

EFEITOS DA GERMINAÇÃO E DA GERMINAÇÃO ASSOCIADA A PARBOILIZAÇÃO SOBRE A DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* DO AMIDO DE ARROZ INTEGRAL

Lucas Ávila do Nascimento; Sabrina Feksa Frasson; Thauana Heberle; Nathan Levien Vanier; Moacir Cardoso Elias⁴; Rosana Colussi

Palavras-chave: Processamento, germinação, parboilização, carboidratos.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é uma fonte relevante de nutrientes. O seu consumo se dá principalmente como grãos inteiros, sendo comumente encontrado na sua forma polida, integral parboilizado e parboilizado polido. O tipo de processamento aplicado ao grão durante a industrialização interfere na qualidade nutricional do mesmo (SHAH et al., 2018).

Grãos de arroz polido são compostos praticamente por carboidratos e proteínas complexadas no endosperma. Já os grãos de arroz integral parboilizado apresentam maior teor de proteínas, fibras e lipídios devido à permanência do gérmen e da camada de aleurona na estrutura do grão. Os grãos de arroz parboilizado polido quando comparados ao arroz beneficiado polido (conhecido por “arroz branco”) apresentam elevado teor de carboidratos, porém com maior teor proteico e de lipídios devido ao lixiviamento e complexação destes nutrientes com o endosperma pela alta pressão do processo (DUTTA et al., 2015).

O arroz integral apresenta valor nutricional superior devido à variedade de nutrientes. No entanto, devido à exposição dos lipídios presentes nas camadas externas, este se torna susceptível às reações de oxidação, conferindo baixa estabilidade durante o armazenamento. Outra vantagem proporcionada pelo processo de parboilização é o aumento da vida útil do grão por consequência das etapas de encharcamento e autoclavagem, responsáveis pela redução da carga microbiana e inativação enzimática, além da secagem (PARK et al., 2012).

A germinação induzida também tem sido estudada visando alcançar características nutricionais e tecnológicas. A germinação induz a ação de enzimas residuais no desdobramento de nutrientes e complexos presentes no grão, além da síntese de novos compostos e tecidos. Durante os processos bioquímicos há o rompimento das interações entre amido e proteínas, o que facilita a digestão destes nutrientes. Simultaneamente ocorre a formação de compostos bioativos como o ácido gama-aminobutírico (GABA), tocoferóis, tocotrienóis, gama-orizanol e compostos fenólicos (Ng et al., 2013). Entretanto, este processo, por induzir a ação enzimática e fracionamento de nutrientes, também reduz a estabilidade ao armazenamento (SWIECA & GAWLIK-DZIKI, 2015).

Como o endosperma dos grãos de arroz é composto principalmente por amido, entender de que forma o amido se modifica após o processamento é fundamental. Da mesma forma que o conhecimento dos efeitos do processamento a níveis nutricionais é importante na escolha do produto final. A digestibilidade do amido pode variar significativamente e, por consequência, o índice glicêmico. O índice glicêmico (IG) é uma escala de 0 (zero) a cem (100) usada para classificar os alimentos de acordo com seu efeito da digestão de carboidratos na glicemia sérica (XU & SHIVAPPA, 2021). De acordo com o sistema aplicado internacionalmente, os alimentos são classificados conforme a velocidade em que são digeridos, absorvidos e metabolizados pelo organismo, em IG baixo ($IG \leq 55$), médio ($IG 56-69$) e alto ($IG \geq 70$). Na literatura são encontradas informações tanto sobre a digestibilidade *in vitro*, quanto do índice glicêmico estimado do arroz parboilizado e do arroz germinado, e é comprovado que cada cultivar apresenta suas especificidades (HU et al., 2004; KUMAR et al., 2022; MONTEMURRO et al., 2019; NASCIMENTO et al., 2020; SHAH et al., 2018; XIA et al., 2017; XU et al., 2021). Neste estudo, objetivou-se verificar efeitos da germinação, bem como da germinação associada à parboilização e verificar os efeitos sobre digestibilidade *in vitro*, e o índice glicêmico estimado do amido de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados grãos de arroz da cultivar BRS Pampeira, descascados em engenho de provas Zaccaria (PAZ 1-DTA) para obtenção do arroz integral. Os grãos de arroz integral germinado foram obtidos seguindo o método proposto por Ng et al. (2013), com modificações. Os grãos foram sanitizados em solução de 2,5% de cloro ativo, posteriormente lavados com água destilada e imersos em água (proporção 1:2 p/v) por 4h a 40°C. Em seguida, foram acondicionados em câmaras do tipo BOD a 30°C e 80% UR por 36h e, após, secos em estufa a 45°C até 13% de umidade. Os grãos de arroz integral germinados parboilizados passaram pelo mesmo processo, porém foram submetidos à autoclavagem a 0,6 Kgm/cm³ durante 10 minutos antes de serem secos.

