



SEMINÁRIO INTERNACIONAL BRASIL - COLÔMBIA SOBRE PROCESSOS INDUSTRIAIS SUSTENTÁVEIS



Adulteração de Leite com Extrato Aquoso de Soja (Leite de Soja): Avaliação Preliminar por Métodos Sustentáveis

Bianca Isabel Bender^{1*}; Letiéri Freitas¹; Eduarda Luedtke de Avelar²; José Guilherme Lenz Abich²; Cauã Jackisch Schwin²; Roberta Oliveira Santos³; Gilson Augusto Helfer¹; Adilson Ben da Costa^{1,3}

* bbender@mx2.unisc.br

¹ PPG em Sistemas e Processos Industriais, Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC); ² Curso de Agronomia (UNISC); ³ PPG em Tecnologia Ambiental (UNISC).

INTRODUÇÃO

O leite é amplamente reconhecido como um alimento completo, destacando-se pelo seu elevado valor nutricional, principalmente em função do teor de proteínas, que constitui seu principal componente nutricional e influencia diretamente sua qualidade e valor comercial (JAISWAL et al., 2015; TIAN et al., 2023). Devido à sua relevância na alimentação humana e ao elevado volume consumido diariamente, o leite torna-se alvo recorrente de práticas fraudulentas, sendo frequentes os relatos de adulterações que comprometem sua integridade e segurança.

A qualidade do leite pode ser comprometida com a adição intencional de diferentes tipos de adulterantes, com o intuito de obter vantagens econômicas (TIAN et al., 2023). Nessa prática, o leite de soja é comumente adicionado ao leite bovino, por se tratar de uma fonte proteica mais barata e com características semelhantes às da proteína do leite de vaca (JAISWAL et al., 2015; TIAN et al., 2023).

A Convenção da Farmacopeia dos Estados Unidos recomendou a adoção de métodos avançados para a detecção de adulterações motivadas por interesses econômicos, tais como espectroscopia no infravermelho e cromatografia líquida de alta eficiência (MOORE et al., 2010). No entanto, o desenvolvimento de metodologias de baixo custo, portáteis e ambientalmente sustentáveis (livres do uso de reagentes químicos e da geração de resíduos) representa uma estratégia crucial para a implementação de métodos de triagem (screening) destinados à identificação de amostras suspeitas de adulteração.

Dessa forma, este estudo tem como objetivo investigar o uso de medidas eletroquímicas (resistividade elétrica) e de espectroscopia molecular (infravermelho médio), como uma estratégia de triagem para identificar a adulteração de leite bovino com extrato aquoso de soja (leite de soja).

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de leite integral e desnatado foram adquiridas no comércio local, e a amostra de leite de soja foi produzida em laboratório, utilizando grãos hidratados, extração aquosa e cocção. Esse planejamento permitiu avaliar o efeito das proporções entre os três tipos de leite sobre as medidas eletroquímicas, visando identificar padrões associados à adulteração com leite de soja.

O estudo eletroquímico foi desenvolvido com um planejamento experimental de misturas ternárias envolvendo leite de soja (LS), leite integral (LI) e leite desnatado (LD). O delineamento experimental foi

Seminário Internacional Brasil - Colômbia Sobre Processos Industriais Sustentáveis

<https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/semibrasilcol/index>
Santa Cruz do Sul, 2025

construído com o auxílio do software Chemoface, versão 1.61, resultando em uma matriz de experimentos que contempla diferentes proporções dos três componentes, respeitando a soma total de 100% da mistura. As medidas eletroquímicas foram realizadas em duplicata, à temperatura ambiente, utilizando um condutivímetro (Digimed, DM-3, célula de condutividade DMC-010M K=1 cm⁻¹).

