



INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DA FARINHA DE SORGO INTEGRAL NA PRODUÇÃO DE PÃO SEM GLÚTEN

¹Etiene V. AGUIAR, ²Vitória A. ARAÚJO, ³Natália S. VALENTE, ⁴Marión E. A. FERNANDEZ, ⁵Cícero B. MENEZES, ⁶Valéria A. V. QUEIROZ, ⁷Vanessa D. CAPRILES*

¹Universidade Federal de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Nutrição, São Paulo, etiene.aguiar@unifesp.br

²Universidade Federal de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Nutrição, São Paulo, vitoria.araujo@unifesp.br

³Universidade Federal de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Nutrição, São Paulo, nsvalente@unifesp.br

⁴Universidade Federal de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Nutrição, São Paulo, marion.aguiar@unifesp.br

⁵Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais, cicero.menezes@embrapa.br

⁶Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais, valeria.vieira@embrapa.br

⁷Universidade Federal de São Paulo, Instituto Saúde e Sociedade, Santos, São Paulo, vanessa.capriles@unifesp.br

*E-mail para correspondência: etiene.aguiar@unifesp.br / vanessa.capriles@unifesp.br

RESUMO: Uma estratégia para aumentar o uso do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) na alimentação humana é incorporá-lo em alimentos comumente consumidos pela população, como os produtos de panificação. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a influência da granulometria da farinha integral de sorgo (FIS) na panificação sem glúten. Grãos de sorgo bronze foram moídos, obtendo a FIS fina (FF) (72,5% 425 µm, 19,6% 250 µm, 4,8% 180 µm, e 3,2% ≤ 150 µm), média FM (78,3% 425 µm, 16,6% 250 µm, 3,5% 180 µm, e 1,7% ≤ 150 µm) e grossa FG (88,1% 425 µm, 9,3% 250 µm, 2,1% 180 µm, e 0,5% ≤ 150 µm). Essas FIS foram utilizadas na elaboração de pães sem glúten (PSG), em proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% da base farinha (bf), combinadas com farinha de arroz (FA). No total, 13 formulações de PSG foram elaboradas, e caracterizadas quanto às propriedades físicas. Os resultados mostraram que é possível utilizar os 3 tipos de FIS, em proporção de 100% bf, obtendo PSG com expansão similar à formulação controle (100%FA). A utilização das FM e FG contribuiu para a obtenção de PSG mais macios (menores valores de firmeza e dureza) em comparação com os PSG elaborados com FF, principalmente quando combinada com 25% de FA. Assim, este estudo indica o potencial de uso das FIS em altas porcentagens (50 a 100% bf), e também em variados níveis de moagem. Em continuidade, será avaliada a influência do nível de moagem na composição, aceitabilidade e potencial bioativo dos PSG.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, pão sem glúten, volume, textura, Mixolab.

INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é o quinto cereal mais produzido no mundo. No entanto, apesar de ser um grão com conteúdo nutricional interessante, permanece subutilizado (Visarada, Aruna, 2019; Bianco-Gomes et al., 2022). Uma estratégia para aumentar o uso do sorgo na alimentação humana é incorporá-lo em alimentos comumente consumidos pela população, como os produtos de panificação (Aguiar et al., 2023).

Os grãos de cereais podem ser moídos em diferentes níveis de moagem, possibilitando a obtenção e utilização de farinhas mais finas ou mais grossas, de acordo com o produto final desejado. A granulometria da farinha é um fator que pode impactar diretamente nos parâmetros de qualidade dos produtos de panificação, como as propriedades físicas, sensoriais e a composição nutricional e de bioativos (Memom et al. 2020).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da granulometria da FIS na elaboração de PSG.

MATERIAL E MÉTODOS

Grãos de sorgo bronze do genótipo BRS 373 foram moídos (moinho de laboratório 3303, Perten Instruments, Estocolmo, Suécia) nos níveis 0, 3 e 6, ou seja, resultando em três tipos de farinhas integrais de sorgo (FIS): farinha fina (FF), farinha média (FM) e farinha grossa (FG). As farinhas foram caracterizadas quanto a granulometria e composição centesimal seguindo os métodos da AOAC (2005), índices de solubilidade (ISA) e de absorção em água (IAA) (Anderson et al., 1982). Essas farinhas foram utilizadas na elaboração de pão sem glúten (PSG), em proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% da base farinha (bf), em combinação com a FA. As propriedades termomecânicas das massas foram avaliadas no Mixolab® (Santos, Capriles, 2021).

