

Capítulo 11

Substituição parcial de farinha de trigo por farinha de milho biofortificado germinado na produção de pães de forma: efeitos na cor, volume e perfil de textura

Larissa Mirelle Mendes Magalhães¹; Marinna Fabiane Lourenço Ferreira²; Jéssica Aparecida Ribeiro²; Washington Azevêdo da Silva³; Maria Cristina Dias Paes⁴; Felipe Machado Trombete*³;

Resumo

Estudos publicados nos últimos anos têm demonstrado uma tendência dos consumidores de diferentes países pelo consumo de cereais germinados, processo no qual os grãos são hidratados e permanecem em repouso para que ocorra naturalmente o desenvolvimento do embrião, tendo como consequência diversas modificações químicas e nutricionais. No entanto, poucos estudos têm sido realizados no Brasil sobre esse tema. Essa pesquisa objetivou produzir farinha integral de milho germinado e não germinado, utilizando como matéria-prima o milho biofortificado BRS 4104, cereal com elevados teores de carotenoides e avaliar o efeito da adição da farinha sobre a cor, volume específico e perfil de textura de pães. Foram desenvolvidos pães com substituição de 15% e 30% de farinha de trigo por farinha de milho integral germinado e não germinado. A adição de farinha de milho biofortificado aumentou a intensidade da cor amarela (b+) em todas as formulações e as elaboradas com substituição de até 15% não acarretam mudanças negativas no volume e textura dos pães, podendo ser utilizadas na produção dos pães de forma. Substituições de 30% não são viáveis do ponto de vista tecnológico por causarem redução de cerca de 20% do volume específico, apresentando menor coesividade e maiores valores de firmeza, gomosidade e mastigabilidade.

Palavras-chave: Análises físicas. Biofortificação. Grãos germinados. Panificação. Tecnologia de Cereais.

¹Discente do Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Biosistemas, UFSJ *Campus* Sete Lagoas;

²Discente do Curso de Engenharia de Alimentos, UFSJ *Campus* Sete Lagoas;

³Professores do Departamento de Engenharia de Alimentos, UFSJ *Campus* Sete Lagoas;

⁴Coordenadora do Laboratório de Qualidade de Grãos, Embrapa Milho e Sorgo;

*Autor para correspondência: trombete@ufsj.edu.br

Introdução

A germinação de grãos é uma prática doméstica comumente realizada em países da África e Ásia. Em geral, esse processo consiste nas etapas de imersão dos grãos em água, germinação e secagem, tendo como objetivo promover mudanças químicas através do aumento da atividade enzimática das fitases, glicosidasas, amilases e proteases (DIAS-MARTINS *et al.*, 2018). Durante esse processo as enzimas endógenas são ativadas ocorrendo a hidrólise de proteínas, carboidratos complexos e lipídios, em compostos mais simples, como aminoácidos, açúcares e ácidos graxos livres, respectivamente. Novos constituintes celulares e fitoquímicos são sintetizados, muitos desses com potencial antioxidante, tais como os compostos fenólicos (FINNIE; BROVELLI; NELSON, 2019).

No setor alimentício, a maioria dos lançamentos de produtos contendo grãos germinados ocorreu na Europa e na América do Norte, principalmente na forma de produtos da panificação e snacks. Na região da Ásia-Pacífico destaca-se o surgimento de produtos líquidos prontos para consumo, elaborados principalmente com quinoa, aveia e trigo germinado (BENINCASA *et al.*, 2019). No Brasil, Sant'ana (2018) avaliou as características do feijão-caupi biofortificado germinado, constatando que a germinação aumentou a biodisponibilidade e bioacessibilidade de ferro nesse alimento. Espera-se que, nos próximos anos, mais pesquisas objetivando estudar os efeitos nutricionais, tecnológicos e sensoriais sejam realizados no país.

Por outro lado, no setor industrial, algumas empresas lançaram em 2018 e 2019 produtos contendo grãos germinados, especialmente cereais. Comparando com países da Europa e América do Norte, percebe-se ainda uma quantidade muito limitada de produtos com ingredientes germinados disponíveis no mercado brasileiro, no entanto, verifica-se uma tendência cada vez maior pelo desenvolvimento de tais produtos, principalmente devido a demanda dos consumidores.

A inclusão de farinhas de cereais sem glúten, assim como a farinha de milho em produtos da panificação pode ser uma alternativa interessante na substituição parcial da farinha de trigo, enriquecendo-os nutricionalmente, além de contribuir com uma maior diversificação dos produtos tradicionais. A variedade de milho BRS 4104 foi desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo e possui maiores concentrações de carotenoides precursores da vitamina A nos grãos, em concentrações cerca de 3 vezes maior do que no milho convencional utilizado pela indústria de alimentos (PEREIRA FILHO, 2014).