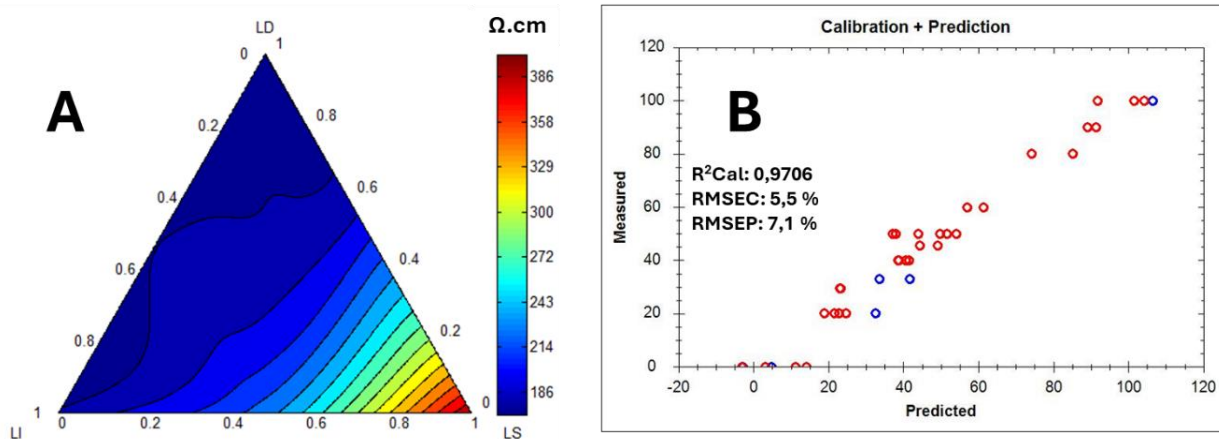
A aquisição dos espectros de infravermelho foi realizada com o auxílio de um espectrofotômetro de infravermelho (Perkin Elmer, Spectrum 400, USA), com acessório ATR-FTIR (Attenuated Total Reflectance – Fourier Transform Infrared Spectroscopy). Modelos de calibração foram desenvolvidos por PLS (Partial Least Squares Regression Model), a partir de um conjunto de amostras de LD e LI adulteradas por diferentes proporções de LS. Os modelos foram desenvolvidos com o auxílio do software Chemostat v.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura A apresenta os resultados do modelo de planejamento de misturas (A) e os resultados do modelo de regressão por PLS (B). Como pode ser observado, os resultados de resistividade identificaram valores significativamente elevados para as misturas com proporções altas de adulterante (LS), indicando que esta variável pode ser considerada como uma estratégia de varredura para identificação de amostras de leite adulteradas com leite de soja. Considerando apenas os efeitos significativos ($p < 0,05$), a equação do modelo quadrático pode ser representada por:

Resistividade ($\Omega \cdot \text{cm}$) = $176,4 \cdot \text{LD} + 188,9 \cdot \text{LI} + 401,4 \cdot \text{LS} - 311,5 \cdot \text{LD} \cdot \text{LS} - 233,1 \cdot \text{LI} \cdot \text{LS}$ (LD + LI + LS = 1), com coeficiente de determinação (R^2) = 0,9959.

O modelo de regressão, Figura B, apresentou, com os dados pré-processados por 1ª derivada e centrados na média, valores de erro de calibração (RMSEC, Root Mean Square Error of Calibration) da ordem de 5,5% e erro de previsão (RMSEP, Root Mean Square Error of Prediction) de 7,1%, comprovando o potencial da espectroscopia no infravermelho como estratégia robusta para quantificação de adulteração em amostras de leite com soja.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados neste trabalho demonstram que a aplicação de princípios eletroquímicos e de espectroscopia molecular pode ser utilizada como uma estratégia segura no controle de qualidade do leite bovino quanto à adulteração com leite de soja.

PALAVRAS-CHAVE

Leite; Adulteração; Eletroquímica; Infravermelho.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

REFERÊNCIAS

HUAIXIANG, Tian; XIONG, Juanjuan; CHEN, Shuang; YU, Haiyan; CHEN, Chen; HUANG, Juan; HAIBIN, Yuan; XINMAN, Lou. Rapid identification of adulteration in raw bovine milk with soymilk by electronic nose and headspace-gas chromatography ion-mobility spectrometry. *Food Chemistry*, v. 18, 2023.

JAISWAL, Pranita; JHA, Shyam Narayan; BORAH, Anjan; GAUTAM, Anuj; GREWAL, Manpreet Kaur; GAURAV, Jindal. Detection and quantification of soymilk in cow–buffalo milk using Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared spectroscopy (ATR–FTIR). *Food Chemistry*, v. 168, p. 41–47, 2015.

MOORE, Jeffrey C.; DEVRIES, Jonathan W.; LIPP, Markus; GRIFFITHS, James C.; ABERNETHY, Darrel R. Total Protein Methods and Their Potential Utility to Reduce the Risk of Food Protein Adulteration. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 9, p. 330–357, 2010.

SHARMA, Rajan; POONAM; RAJPUT, Yudhisthir. Methods for detection of soymilk adulteration in milk. *Milchwissenschaft*, v. 65, p. 157–160, 2010.

TIAN, Huaixiang; XIONG, Juanjuan; CHEN, Shuang; YU, Haiyan; CHEN, Chen; HUANG, Juan; YUAN, Haibin; LOU, Xinman. Rapid identification of adulteration in raw bovine milk with soymilk by electronic nose and headspace-gas chromatography ion-mobility spectrometry. *Food Chemistry*, v. 18, abr. 2023.