

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO TITULOMÉTRICO APÓS REAÇÃO COM FORMALDEÍDO PARA A QUANTIFICAÇÃO DE PROTEÍNAS LÁCTEAS

Nadine Rodrigues Martoni^{1*}, Gisela de Magalhães Machado Moreira²,

Vanessa Aglaê Martins Teodoro¹, Denise Sobral²

Universidade Federal de Juiz de Fora¹; EPAMIG Instituto de Laticínios Cândido Tostes²

e-mail: nadinerdir@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18817933>



O método titulométrico após reação com formaldeído, ou método do formol, é uma alternativa rápida e econômica a métodos instrumentais ou clássicos como o Kjeldahl, para quantificar proteínas lácteas, visando o controle de qualidade de leite para consumo humano.

INTRODUÇÃO

A alimentação adequada é um princípio básico para a promoção e a proteção da saúde (Baum, Kim e Wolfe, 2016). A manutenção de níveis adequados de proteína de qualidade é fundamental para manter os mecanismos metabólicos no organismo humano (Aggarwal e Bains, 2020). A ingestão de proteína durante todas as fases da vida impacta diretamente a saúde e a manutenção funcional de idosos, a qualidade de vida e a independência física, com a melhora da função muscular e prevenção de sarcopenia (Baum, Kim e Wolfe, 2016).

O leite é um alimento amplamente consumido e desempenha papel fundamental na alimentação humana, devido ao seu equilíbrio entre proteínas, gorduras, carboidratos, vitaminas e minerais (Aggarwal e Bains, 2020). Sua composição varia entre espécies em função de adaptações evolutivas relacionadas a diferentes ambientes e demandas fisiológicas e metabólicas (Warakaulle *et al.*, 2023).

Diante dessas variações composicionais e da crescente demanda do mercado por produtos com maior valor funcional, torna-se essencial a quantificação dos componentes do leite, especialmente das proteínas, a fim de garantir a qualidade da matéria-prima, otimizar processos e assegurar o controle do

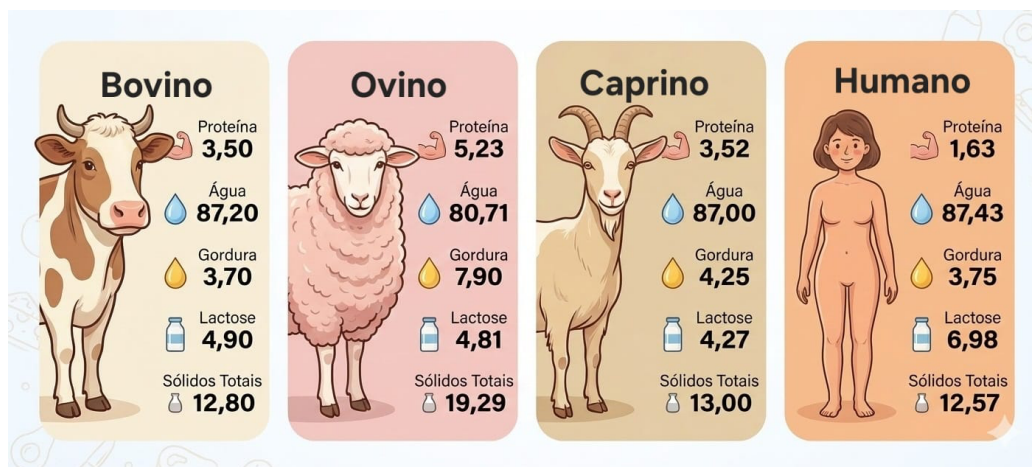
produto (Vincent *et al.*, 2016). A proteína exerce papel central na saúde humana em todas as fases da vida, sendo necessária desde a amamentação até a idade avançada, contribuindo para o crescimento, a manutenção muscular, a imunidade e a qualidade de vida (Aggarwal e Bains, 2020; Baum, Kim e Wolfe, 2016).

Nesse contexto, a determinação do teor proteico no leite tem grande importância para a indústria, pois atende às demandas da legislação e de consumidores. Porém, a aplicação de métodos analíticos de referência, como o *Kjeldahl*, é limitada na rotina de muitos laticínios devido à complexidade, custo e tempo de execução, o que reforça a necessidade de métodos alternativos, rápidos e confiáveis, passíveis de adaptação às diferentes matrizes lácteas (Warakaulle *et al.*, 2023).

DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

A característica heterogênea na composição do leite, em especial em relação ao conteúdo proteico e lipídico, oferece diferentes oportunidades de produção de derivados pela indústria laticinista (Warakaulle *et al.*, 2023). A Figura 1 ilustra a variação da composição nutricional de leite proveniente de diferentes espécies.

Figura 1 - Composição média (g/100g) do leite de diferentes espécies.



Fonte: adaptado de Warakaulle *et al.* (2023).