Para a produção dos PSG foi utilizado o método de massa direta, seguindo as condições de processamento: mistura a 110rpm rpm por 4 minutos, fermentação controlada (40°C, umidade relativa 85%) durante 45 minutos, e forneamento a 160°C por 22 minutos (Santos et al., 2018). Os pães foram caracterizadas quanto ao volume específico utilizando Volscan profiler 600, firmeza do do miolo e perfil de textura (TPA) utilizando o Texturômetro (TA.XT plus), e umidade do miolo por gravimetria, seguindo os métodos da AACC (2010). Os resultados foram apresentados como média e desvio padrão utilizando o software Statistica® 14.10.8. Para comparar médias, foram aplicados a análise de variância (ANOVA) e o teste post-hoc de Tukey, adotando-se o nível de significância de $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a caracterização das FIS. Em relação a granulometria, a principal diferença das FIS é a porcentagem de partículas retidas na peneira de 425µm. Observa-se que a amostra FM apresenta maior IAA, e não houve diferença no ISA em relação as demais amostras.

Sobre a composição centesimal, observa-se que a FF apresentou maior teor de proteína em comparação a FM e FG. Enquanto a FG apresentou maior teor de fibra insolúvel em comparação com FF e FM. Esses resultados são parecidos com os relatados por Cheng et al. (2023), que constatarem maiores níveis de fibra em FG de cevada e aveia, em comparação as farinhas de menor granulometria obtidas com esses cereais. No entanto, esses pesquisadores reportaram maior teor proteico nas farinhas grossas, diferentemente do que foi observado no presente estudo.

Em relação às características termomecânicas, observou-se que a FF e FG apresentam curvas semelhantes, enquanto a FM apresenta valores mais baixos de C3.

A Tabela 2 apresenta a caracterização dos pães quanto às propriedades físicas. Observa-se que a granulometria da farinha não influenciou o volume do pão elaborado com 100% FIS, resultando em pães com volume similar que o pão controle, elaborado com 100% FA. A combinação de 75% de FF ou FM com 25% de FA resulta em pães com maior volume. Nota-se uma forte influência da granulometria das FIS na firmeza do miolo dos PSG em todos os níveis de moagem e concentrações testadas. A utilização das FM e FG contribuiu para a obtenção de PSG mais macios (menores valores de firmeza e dureza) em comparação com os PSG elaborados com FF, principalmente quando combinada com 25% de FA, indicando uma melhora nas propriedades físicas desses produtos.

Apesar das formulações com FIS apresentarem menores valores de elasticidade quando comparadas com a formulação controle, os dados de coesividade e mastigabilidade dos PSG contendo FIS apresentam valores mais baixo, indicando o potencial dos níveis da FIS moída nos níveis médio e grosso para a obtenção de produtos de panificação que indicam uma textura mais macia e mais fácil mastigabilidade.



Tabela 1 – Perfil granulométrico e composição centesimal de farinhas integrais de sorgo (BRS 373).

Perfil granulométrico	Farinha fina (FF)	Farinha média (FM)	Farinha grossa (FG)
425 µm (%)	72,53 ^c ± 0,66	78,34 ^b ± 0,66	88,11 ^a ± 2,52
250 µm (%)	19,56 ^a ± 3,09	16,60 ^a ± 1,10	9,32 ^b ± 2,74
180 µm (%)	4,77 ^a ± 1,17	3,46 ^{ab} ± 0,67	2,06 ^b ± 0,26
≤ 150 µm (%)	3,23 ^a ± 1,26	1,60 ^{ab} ± 0,57	0,51 ^b ± 0,33
Índice de absorção (IAA) e solubilidade de água (ISA)			
<u>IAA</u>	0,68 ^b ± 0,02	0,78 ^b ± 0,03	0,72 ^a ± 0,01
<u>ISA</u>	0,02 ^a ± 0,00	0,02 ^a ± 0,00	0,02 ^a ± 0,00
Composição (g/100g - amostra úmida)			
Umidade	14,24 ^a ± 0,03	14,03 ^b ± 0,04	13,78 ^c ± 0,07
Cinzas	1,44 ^a ± 0,01	1,48 ^a ± 0,03	1,46 ^a ± 0,02
Proteínas	13,14 ^a ± 0,12	9,91 ^b ± 0,42	10,00 ^b ± 0,54
Lipídeos	1,72 ^a ± 0,12	1,78 ^a ± 0,16	1,76 ^a ± 0,15
Fibra insolúvel	16,41 ^b ± 0,24	17,67 ^b ± 0,72	22,56 ^a ± 1,42
Fibra solúvel	1,80 ^a ± 0,09	1,71 ^a ± 0,07	1,76 ^a ± 0,07
Fibra alimentar total	18,21	19,37	24,32
Carboidratos disponíveis	51,25	53,43	48,68