A produção de farinha integral a partir desses grãos germinados, utilizando além do endosperma o farelo e gérmen, permitirá a obtenção de um produto com maiores teores de fibras e

com diferentes características sensoriais. No entanto, deve ser avaliado se tais modificações na formulação dos produtos acarretam alterações negativas na qualidade dos produtos.

Nesse sentido, a análise do perfil de textura instrumental (TPA - *Texture Profile Analysis*) tem sido amplamente utilizada na área de panificação para avaliar atributos de qualidade que interferem diretamente na aceitação dos alimentos. Através da TPA pode-se obter resultados rápidos sobre a firmeza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade, dentre outras propriedades, tornando-a muito interessante para caracterização de novos produtos alimentícios (WEE *et al.* 2018).

O objetivo do presente estudo foi produzir farinhas integrais de milho biofortificado germinado e avaliar os efeitos da substituição parcial de farinha de trigo no perfil de textura, volume específico e cor de pães de forma.

Material e métodos

Os grãos de milho BRS 4104 utilizados para produção da farinha integral foram produzidos pela Embrapa Milho e Sorgo, tendo sido inicialmente realizada análise de umidade através de determinador automatizado por infravermelho (OHAUS MB23). O beneficiamento para remoção de matérias-estranhas e impurezas ocorreu manualmente, com auxílio de tamisação em peneiras com diferentes aberturas para remoção de terra e partículas sólidas, aplicação de jatos de ar para remoção de palhas e passagem de imã para remoção de possíveis partículas metálicas, obtendo-se então um produto apto para moagem ou germinação.

Os grãos foram então germinados, sendo inicialmente sanificados com solução 1% NaClO, seguido de três enxágues com água de torneira e hidratação por 12 h em água mineral. Após esse período, a água foi removida e os grãos armazenados em ambiente escuro por 36 h até o desenvolvimento da radícula. Os grãos germinados foram então desidratados em forno elétrico Gpaniz FTG150 a 45 °C por 24 h. Após desidratação foram moídos em moinho de facas (MA680, Marconi), utilizando malha de 2000 µm para padronização da granulometria.

Foram produzidos pães de forma com substituição de 15% e 30% de farinha de farinha de trigo por farinha integral de milho germinado (FMG15% e FMG30%) e com substituição parcial por farinha de milho integral não germinado (FM15% e FM30%) e também uma formulação controle (FC), sem adição de qualquer tipo de farinha de milho. A formulação controle utilizada é descrita a seguir, sendo a farinha de trigo considerada 100% (500 g) e os demais ingredientes expressos em relação a ela, sendo: água mineral gelada (75%), amido de milho (7,5%), margarina (5%), açúcar

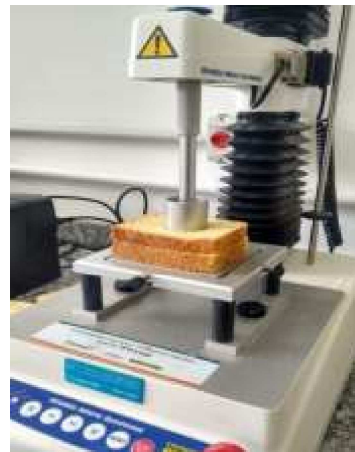
crystal (3%), leite em pó (3%), sal refinado (2%), fermento biológico desidratado (2%), melhorador de farinha (1%) e emulsificante (1,5%).

Para a produção dos pães, inicialmente, foi realizada a ativação do fermento através da formação de uma pasta aquosa composta pelo fermento, açúcar e parte da farinha de trigo, a qual ficou em repouso em câmara de fermentação a 33 °C por 20 min. Após, os demais ingredientes foram adicionados e a massa desenvolvida. Em seguida, as massas foram modeladas e tiveram a segunda fermentação dentro das formas a 33°C por aproximadamente 30 min. O forneamento ocorreu em forno elétrico a 160 °C por 30 min, sendo então retiradas as tampas e mantido a 180 °C por mais 10 min, totalizando 45 min de forneamento. Os pães desenformados foram resfriados a temperatura ambiente sobre grades metálicas, sendo posteriormente embalados em plástico de polietileno transparente.

Para a determinação do volume específico foi utilizado o método de deslocamento de sementes de painço (AACCI 10-05.01), através da pesagem dos pães e avaliação do volume, sendo os resultados expressos em cm^3/g . A cor foi determinada utilizando o colorímetro Konica Minolta CR400, com sistema CIELAB, na escala $L^*a^*b^*$, com 10 leituras para cada produto.

