

PROPRIEDADES REOLÓGICAS DE FARINHAS DE TRIGO E MILHETO MINIMAMENTE PROCESSADO E GERMINADO

Ângela C. C. THEODORO^{1*}; Maria E. G. SILVA²; Jordan H. S. UEMURA³; João R. J. JUNQUEIRA⁴; Juliana R. DONADON²; Rita C. A. GUIMARÃES¹; Priscila A. HIANE¹

¹Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, Faculdade de Medicina / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

²Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

³Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

⁴Faculdade de Farmácia / Universidade Federal de Minas Gerais *E-mail para correspondência: angela.christina@ufms.br

RESUMO: Os grãos de milho se destacam pela sua relevância nutricional e econômica, contudo ainda não são consumidos em larga escala no Brasil. Os objetivos do estudo foram avaliar as propriedades reológicas, por meio de análises de *falling number* e alveografia, das farinhas mistas de trigo e milho minimamente processado e trigo e milho germinado com substituições de 10 e 20% do trigo. A análise de *falling number* e alveografia foram realizadas de acordo com protocolo padrão internacional. Com relação ao *falling number*, as farinhas mistas de trigo e milho germinado 10 e 20% apresentaram os menores valores e os dados de alveografia indicaram variabilidade entre as farinhas para os parâmetros analisados. As propriedades reológicas demonstraram que as farinhas mistas de trigo com milho minimamente processado podem ser utilizadas em produtos de panificação.

Palavras-chave: *Cenchrus americanus*; Cereais; *Falling number*; Análise alveográfica; Aplicação tecnológica.

INTRODUÇÃO

Dentre as espécies de milhetos, o milho-pérola (*Cenchrus americanus* (L.) Morrone) é uma das variedades mais importantes e comuns (Selladurai et al., 2023). O grão possui todos os aminoácidos essenciais, apresenta alto conteúdo de fibras dietéticas e ajuda no controle glicêmico (Dias-Martins et al., 2018; Magalhães et al., 2024). Ainda, possui ferro, cálcio, zinco, magnésio e fósforo, e é isento de glúten, sendo uma alternativa viável para indivíduos com doença celíaca ou intolerância ao glúten, além de possuir vitaminas E, ácido ascórbico, tiamina e riboflavina (Anberbir et al., 2024; Meena et al., 2024; Theodoro et al., 2024). Apesar de sua composição nutricional variada, ainda é amplamente subutilizado pelas populações urbanas (Selladurai et al., 2023).

O processamento dos grãos de milho possibilita a obtenção de diferentes tipos de produtos, como por exemplo, farinhas (Dias-Martins et al., 2018), facilitando seu consumo. Além disso, processos como a germinação podem melhorar qualidade nutricional e sensorial (Singh et al., 2015). A utilização de farinhas mistas possibilita desenvolver novos produtos alimentícios, preservando parcialmente as características da farinha de trigo. Portanto, o estudo objetivou analisar o efeito da substituição parcial do trigo (10% e 20%) pelas farinhas de milho sobre as propriedades reológicas, a fim de avaliar sua aplicação tecnológica.

MATERIAL E MÉTODOS

A farinha de trigo utilizada foi a tradicional especial do tipo 1. Os grãos híbridos de milho-pérola (ADR 9070) foram doados pela empresa Atto Sementes, Alto Garças – MT, higienizados e armazenados sob congelamento a -18 °C. Para a germinação foram utilizadas folhas de papel Germitest® umedecidas com água. Os grãos foram mantidos em estufa a 25 °C por 24 horas, até a protrusão da radícula. Após a germinação, foram secos em estufa a 50 °C até atingirem umidade inferior a 14%.

Os grãos foram separados em dois grupos: minimamente processados e germinados. Foram moídos em liquidificador industrial e peneirados em tamiz de 250 µm. Para a produção das farinhas mistas, o trigo foi misturado à farinha de milho minimamente processado e a farinha de milho germinado, nas proporções de 10% e 20% de substituição, totalizando quatro tipos distintos de farinhas mistas. As farinhas mistas, além do trigo puro, foram avaliadas quanto ao *falling number* (método AACC 56-81.03) e alveografia (método AACC 54-30.02) (American Association of Cereal Chemists, 2010) pela empresa Grupo Dallas® em Nova Alvorada do Sul, MS. Os valores das análises reológicas foram avaliados utilizando-se análise de variância em software Statistica 7.0 e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das propriedades reológicas das farinhas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades reológicas da farinha de trigo puro e farinhas mistas de trigo e milho minimamente processado e farinha de trigo e milho germinado nas porporções 10% e 20% de substituição