*Valores são médias ± desvios padrão. Valores seguidos por sobrescritos diferentes em cada linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Os carboidratos disponíveis foram calculados pela diferença [100 – (umidade + cinzas + proteína + gordura + fibra insolúvel + fibra solúvel)].

Tabela 2 - Propriedades físicas dos pães elaborados com misturas de farinha de arroz (FA) e farinha integral de sorgo fina (FF), média (FM) e grossa (FG).

Pães	Volume específico (cm ³ /g) ¹	Firmeza do miolo (N) ²	Umidade do miolo (%) ¹	Dureza (N) ³	Elasticidade ³	Coesividade ³	Mastigabilidade (N) ³
100 FA	1,61 ^{cde} ± 0,05	12,01 ^f ± 0,51	52,39 ^{abcd} ± 0,10	716,09 ^{bcd} ± 67,62	0,93 ^a ± 0,01	0,52 ^a ± 0,01	337,74 ^a ± 18,19
100 FF	1,62 ^{cde} ± 0,01	23,46 ^a ± 1,36	51,81 ^{cde} ± 0,30	847,23 ^a ± 84,89	0,57 ^c ± 0,03	0,24 ^f ± 0,01	112,65 ^e ± 9,46
100 FM	1,67 ^{bc} ± 0,02	19,55 ^b ± 0,51	52,00 ^{bcd} ± 0,11	455,71 ^f ± 28,00	0,40 ^g ± 0,02	0,16 ^h ± 0,00	28,90 ^g ± 2,32
100 FG	1,64 ^{bcd} ± 0,03	17,53 ^c ± 1,35	51,96 ^{bcd} ± 0,61	383,90 ^f ± 22,20	0,38 ^g ± 0,01	0,16 ^h ± 0,01	23,69 ^g ± 1,87
75 FF : 25 FA	1,76 ^a ± 0,01	17,61 ^c ± 0,49	52,97 ^{ab} ± 0,34	679,62 ^{cd} ± 49,67	0,68 ^d ± 0,02	0,28 ^c ± 0,01	132,93 ^e ± 4,93
75 FM : 25 FA	1,70 ^{ab} ± 0,04	15,72 ^{de} ± 1,16	53,21 ^a ± 0,35	561,77 ^e ± 37,07	0,54 ^{ef} ± 0,02	0,23 ^{fg} ± 0,01	78,95 ^f ± 5,90
75FG : 25 FA	1,59 ^{de} ± 0,01	15,95 ^{cde} ± 1,20	53,15 ^a ± 0,37	564,21 ^e ± 46,67	0,52 ^f ± 0,01	0,21 ^g ± 0,01	59,25 ^f ± 5,27
50FF : 50 FA	1,68 ^{bc} ± 0,02	16,68 ^{cd} ± 0,47	51,72 ^{cde} ± 0,15	802,49 ^{ab} ± 78,72	0,77 ^c ± 0,02	0,35 ^d ± 0,01	215,13 ^c ± 12,86
50FM : 50 FA	1,65 ^{bcd} ± 0,04	15,58 ^{de} ± 0,88	51,59 ^{de} ± 0,63	663,90 ^{cd} ± 57,60	0,74 ^c ± 0,02	0,32 ^d ± 0,02	160,74 ^d ± 14,32
50FG : 50 FA	1,58 ^{de} ± 0,01	14,97 ^e ± 0,65	51,33 ^c ± 0,40	643,24 ^{de} ± 34,53	0,75 ^c ± 0,02	0,33 ^d ± 0,02	158,27 ^d ± 12,34
25FF : 75 FA	1,64 ^{bcd} ± 0,00	15,38 ^{de} ± 0,46	52,71 ^{abc} ± 0,12	748,66 ^{bc} ± 43,58	0,86 ^b ± 0,02	0,39 ^c ± 0,02	250,58 ^b ± 19,32
25FM : 75 FA	1,56 ^{ef} ± 0,02	15,12 ^{de} ± 0,73	52,53 ^{abcde} ± 0,24	718,76 ^{bcd} ± 25,90	0,85 ^b ± 0,01	0,41 ^{bc} ± 0,02	253,10 ^b ± 10,80
25 FG : 75 FA	1,50 ^f ± 0,01	14,70 ^e ± 0,40	52,29 ^{abc} ± 0,29	734,66 ^{bc} ± 50,67	0,85 ^b ± 0,03	0,44 ^b ± 0,03	264,66 ^b ± 25,59

