

## **Digestão gastrointestinal *in vitro* e propriedades tecnológicas de isolado proteico de resíduo cervejeiro: efeito da moagem coloidal**

**Ana Luiza Oliveira Souza**

**Carolina de Souza Moreira, Leandro da Silva Presenza**

**Prof. Dr. Alan Giovanini de Oliveira Sartori**

**Faculdade de Ciências Farmacêuticas/Universidade de São Paulo**

analuiza.oliveira@usp.br

### **Objetivos**

O objetivo do estudo é investigar a digestibilidade e as propriedades tecnológicas do bagaço cervejeiro ou BSG (sigla para *brewer's spent grain*, em inglês) submetido a diferentes processamentos de moagem (centrífugo e coloidal), e dos respectivos concentrados proteicos obtidos a partir desse resíduo agroindustrial por extração alcalina.

### **Métodos e Procedimentos**

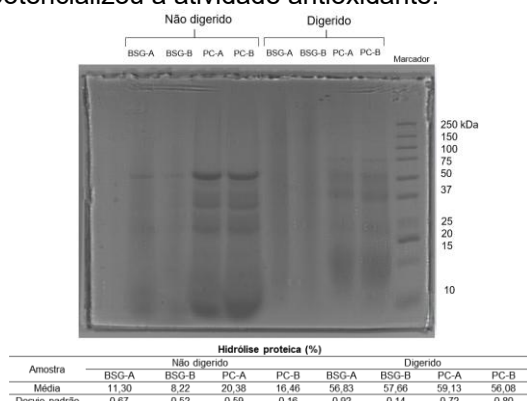
Amostras de BSG foram submetidas a diferentes processos de cominuição: A - após seca em estufa, foi processada em moinho centrífugo (BSG-A); B - após moagem coloidal, foi seca em estufa e, em seguida, cominuída em moinho centrífugo (BSG-B). Os concentrados proteicos foram obtidos por extração alcalina, em pH 11, seguida de precipitação ácida no ponto isoelétrico (PC-A e PC-B, respectivamente) (Silva et al., 2023). Para a caracterização das amostras de BSG, determinaram-se o teor de cinzas e a umidade, a partir dos métodos de incineração em mufla e gravimetria, respectivamente. O teor de proteínas das amostras de BSG e dos concentrados proteicos foi determinado pelo método de Kjeldahl. Além disso, obtiveram-se os diâmetros médios das partículas e o potencial zeta de suspensões das amostras em um instrumento Malvern Nano ZS90. Para avaliar a solubilidade proteica em diferentes valores de pH (1-12), utilizou-se o kit de proteína BCA (Pierce 660 nm Protein Assay), sendo a albumina de soro bovino o padrão. A simulação

da digestão gastrointestinal foi feita conforme o protocolo INFOGEST (Brodkorb et al., 2019). A hidrólise proteica foi avaliada por meio de ensaio espectrofotométrico com o-ftalaldeído e L-Serina como padrão. O perfil de proteínas, em termos de massa molecular, foi analisado por eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE). Fenólicos totais e a atividade antioxidante foram determinadas com base no ensaio espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu e de capacidade de sequestro do radical peroxila. As capacidades de retenção de água e óleo e de formação e estabilidade de espuma foram obtidas conforme métodos descritos por Stone et al. (2015) e Naibaho et al. (2022). A topografia superficial das amostras foi analisada a partir de imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

### **Resultados**

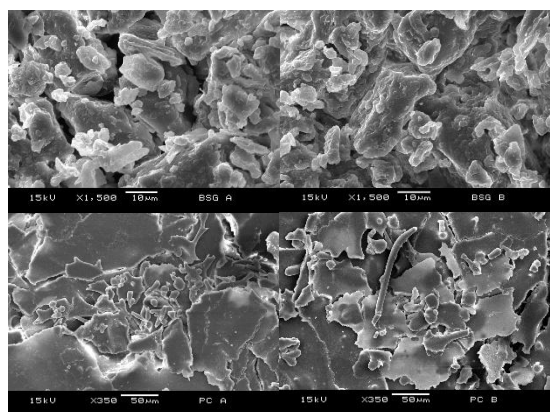
O método de extração alcalina mostrou-se eficaz, independentemente dos pré-tratamentos de moagem testados. Observou-se aumento significativo da intensidade das proteínas albuminas e globulinas, com pesos moleculares entre 21-58 kDa e 16-53 kDa, respectivamente, nos concentrados antes da digestão. No entanto, essas mesmas proteínas apresentaram expressiva redução de intensidade após a digestão *in vitro* (Figura 1). Assim, o processo de extração alcalina demonstrou ser eficiente para a obtenção de um concentrado proteico bioacessível, com melhorias nutricionais e funcionais relevantes, evidenciadas pelo aumento da solubilidade proteica, das

capacidades de retenção de água e óleo, bem como da formação e estabilidade de espuma. A elevação da concentração proteica também foi determinante no aumento do grau de hidrólise e na concentração de fenólicos, o que potencializou a atividade antioxidante.



**Figura 1.** Perfil de proteínas (SDS-PAGE) e respectivos valores de hidrólise proteica.

A moagem coloidal resultou em partículas de maiores tamanhos e maior homogeneidade da amostra de BSG (Figura 2). No entanto, a observação das imagens obtidas por MEV não indicou alterações morfológicas evidentes nas amostras submetidas às diferentes etapas de moagem. Do mesmo modo, os concentrados proteicos não apresentaram alterações visuais marcantes entre si, o que sugere efeito limitado da moagem coloidal em comparação com a moagem centrífuga, considerando as condições adotadas no presente trabalho.



**Figura 2.** Microscopia eletrônica de varredura das amostras de BSG e concentrados proteicos.

## Conclusões

Os resultados observados indicam que o processo de extração é determinante para a qualidade dos concentrados proteicos de BSG, considerando os parâmetros analisados e o aumento de nutrientes de interesse, como proteínas e compostos fenólicos, sem efeito significativo dos pré-tratamentos de moagem testados. Esses achados reforçam o potencial de aplicação do subproduto como matéria-prima sustentável e funcional para uso em alimentos, contribuindo para a valorização desse resíduo de forma economicamente viável e alinhada a práticas circulares na cadeia produtiva da cerveja.

Os autores declaram não haver conflito de interesses. A.L.O.S. conduziu os experimentos e foi responsável pela escrita. L.S.P. e C.S.M. colaboraram com os experimentos. A.G.O.S. idealizou o conceito da pesquisa, orientou e fez a revisão final do texto. Todos os autores aprovaram a versão final do resumo.

## Agradecimentos

FAPESP 2024/04641-5.

## Referências

- Brodkorb, A. et al. INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. *Nat Protoc*, 14, 991–1014 (2019).
- Naibaho, J., Korzeniowska, M., Wojdyło, A., Ayunda, H. M., Foste, M., Yang, B. Techno-functional properties of protein from protease-treated brewers'spent grain (BSG) and investigation of antioxidant activity of extracted proteins and BSG residues. *J. Cereal Sci.*, 107, 103524 (2022).
- Silva, A. M. M. et al. How do pH and temperature influence extraction yield, physicochemical, functional, and rheological characteristics of brewer spent grain protein concentrates? *Food Bioproc Tech.*, 139, 34–45 (2023).
- Stone, A. K., Karalash, A., Tyler, R. T., Warkentin, T. D., Nickerson, M. T. Functional attributes of pea protein isolates prepared using different extraction methods and cultivars. *Food Res Int*, 76, 31-38 (2015).