Determinação de teor proteico em leite

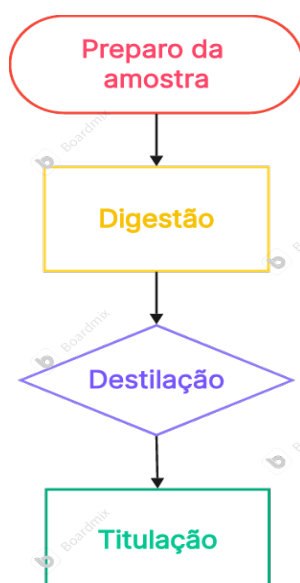
As proteínas lácteas podem ser subdivididas em soroproteínas, fração proteica solúvel, e caseínas, fração coloidal. As soroproteínas permanecem no soro após a coagulação do leite na produção de queijo, por exemplo. Os principais tipos de soroproteínas são a β -lactoglobulina, α -lactoalbumina, albumina do soro bovino e lactoferrina (SILVA, *et al.*, 1995). As caseínas encontram-se na forma de micelas com quatro tipos principais: α s1-caseína, α s2-caseína, β -caseína e κ -caseína auxiliam na

biodisponibilidade de cálcio e fósforo, bem como demonstram grande importância para a indústria laticinista por ser a base para a fabricação de queijos e outros derivados lácteos (Vincent *et al.*, 2016).

A identificação e a quantificação das proteínas no leite são essenciais para definir programas de pagamento por qualidade do leite e aptidão ao processamento (Warakaulle *et al.*, 2024). Na indústria laticinista, os métodos empregados variam conforme o objetivo analítico, podendo determinar frações específicas ou detectar adulterações (Vincent *et al.*, 2016).

O método de *Kjeldahl* é referência para determinação de proteína em alimentos, que quantifica o nitrogênio da amostra após sua digestão, seguido de uma etapa de destilação e titulação (Warakaulle *et al.*, 2024), conforme a Figura 2. O nitrogênio quantificado é convertido em teor de proteína, após multiplicação pelo fator 6,38 pré-determinado para leite (Warakaulle *et al.*, 2024).

Figura 2 - Etapas da análise de proteína pelo método *Kjeldahl*.

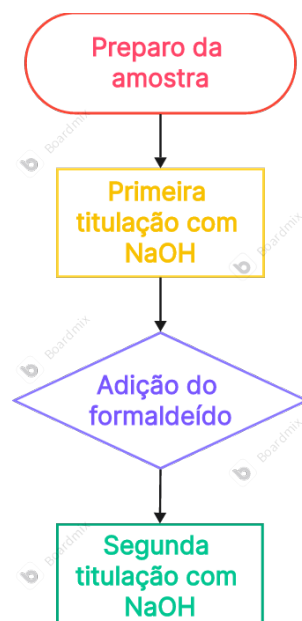


Fonte: autora, 2026

Apesar de sua confiabilidade, o método é demorado, exige equipamentos específicos e reagentes corrosivos, o que limita sua aplicação rotineira em indústrias laticinistas. Nesse contexto, métodos alternativos mais rápidos têm sido empregados, embora muitos ainda apresentem custos elevados ou limitações operacionais, o que justifica a busca por técnicas mais acessíveis, como o método de formol.

Método do formol

O método do formol baseia-se na medição dos prótons liberados pela reação do formaldeído com os grupos amino das proteínas, sendo o valor aldeído do leite a diferença entre a acidez original e a acidez total após adição de formaldeído 40% (SILVA, *et al.*, 1995). A Figura 3 ilustra as etapas desse procedimento.

Figura 3 - Etapas da análise de proteína pelo método do formol.

Fonte: adaptado de (SILVA *et al.*, 1995).

A alta correlação com o método *Kjeldahl* demonstra sua aplicabilidade na rotina de determinação de proteína em leite. O método também pode ser usado para a determinação de caseína no leite, para aplicação na padronização do leite em relação ao teor caseína/gordura para produção de queijos. Apresenta alta precisão e simplicidade operacional, sendo aplicável a amostras de leite individual, de conjunto e de diferentes espécies, o que carece de estudos para aplicações em diferentes matrizes (SILVA *et al.*, 1995).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método do formol é uma alternativa eficaz, rápida e economicamente viável para a determinação de proteínas em leite. Sua aplicação apresenta bons níveis de precisão quando comparada a métodos de referência, como o *Kjeldahl*. Além disso, a simplicidade operacional e o baixo custo analítico reforçam o potencial do método para uso rotineiro em laboratórios de controle de qualidade na indústria. Adaptações específicas na técnica do formol, devidamente validadas experimentalmente, podem ser necessárias a depender da espécie animal e a composição do leite, a fim de garantir resultados mais confiáveis e aplicabilidade em diferentes matrizes lácteas.

REFERÊNCIAS

AGGARWAL, R.; BAINS, K. Protein, lysine and vitamin D: critical role in muscle and bone health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 62, n. 9, p. 2548-2559, 2020. DOI: 10.1080/10408398.2020.1855101

BAUM, J. I.; KIM, I. Y., WOLFE, R. R. Protein consumption and the elderly: What is the optimal level of intake? **MDPI Nutrients**, v. 8, n. 359; 2016. DOI: 10.3390/nu8060359

SILVA, P.H.F. *et al.* Desenvolvimento de metodologia analítica para determinação do teor de caseína em leite. **Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, n. 295, 1995

VINCENT, D. *et al.* Quantitation and identification of intact major milk proteins for high throughput LC-ESI-Q-TOF MS analyses. **Plos One**, v. 11, n. 10, e0163471, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0163471

WARAKAULLE, S. *et al.* Advancement of milk protein analysis: From determination of total proteins to their identification and quantification by proteomic approaches. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 126, e105854, 2024. DOI: 10.1016/j.jfca.2023.105854