*Os valores são apresentados como média ± desvio padrão. Valores seguidos por letras diferentes em cada coluna são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

CONCLUSÃO

O estudo indica a viabilidade de produzir PSG com boas características físicas utilizando altas concentrações de FIS, e que o uso de níveis mais grossos de moagem teve impacto positivo nas propriedades físicas dos pães. Em relação aos blends, o uso de 25%FA em combinação com as FIS, apresentou o efeito positivo para uma maior expansão dos pães. Em continuidade, será avaliada a influência do nível de moagem na composição, aceitabilidade e potencial bioativo dos PSG.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2024/13173-5 e 2021/06643-7.

REFERÊNCIAS

AOAC. . *Official Methods of Analysis of the AOAC International*. 2005.

AACC, I. Approved Methods of Analysis. Method 66-50—Pasta and Noodle Cooking Quality-Firmness. *Cereals & Grains Association St. Paul*, p.1–3, 2010.

AGUIAR, E. V., SANTOS, F. G., KRUPA-KOZAK, U., CAPRILES, V. D. Nutritional facts regarding commercially available gluten-free bread worldwide: Recent advances and future challenges. *Critical reviews in food science and nutrition*, v.63, n.5, p.693–705, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1952403>

BIANCO-GOMES, A. C.; NOGUEIRA, L. D. S.; BONO-LOPES, N. V. M.; GOUVÊA-SOUZA, C. P.; BOLDRINI-FRANÇA, J.; GOMES, V. M.; CHERENE, M. B.; ALVES, N. E. G.; VASCONCELOS, C. M. Dry Heat and Pressure Favor Bioactive Compounds Preservation and Peptides Formation in Sorghum [Sorghum Bicolor (L.) Moench]. *Curr Res Food Sci*, 5, p.117–124, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.12.013>.

FAJARDO, V., M. P. GONZALEZ, M. MARTINEZ, M. D L. SAMANIEGO-VAESKEN, M. ACHON, N. UBEDA, AND E. ALONSO-APERTE. Updated food composition database for cereal-based gluten free products in Spain: Is reformulation moving on? *Nutrients*, v.12, n.8, 2369, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12082369>.

MEMON, A. A., MAHAR, I., MEMON, R., SOOMRO, S., HARNLY, J., MEMON, N., BHANGAR, M. I., LUTHRI, D. L. Impact of flour particle size on nutrient and phenolic acid composition of commercial wheat varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 103358, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103358>

SANTOS, F. G.; AGUIAR, E. V.; CAPRILES, V. D. Analysis of Ingredient and Nutritional Labeling of Commercially Available Gluten-Free Bread in Brazil. *Int J Food Sci Nutr*, v.70, n.5, p.562–569, 2019. DOI: [10.1080/09637486.2018.1551336](https://doi.org/10.1080/09637486.2018.1551336)

SANTOS, F.G.; FRATELLI, C.; MUNIZ, D.G.; CAPRILES, V.D. Mixture Design Applied to the Development of Chickpea-Based Gluten-Free Bread with Attractive Technological, Sensory, and Nutritional Quality. *J. Food Sci.*, v.83, p.188–197, 2018. DOI: [10.1111/1750-3841.14009](https://doi.org/10.1111/1750-3841.14009).

SANTOS, F. G.; CAPRILES, V. D. Relationships between Dough Thermomechanical Parameters and Physical and Sensory Properties of Gluten-Free Bread Texture during Storage. *LWT*, v.139, 110577, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110577>

VISARADA, K. B. R. S.; ARUNA, C.. Sorghum: A Bundle of Opportunities in the 21st Century. In *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*; Elsevier, P.1–14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00001-2>.