A digestibilidade do amido foi avaliada segundo metodologia proposta por Nascimento et al. (2020), simulando as condições gástricas e intestinais de digestão. Foram coletadas amostras durante os 30 primeiros minutos de digestão, simulando as condições do estômago (representadas por G0, G15 e G30) e do intestino delgado, por 90 min (representadas por I1, I5, I10, I20, I30, I60 e I90). O índice glicêmico estimado foi calculado de acordo com o método proposto por Goñi et al. (1997).

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados submetidos a análise de variância (ANOVA). A comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey, com nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de germinação e o processo de germinação com posterior parboilização dos grãos de arroz integral alteraram a digestibilidade do amido (Figura 1). Durante os 30 primeiros minutos de digestão gástrica não foi verificada hidrólise do amido devido à ausência de enzimas amilases em condições estomacais. Foi verificada ligeira maior liberação de glicose na amostra de arroz germinado parboilizado neste período, que pode ser justificada pelo fato do tratamento térmico ter auxiliado na hidrólise do amido com consequente liberação de açúcares.

A germinação induzida facilitou a digestibilidade do amido. A partir de 20 minutos de digestão gástrica o arroz integral germinado apresenta maior hidrólise de amido em comparação ao arroz integral e ao arroz parboilizado. Durante o processo de germinação enzimas amilases, proteases e lipases atuam em processos de hidrólise, facilitando assim o processo digestivo dos grãos e por consequência, favorecendo maior hidrólise do amido. A ação enzimática, estimulada pelo processo de germinação induzida, rompe interações entre os polissacarídeos, gerando aberturas na estrutura do amido e facilitando a digestão do amido pelo organismo humano (XIA et al., 2017).

O processo de parboilização aplicado posteriormente à germinação reduziu o percentual de hidrólise do amido em comparação ao arroz integral e ao arroz germinado. Durante o processo de parboilização há a gelatinização parcial do amido e reorganização das moléculas, conferindo características de amido resistente ao amido (KUMAR et al., 2022). Além formação de amido resistente, com processo de parboilização os grãos ficam mais resistentes a mastigação, resultando em maiores tamanhos de partículas, fator que influencia na acessibilidade das enzimas amilases durante o processo digestivo dos grãos resultando em menor hidrólise do amido.

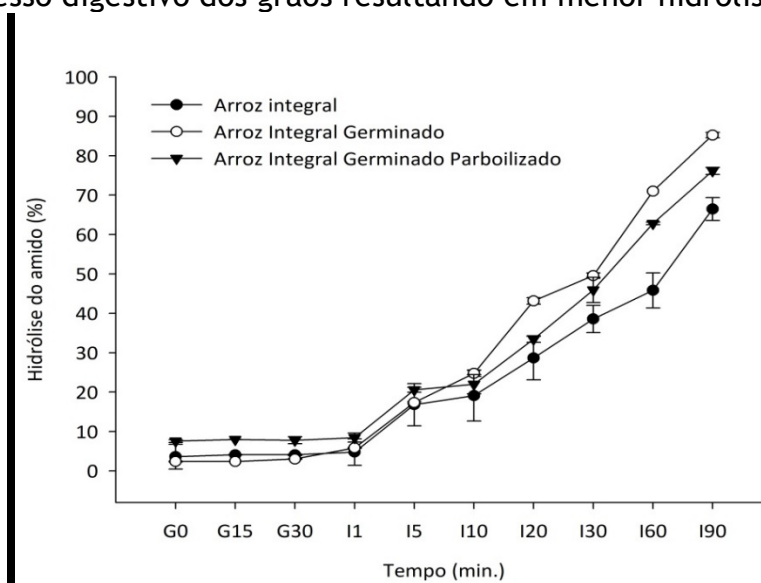


Figura 1. Influência do processamento do arroz integral na digestibilidade do amido.

A germinação induzida e a sua combinação com o processo de parboilização influenciaram no índice glicêmico estimado (Tabela 1). A concentração de amido hidrolisado foi maior para o arroz integral germinado, seguido pelo arroz integral germinado parboilizado e arroz integral. O mesmo comportamento foi observado para o IH e IGe. Todos os tratamentos se mantiveram com classificação do IGe como médio, conforme a velocidade de digestão. A constante cinética de hidrólise do amido manteve o comportamento inversamente proporcional ao índice glicêmico característico.