Farinhas Mistas	<i>Falling Number</i> (segundos)	P (mm H ₂ O)	L (mm)	P/L	W (10 ⁴ J)	Ie (%)
FTRG	695 ± 8,4a	106 ± 7,0ab	112 ± 24,0a	0,94	467,5 ± 38,8a	77,6 ± 1,3a
FTMMP10%	325 ± 25,4b	117,5 ± 3,5a	95 ± 5,6a	1,23	435,5 ± 12,02a	75 ± 0,8ab
FTMMP20%	176,5 ± 4,9c	89 ± 1,4b	95 ± 2,8a	0,93	295,5 ± 10,6bc	64,7 ± 0,4bc
FTMGR10%	92,5 ± 4,9d	106,5 ± 2,1ab	97,5 ± 0,7a	1,09	394,5 ± 30,4ab	72,6 ± 4,1abc
FTMGR20%	35 ± 4,2e	69 ± 7,0c	113 ± 12,7a	0,61	246 ± 22,6c	62,3 ± 3,6c
Teste F	886,24*	30,20*	1,08NS	—	27,52*	13,8*

Legenda: FTRG: farinha de trigo; FTMMP: farinha de trigo e milho minimamente processado; FTMGR: farinha de trigo e milho germinado; P: tenacidade; L: extensibilidade; P/L razão entre tenacidade e extensibilidade, calculado a partir das médias obtidas; Ie: Índice de elasticidade; W: energia de deformação da massa. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05). *Significativo; NS: não significativo.

A análise de *falling number* (FN) detecta indiretamente a presença de α-amilase, a principal enzima que digere o amido. Farinhas com valores de FN entre 200 e 300 segundos são mais apropriadas para uso em panificação. Contudo, um baixo valor de FN indica níveis elevados de α-amilase, o que prejudica a qualidade do trigo, causando bolos que murcham e pães e macarrão pegajosos (Costa et al., 2008; Hu et al., 2022). Todas as amostras de farinhas avaliadas diferiram estatisticamente entre si com relação ao FN (Tabela 1). A FTMGR10% e FTMGR20% apresentaram os menores valores de FN, 92,5 segundos e 35 segundos, respectivamente, justificados pela alta atividade da enzima α-amilase devido ao processo de germinação.

A análise de alveografia é utilizada para caracterizar farinhas e avaliar as propriedades da massa. Os critérios de qualidade analisados envolvem as variáveis tenacidade (P), extensibilidade (L), razão entre tenacidade e extensibilidade (P/L), índice de elasticidade (Ie) e energia de deformação da massa (W) (Indrani et al., 2007; Rezette et al., 2025). Com relação ao parâmetro P, quanto maior

o valor, mais resistente é a massa à deformação. Os valores de P para trigos padrão variam de 60 a 80 mm H₂O, para trigos de muito boa qualidade, de 80 a 100 mm H₂O e trigos extra fortes superiores a 100 mm H₂O (Bordes et al., 2008). As farinhas avaliadas se diferiram entre si estatisticamente com relação ao P (Tabela 1). Com relação ao L, não houve diferença estatística (Tabela 1). Cappelli et al. (2022) avaliaram as propriedades reológicas em farinha de trigo italiana comercial e encontraram valor de 74,73 mm para L, enquanto Lamacchia et al. (2021) reportaram valor de 81,5 para L em farinhas de trigo, o que sugere haver uma variação natural entre as amostras, causada pela proporção entre gliadinas e gluteninas.

A razão entre tenacidade e extensibilidade (P/L) indica o equilíbrio entre resistência e extensibilidade. A indústria moageira exige trigo equilibrado, ou seja, com um P/L na faixa de 0,50 a 0,80 (Bordes et al., 2008). A interpretação de P/L é complementada pelo parâmetro W, que indica a energia necessária para inflar a massa em uma bolha até o ponto de ruptura (Bordes et al., 2008), e quanto mais alto o valor, maior a força da farinha. Houve diferença estatística para o valor de W entre as farinhas (Tabela 1). Farinhas com P/L 0,5-0,9 e W 200-300 são utilizadas para pizzas e *crackers*; P/L 0,8-1,5 e W 200-300 para pães; P/L >1,5 e W >300 para massas alimentícias. Devido aos valores próximos do padrão indicativo de FN, P/L e W, a FTMMP10% e FTMMP20% podem ser utilizadas para panificação. A FTMGR10% apresentou valores de P/L e W compatíveis para produção pães e a FTMGR20% para pizzas e *crackers*, contudo o baixo valor de FN em ambas dificulta a sua utilização.