O perfil de textura dos pães foi avaliado em texturômetro instrumental (TA.XT plus, Stable Micro Systems), utilizando probe cilíndrica de 30 mm de diâmetro (Figura 01), com duas compressões seguidas na amostra composta por duas fatias de 2,5 cm de espessura sobrepostas, obtendo-se valores para os parâmetros firmeza, coesividade, gomosidade e mastigabilidade. Todos os resultados obtidos foram avaliados por estatística descritiva e ANOVA, utilizando o software Sisvar 5.6 DEX/UFLA.

Figura 01– Fotografia dos pães elaborados e avaliação do perfil de textura em texturômetro instrumental



Fonte: Dos autores, 2019.

Resultados e discussão

O grão de milho é considerado uma fonte de carotenoides, sendo os principais encontrados nos amiloplastos do endosperma do grão de milho, classificados como xantofilas e carotenos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). Com o intuito de preservar a maior parte dos carotenoides presentes nos grãos, optou-se pelo uso da farinha não fracionada, uma vez que ao retirar a fração mais grosseira, conhecida como gritz de milho, também seria retirada a maior parte dos carotenoides.

A cor é um atributo de grande importância na aceitação dos produtos pelos consumidores (SILVA *et al.*, 2009) e pela avaliação no colorímetro pôde-se verificar que a adição de farinha integral de milho, tanto a produzida com grãos germinados quanto a produzida com os grãos não germinados, causou modificações principalmente nos parâmetros de luminosidade (L^*) e b^+ (intensidade do amarelo), conforme demonstrado na Tabela 01. Observa-se que a adição das farinhas de milho promoveu aumento ($p < 0,05$) na intensidade da cor amarela em todas as formulações quando comparado ao controle e, os maiores valores foram obtidos para as amostras adicionadas de 30% de FM, certamente pelo aumento na concentração dos carotenoides.

Tabela 1 – Médias \pm desvio padrão dos resultados obtidos nas análises físicas de controle de qualidade dos pães de forma elaborados com farinha integral de milho e farinha integral de milho germinado

Parâmetros avaliados	AMOSTRAS					
	PFC	PFM15	PFMG15	PFM30	PFM30G	
L^*	65,6 \pm 1,6 ^a	64,0 \pm 2,2 ^a	59,7 \pm 1,3 ^b	60,87 \pm 2,2 ^b	57,9 \pm 1,7 ^b	
Cor	a^*	-0,19 \pm 0,19 ^{ab}	-1,25 \pm 0,16 ^a	-0,81 \pm 0,16 ^b	-0,17 \pm 0,30 ^a	-0,01 \pm 0,27 ^a
	b^*	14,1 \pm 0,6 ^d	18,8 \pm 0,6 ^c	18,5 \pm 0,4 ^c	23,7 \pm 0,3 ^a	22,7 \pm 0,7 ^b
Volume específico (cm ³ /g)	3,32 \pm 0,1 ^a	3,11 \pm 0,09 ^a	3,10 \pm 0,13 ^a	2,81 \pm 0,04 ^b	2,55 \pm 0,10 ^b	

Fonte: Dos autores, 2019.

Legenda: PFC: Pão de forma Controle. PFM15: Pão de forma com substituição de 15% por farinha de milho. PFMG15: Pão de forma com substituição de 15% por farinha de milho germinado. PFM30: Pão de forma com substituição de 30% por farinha de milho. PFM30G: Pão de forma com substituição de 30% por farinha de milho germinado.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (comparação entre tratamentos) não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Já em relação ao volume dos pães, verificou-se que, a adição de até 15% de farinha integral de milho, germinado ou não, não acarreta diferença significativa ($p > 0,05$) do controle. Adições de 30% já prejudicam o volume dos pães, com redução de cerca de 20% no volume. É importante

ressaltar que, quanto maior o volume específico dos pães de forma, maior é a sua aceitação pelos consumidores, estando relacionado com produtos mais leves e macios (ROSELL, 2019). Substituições de farinha de trigo por farinhas sem glúten podem enfraquecer a rede de glúten, com alterações na tenacidade e na extensibilidade da massa, prejudicando na retenção dos gases da fermentação em consequentemente, ocasionando um menor volume dos pães (ŠVEC; HRUŠKOV,2010).

Na análise do perfil de textura (Tabela 02) da amostra controle e das substituídas por 30% de farinha de milho (FMG30% e FM30%) foi possível verificar que a adição de farinhas integrais de milho tornou os pães menos macio ($p < 0,05$). A coesividade quantifica a resistência da estrutura interna do alimento, representando a capacidade do material em manter seu estado original até atingir o momento em que se desagregue (BOURNE, 2002). Verificou-se uma pequena diminuição ($p < 0,05$) na coesividade das amostras FMG30% e FM30% em comparação a amostra controle, demonstrando que a adição dessas torna os pães mais propensos à desintegração.

