., 2024; Setiowati; Wijaya; Meeren, 2020).

Segundo Bernal e Jelen (1985), a estabilidade térmica das proteínas do soro varia com o pH e o tipo de preparação das amostras (Tabela 1). Utilizando calorimetria diferencial de varredura e ensaios de precipitação térmica, os autores observaram que a  $\beta$ -lactoglobulina e a  $\alpha$ -lactoalbumina apresentam diferentes resistências ao calor, influenciadas pela presença de açúcares e ácidos graxos. O maior valor de desnaturação (88 °C) foi registrado em um concentrado proteico ácido ultrafiltrado, enquanto a  $\beta$ -lactoglobulina isolada atingiu 81,9 °C (pH 3,5). Já a  $\alpha$ -lactoalbumina demonstrou menor estabilidade térmica (58,6–61,5 °C). A albumina sérica bovina, quando associada a ácidos graxos, apresentou maior resistência ao calor. Esses dados indicam que a  $\beta$ -lactoglobulina é a principal determinante do comportamento térmico dos concentrados protéicos do soro.

**Tabela 1.** Temperatura de desnaturação das proteínas do soro do leite.

Proteína	Tipo de preparação	pH	Temperatura de desnaturação (°C)		Comentários
<b>Concentrado proteico do soro</b>	Ultrafiltrado (meio ácido)	3,5	88		Maior resistência térmica entre as amostras avaliadas
<b><math>\beta</math>-lactoglobulina (<math>\beta</math>-LG)</b>	Isolada	3,5	81,9		Estabilidade aumentada pela presença de açúcares (lactose, glicose, galactose)
<b><math>\alpha</math>-lactoalbumina (<math>\alpha</math>-LA)</b>	Isolada	3,5	58,6–61,5		Menor estabilidade térmica observada; pH 6,5–4,5 promove maior resistência
<b>Albumina sérica bovina (BSA)</b>	1,0–1,3 mol ácidos graxos/mol de proteína	3,5–6,5	Superior		Presença de ácidos graxos contribui para aumento na temperatura de desnaturação

Fonte: Adaptado de Bernal e Jelen (1985).



A composição e as características do soro variam conforme o método de obtenção, que pode envolver processos como precipitação isoelétrica, ação enzimática ou filtração por membranas. Após a remoção de água e de parte da lactose e dos minerais, são obtidos diversos ingredientes, como o soro em pó, concentrado protéico (WPC), isolado (WPI), hidrolisado (WPH) e frações específicas como a lactoferrina. A escolha do tipo de preparação depende da aplicação nutricional ou funcional desejada (Finnegan et al., 2024).

As proteínas do soro representam aproximadamente 18 a 20% do total protéico do leite. Quando expostas ao calor, podem sofrer desnaturação, participar da reação de Maillard e interagir com micelas de caseína, sendo essas alterações fortemente influenciadas pelas condições de processamento, como tempo, temperatura e ambiente (Zhang et al., 2025; Anema, 2020). Esses efeitos podem ser benéficos ou prejudiciais, dependendo do uso final. Em condições extremas, como 90 °C por 5 minutos, cerca de 80% das proteínas se desnaturam, formando complexos com  $\kappa$ -caseína por meio de interações hidrofóbicas e ligações tiol-dissulfeto (Yang et al., 2023).

Nesse contexto, tecnologias emergentes têm sido exploradas como alternativas aos métodos térmicos convencionais. O aquecimento ôhmico (OH), por exemplo, tem demonstrado capacidade de reduzir a desnaturação proteica em até 30% em comparação ao tratamento térmico tradicional, operando entre 75 °C e 90 °C. Essa abordagem permite maior preservação funcional e melhora a qualidade final dos produtos (Pereira et al., 2011). Outra estratégia promissora é o tratamento térmico a seco em presença de polissacarídeos, que contribuem para a estabilização eletroestérica das proteínas, promovendo maior estabilidade térmica, solubilidade e capacidade emulsificante (Setiowati; Wijaya; Meeren, 2020).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A instabilidade térmica das proteínas do soro de leite ainda é um desafio para a indústria, exigindo soluções eficazes que preservem sua funcionalidade. A compreensão dos mecanismos de desnaturação e agregação tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias como tratamentos térmicos controlados, conjugação com polissacarídeos e aquecimento ôhmico, que melhoram a estabilidade e a qualidade dos produtos. Nesse cenário, o aproveitamento sustentável do soro de leite representa uma estratégia promissora, promovendo a inovação de alimentos funcionais, a redução de desperdícios e o fortalecimento da economia circular no setor lácteo.

## REFERÊNCIAS

ANEMA, S. G. The whey proteins in milk: Thermal denaturation, physical interactions, and effects on the functional properties of milk. In A Thompson, M Boland, & H Singh (Eds.). **Milk proteins: From expression to food**. v.3, p. 325–384, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815251-5.00009-8>



FINNEGAN, E. W.; GOULDING, D. A.; O'CALLAGHAN, T. F.; O'MAHONY, J.A.. Do laboratório para o in-line: Ferramentas analíticas para a caracterização da desnaturação e agregação da proteína do soro de leite – Uma revisão. **Revisões abrangentes em ciência e segurança alimentar**. v.23, p.13289, 2024. <https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1111/1541-4337.13289>

SETIOWATI, A. D.; WIJAYA, W.; MEEREN, P. V. D. Whey protein-polysaccharide conjugates obtained via dry heat treatment to improve the heat stability of whey protein stabilized emulsions. **Trends in Food Science & Technology**, v. 98, p. 150-161, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.011>.

YANG, M.; YE, A.; YANG, Z.; EVERETT, D. W.; GILBERT, E. P.; SINGH, H. Pepsin-induced coagulation of casein micelles: Effect of whey proteins and heat treatment. **Food Chemistry**. v 402, p. 134214, 2023. ISSN 0308-8146. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134214>.

ZHANG, Z.; JIANG, K.; YANG, A.; XU, K.; MENG, F.; ZHONG, F.; WANG, B. Effect of Whey Protein Changes on Milk Flavor and Sensory Characteristics During Heating. **Foods**. v. 14(1), p.33, 2025. <https://doi.org/10.3390/foods14010033>.