O Ie prediz o alongamento da massa (Rezette et al., 2025). As farinhas avaliadas apresentaram diferença estatística entre si com relação ao Ie (Tabela 1). Bakare et al. (2017) obtiveram valor de 70,50 para Ie em farinhas de trigo, próximo aos valores encontrados no presente estudo.

CONCLUSÃO

As propriedades reológicas demonstraram que as farinhas mistas de trigo com milheto minimamente processado podem ser utilizadas em produtos de panificação. Devido ao baixo valor de *falling number* em ambas as farinhas mistas de trigo com milheto germinado, seu uso na panificação não é indicado, sendo necessário avaliar as propriedades reológicas de misturas com proporção de substituição abaixo de 10%.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Código de Financiamento 001, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, a Empresa Atto Sementes e a Empresa Grupo Dallas®.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. *Methods of the American Association of Cereal Chemists*. 11. ed. Saint Paul: AACC, 2010.
- ANBERBIR, S. M. *et al.* Evaluation of nutritional composition, functional and pasting properties of pearl millet, teff, and buckwheat grain composite flour. *Applied Food Research*, v. 4, n. 1, p. 100390, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100390>
- BAKARE, A. H. *et al.* Effects of pretreatments of banana (*Musa AAA*, Omini) on the composition, rheological properties, and baking quality of its flour and composite blends with wheat flour. *Food Science & Nutrition*, v. 5, n. 2, p. 182–196, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.378>
- BORDES, J. *et al.* Agronomic characteristics, grain quality and flour rheology of 372 bread wheats in a worldwide core collection. *Journal of Cereal Science*, v. 48, n. 3, p. 569–579, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.05.005>
- CAPPELLI, A.; BINI, A.; CINI, E. The effects of storage time and environmental storage conditions

- on flour quality, dough rheology, and biscuit characteristics: The case study of a traditional italian biscuit (Biscotto di Prato). *Foods*, v. 11, n. 2, p. 209, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11020209>
- COSTA, M. G. *et al.* Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. *Food Science and Technology*, v. 28, p. 220–225, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000100031>
- DIAS-MARTINS, A. M. *et al.* Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. *Food Research International*, v. 109, p. 175–186, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.023>
- HU, Y. *et al.* As the number falls, alternatives to the Hagberg–Perten falling number method: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 21, n. 3, p. 2105–2117, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12959>
- INDRANI, D. *et al.* Alveograph as a tool to assess the quality characteristics of wheat flour for parotta making. *Journal of Food Engineering*, v. 78, n. 4, p. 1202–1206, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.032>
- LAMACCHIA, C. *et al.* Characterizing the rheological and bread-making properties of wheat flour treated by “Gluten Friendly™” technology. *Foods*, v. 10, n. 4, p. 751, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10040751>
- MAGALHÃES, T. L. S. *et al.* Effects of acute consumption of a beverage based on extruded whole-grain pearl millet flour on glycemic and insulinemic control, food intake, and appetite sensation in eutrophic adults: A randomized cross-over clinical trial. *Nutrition*, v. 126, p. 112506, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2024.112506>
- MEENA, K. K. *et al.* Nutritional and functional exploration of pearl millet and its processing and utilization: An overview. *Food and Humanity*, v. 3, p. 100334, 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100334>
- REZETTE, L. *et al.* Impact of wheat flour composition on dough properties: Focus on the minor components. *Journal of Cereal Science*, v. 124, p. 104233, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2025.104233>
- SATYAVATHI, C. T. *et al.* Pearl millet: a climate-resilient nutricereal for mitigating hidden hunger and provide nutritional security. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, p. 659938, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659938>
- SELLADURAI, M. *et al.* Considerations for gluten free foods-pearl and finger millet processing and market demand. *Grain & Oil Science and Technology*, v. 6, n. 2, p. 59–70, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2022.11.003>
- SINGH, A. K. *et al.* Enhancement of attributes of cereals by germination and fermentation: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 55, n. 11, p. 1575–1589, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.706661>
- TAVHARE, S. D. Millets as a dietary supplement for managing chemotherapy induced side effects. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, v. 15, n. 1, p. 100901, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaim.2024.100901>
- THEODORO, J. M. V. *et al.* Chemical composition and in vitro iron bioavailability of extruded and open-pan cooked germinated and ungerminated pearl whole millet “*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.” *Food Chemistry*, v. 457, p. 140170, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140170>