



Quantificação de minerais em farinhas de soja por espectrometria de absorção atômica por chama após extração assistida por ultrassom.

Marina D. Alves(PG)^{1*}, Eduardo de O. Lima(PG)¹, Gabriel R. F. Caldeira (PG)¹, Júlio C. J. da Silva (PQ)¹, Rafael A. de Sousa(PQ)¹.

¹ Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora - MG, Brasil.

*marina.alves@estudante.ufjf.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar os teores minerais de farinhas de soja comerciais brasileiras por meio do método analítico de extração assistida por ultrassom (EAU) e posterior análise em espectrometria de absorção atômica por chama (F AAS). Foram quantificados os elementos Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Pb e Zn avaliando a viabilidade do EAU para todos os analitos.

Palavras-chave: farinha de soja, minerais, F AAS, extração assistida por ultrassom.

Introdução

A soja (*Glycine max*) é um dos alimentos de maior importância econômica e nutricional no Brasil. Mais do que isso, esta se destaca pela ampla quantidade de derivados, como as farinhas, e sua utilização na alimentação humana. Esses produtos representam uma fonte relevante de proteínas, fibras e minerais essenciais, os quais desempenham papel fundamental em diversas funções biológicas, como o metabolismo ósseo, o equilíbrio eletrolítico e o fortalecimento do sistema imunológico (1,2). A determinação dos teores minerais em alimentos é uma etapa fundamental para o controle de qualidade e a caracterização nutricional, exigindo métodos analíticos que sejam eficientes, reprodutíveis e, preferencialmente, de menor impacto ambiental. Nesse contexto, a extração assistida por ultrassom (EAU) tem se destacado como uma alternativa promissora aos métodos clássicos de digestão, como a calcinação ou o uso intensivo de reagentes agressivos (3,4). A EAU consiste na aplicação de ondas ultrassônicas em meio líquido, promovendo fenômenos como cavitação, micro agitação e aumento da permeabilidade celular, o que favorece a liberação de compostos de interesse de matrizes vegetais de forma rápida e eficiente (5). Sua eficácia já foi amplamente demonstrada na extração de compostos bioativos, proteínas e minerais de produtos vegetais, incluindo a soja e derivados (3-6). Além disso, a combinação da EAU a técnicas de espectrometria, como a espectrometria de absorção atômica por chama (F AAS), tem se mostrado eficiente para a determinação de macro e microelementos em diferentes matrizes vegetais, com ganhos em termos de tempo analítico, redução do consumo de reagentes e boa precisão dos resultados (7). Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo determinar os teores de Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Pb e Zn em farinhas de soja comerciais brasileiras utilizando o método de EAU e posterior análise por F AAS, avaliando a viabilidade da técnica para o

preparo de amostras.

Experimental

Preparo de amostras

Foram pesados de 0,30g a 0,80g de cada amostra de farinha de soja em tubos de vidro limpos e descontaminados. Em seguida adicionou-se a mistura reacional para a extração, composta por HNO_3 e H_2O_2 . As amostras foram submetidas à extração assistida por ultrassom a 75°C durante 30 minutos. O procedimento foi realizado dentro da capela de exaustão para evitar o contato dos analistas com vapores de óxidos de nitrogênio liberados durante o aquecimento das amostras. Após isso, os extratos foram filtrados e aferidos para 25 mL em balões volumétricos para as análises no espectrômetro de absorção atômica por chama.

Resultados e Discussão

Foram construídas curvas de calibração a partir de soluções padrão de concentração conhecida, preparadas a partir de materiais de referência certificados. Obtendo-se coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,997 para todos os macro e micro analitos. Os extratos foram diluídos para as análises dos macroconstituintes (Ca, Mg e K). As curvas de calibração foram tratadas estatisticamente usando a análise de variância ANOVA, obtendo-se faixas de LD e LQ adequados para a determinação dos analitos na técnica instrumental utilizada. As concentrações dos elementos minerais determinados nas amostras comerciais de farinha de soja foram expressas em mg/100g, visando facilitar a interpretação e comparação com dados da literatura e recomendações nutricionais. Os teores de cálcio variaram de 170,00 a 180,00 mg/100g, valores compatíveis com aqueles descritos para produtos derivados de soja. O potássio, como esperado, apresentou os maiores teores entre os elementos analisados, oscilando entre 1740,00 e 1890,00 mg/100g.



Em relação aos elementos traço, os teores de cobre ficaram entre 1,07 e 1,23 mg/100g, enquanto o ferro apresentou concentrações variando de 6,25 a 6,70 mg/100g. O teor de magnésio nas amostras variou de 230,00 a 250,00 mg/100g, alinhando-se aos valores reportados para produtos de soja e destacando a relevância desse mineral. O manganês, cuja concentração variou de 3,13 a 3,34 mg/100g, e o zinco, com teores entre 3,48 e 3,81 mg/100g, também apresentaram valores compatíveis com os dados encontrados na literatura para farinhas de soja. A metodologia utilizada demonstrou boa precisão e exatidão, comprovadas por meio da análise do material de referência certificado CRM-Agro C1006a e dos ensaios de recuperação, que apresentaram percentuais entre 84,47% e 119,29%. Vale ressaltar que este método está sendo aplicado a amostras comerciais para avaliação do perfil mineral. Esses resultados atestam a aplicabilidade da extração assistida por ultrassom (EAU) no preparo de amostras vegetais, evidenciando-se como uma alternativa eficiente, rápida e menos onerosa em comparação aos métodos clássicos de digestão.

Conclusões

De maneira geral, os resultados obtidos demonstram que a metodologia proposta é adequada para a determinação de elementos minerais em farinhas de soja. Além disso, este trabalho torna viável a melhora do aporte de informações analíticas para essas amostras, considerando que a literatura tem poucas informações e os métodos oficiais são pouco acessíveis. Esses achados reforçam o potencial do uso da EAU em análises de rotina para produtos alimentícios de origem vegetal.

Agradecimentos

À CAPES, CNPq, FAPEMIG e UFJF pelo apoio financeiro através da concessão de bolsas, ao laboratório Baccan de química analítica pela disponibilização de espaço e recursos para a realização do projeto.

Referências

1. Chemat, F.; Rombaut, N.; Sicaire, A. G.; Meullemiestre, A.; Fabiano-Tixier, A. S.; Abert-Vian, M. Ultrasound-assisted extraction of food and natural products – mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications: a review. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 34, p. 540-560, 2017.
2. Yusoff, I. M.; Mat Z.; Rahmat, Z.; Chua, L. S. A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins. *Food Research International*, v. 157, p. 111268, 2022.
3. Zhao, et al. A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: principles, advantages, equipment, and combined technologies. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2023.
4. Rostagno, M. A.; Palma, M.; Barroso, C. G. Ultrasound-assisted extraction of soy isoflavones. *Analytica Chimica Acta*, v. 597, n. 2, p. 265-272, 2007.
5. Optimization and validation of ultrasound-assisted extraction for the determination of micro and macro minerals in non-centrifugal sugar by F-AAS. *Food Chemistry*, 2019.
6. High-intensity ultrasound-assisted alkaline extraction of soy protein. *Food Hydrocolloids*, 2024.
7. Multivariate approaches applied to optimization of an ultrasound-assisted extraction for determination of essential elements in guaraná samples by ICP-OES. *Food Science and Technology (Campinas)*, v. 42, 2022.