Tabela 1. Efeito de diferentes processamentos na concentração de amido hidrolisado

CONCLUSÃO

Os processos de germinação e germinação com posterior parboilização alteram a digestibilidade do amido. A germinação facilita a digestão, enquanto a parboilização tende a reduzi-la. O índice glicêmico aumentou tanto no arroz integral germinado quanto no arroz integral germinado e parboilizado, demonstrando que o processamento pode favorecer maior fornecimento de energia. Estudos envolvendo as condições dos processamentos aplicados são necessários a fim de avaliar se estas características alteram a digestibilidade de outros nutrientes como lipídios, proteínas e minerais.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DUTTA, H.; MAHANTA, C. L.; SINGH, V. Changes in the properties of rice varieties with different amylose content on dry heat parboiling. **Journal of Cereal Science**, v. 65, p. 227-235, 2015.
- GOÑI, I.; GARCIA-ALONSO, A.; SAURA-CALIXTO, F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutrition Research**, v. 17, n. 3, p. 427-437, 1997.
- HE, W.; WANG, Y.; LUO, H.; LI, D.; LIU, C.; SONG, J.; ZHANG, Z.; LIU, C.; NIU, L. Effect of NaCl stress and supplemental CaCl₂ on carotenoid accumulation in germinated yellow maize kernels. **Food Chemistry**, v. 309, p. 125779, 2020.
- HU, P.; ZHAO, H.; DUAN, Z.; LINLIN, Z.; WU, D. Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose contents. **Journal of Cereal Science**, v. 40, p. 231-237, 2004.
- HUNG, P. V.; YEN, N. T. H.; PHI, N. T. L.; TIEN, N. P. H.; TRUNG, N. T. T. Nutritional composition, enzyme activities and bioactive compounds of mung bean (*Vigna radiata* L.) germinated under dark and light conditions. **LWT**, v. 133, p. 110100, 2020.
- KUMAR, A.; LAL, M. K.; NAYAK, S.; SAHOO, U.; BEHERA, A.; BAGCHI, T. B.; PARAMESWARAN, C.; SWAIN, P.; SHARMA, S. Effect of parboiling on starch digestibility and mineral bioavailability in rice (*Oryza sativa* L.). **LWT**, v. 156, p. 113026, 2022.
- KUMAR, A.; SAHOO, U.; LAL, M. K.; TIWARI, R. K.; LENKA, S. K.; SINGH, N. R.; GUPTA, O. P.; SAH, R. P.; SHARMA, S. Biochemical markers for low glycemic index and approaches to alter starch digestibility in rice. **Journal of Cereal Science**, v. 106, p. 103501, 2022.
- MONTEMURRO, M.; PONTONIO, E.; GOBETTI, M.; RIZZELLO, C. G. Investigation of the nutritional, functional and technological effects of the sourdough fermentation of sprouted flours. **International Journal of Food Microbiology**, v. 302, p. 47-58, 2019.
- NASCIMENTO, L. Á.; ÁVILA, B. P.; COLUSSI, R.; ELIAS, M. C. Effect of abiotic stress on bioactive compound production in germinated brown rice. **Cereal Chemistry**, v. 97, p. 868-876, 2020.
- NG, L-T.; HUANG, S-H.; CHEN, Y-T.; SU, C-H. Changes of Tocopherols, Tocotrienols, γ -Oryzanol, and γ -Aminobutyric Acid Levels in the Germinated Brown Rice of Pigmented and Nonpigmented Cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 12604-12611, 2013.
- PARK, J-G.; SONG, B-S.; KIM, J-H.; HAN, I-J.; YOON, Y.; CHUNG, H-W.; KIM, E-J.; GAO, M; LEE, J-W. Effect of high-dose irradiation and autoclave treatment on microbial safety and quality of ready-to-eat Bulgogi sauce. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 81, p. 1118-1120, 2012.
- SHAH, A.; MASOODI, F. A.; GANI, A.; ASHWAR, B. Dual enzyme modified oat starch: Structural characterisation, rheological properties, and digestibility in simulated GI tract. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 106, p. 140-147, 2018.
- SWIECA, M.; GAWLIK-DZIKI, U. Effects of sprouting and postharvest storage under cool temperature conditions on starch content and antioxidant capacity of green pea, lentil and young mung bean sprouts. **Food Chemistry**, v. 185, p. 99-105, 2015.
- XIA, Q.; WANG, L.; XU, C.; MEI, J.; LI, J. Effects of germination and high hydrostatic pressure processing on mineral elements, amino acids and antioxidants in vitro bioaccessibility, as well as starch digestibility in brown rice (*Oryza sativa* L.). **Food Chemistry**, v. 214, p. 533-542, 2017.
- XU, X.; SHIVAPPA, N. Dietary glycemic index, glycemic load and risk of bladder cancer: a prospective study. **European Journal of Nutrition**, v. 60, p. 1041-1048, 2021.
- ZHU, D.; FANG, C.; QIAN, Z.; GUO, B.; HUO, Z. Differences in starch structure, physicochemical properties and texture characteristics in superior and inferior grains of rice varieties with different amylose contents. **Food Hydrocolloids**, v. 110, p. 106170, 2021.