Tabela 02– Médias dos resultados \pm desvio padrão obtidas nas análises de textura instrumental de pães de forma controle (F de forma elaborados com farinha integral de milho (FM) e farinha integral de milho germinado (FMG)

Parâmetro	Amostras		
	PFC	PFM30	PFM30G
Firmeza (g)	480,7 \pm 35,5 ^b	816,7 \pm 15,6 ^a	698,9 \pm 82,4 ^a
Coesividade	0,69 \pm 0,04 ^a	0,62 \pm 0,06 ^b	0,53 \pm 0,03 ^b
Gomosidade	331,6 \pm 12,9 ^b	466,3 \pm 22,1 ^a	426,0 \pm 24,8 ^a
Mastigabilidade	178,0 \pm 11,9 ^c	407,12 \pm 27,6 ^a	305,1 \pm 18,1 ^b

Fonte: Dos autores,2019.

Legenda: PFC: Pão de forma Controle. PFM30: Pão de forma com substituição de 30% por farinha de milho. PFM30G: Pão de forma com substituição de 30% por farinha de milho germinado.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (comparação entre tratamentos) não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva *et al.* (2009) ao utilizarem farinha de “okara” no desenvolvimento de pão de forma. Estes autores verificaram o aumento da dureza e diminuição da coesividade com elevação da quantidade de farinha de okara, relacionando o aumento da dureza com o maior valor da densidade do miolo e à redução do volume dos pães.

A gomosidade é um parâmetro determinado pela firmeza multiplicada pela coesividade e equivale a força necessária para desintegrar um alimento durante a mastigação até o ponto de

deglutição, enquanto a mastigabilidade determina o tempo necessário para atingir tal consistência necessária para a engolir o alimento. Verificou-se que tanto a gomosidade quanto a mastigabilidade aumentam ($p < 0,05$) com a substituição da farinha de trigo por farinha integral de milho germinado e não germinado, indicando que os produtos precisam ser mastigados por mais vezes e por mais tempo que o pão controle, o que característico de produtos adicionados de fibras e integrais (TROMBETE *et al.*, 2019).

Conclusão

As formulação de pães de forma com substituição de até 15% de farinha de trigo por farinha integral de milho não acarretou em mudanças negativas no volume dos pães, já substituições de 30% não foram consideradas viáveis do ponto de vista tecnológico por alterar de forma negativa o volume e textura dos pães. Quando comparado o uso da farinha integral produzida com grãos germinados e com grãos não germinados não foram observadas alterações relevantes nos parâmetros avaliados, indicando que ambas podem ser utilizadas na produção dos pães de forma. Mais estudos são necessários para avaliar a aceitação dos consumidores pelos produtos elaborados com grãos de milho germinado, bem como, estudar as alterações nutricionais que tal proceso promove nos grãos.

Referências

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS – AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 11th ed. St. Paul, Minnesota, 1995
- BENINCASA, P.; GALIENI, A.; MANETTA, A. C. *et al.* Phenolic compounds in grains, sprouts and wheatgrass of hulled and non-hulled wheat species. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n.9, p.1795-803, 2014.
- BOURNE, M. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. Academic Press: New York. 2002.
- DIAS-MARTINS, A.M., PESSANHA, K.L.F., PACHECO, S. *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, 2019.
- FINNIE, S.; BROVELLI, V.; NELSON, D. **Sprouted grains as a food ingredient**. p. 113-142. In.: *Sprouted Grains: Nutritional Value, Production and Applications*. Woodhead Publishing and AACC International Press. 2019. 344 p.
- PEREIRA FILHO, A. **Biofortificação - O milho BRS 4104**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 40 p.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, DC: International Life Sciences Institute, 2001. 64p.
- ROSELL, C. M. **Trends in Science of Doughs and Bread Quality**. In. *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, 333–343, 2019.

- SANT'ANA, C. T. **Características físico-químicas, bioacessibilidade e biodisponibilidade de ferro do feijão-caupi biofortificado germinado**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. 67 p
- SILVA, L. H.; MENACHO, L. M. P. *et al.* Desenvolvimento de pão de fôrma com a adição de farinha de “okara”. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.12, n. 4, p. 315-322,2009.
- ŠVEC, I.; HRUKOV, M. Evaluation of wheat bread features. **Journal of Food Engineering**,v. 9 , n.4, p.505-510,2010.
- TROMBETE, F. M.; ASSIS, I. C. L.; BARBOSA, N. *et al.* **Efeitos da adição de fibras de psyllium no perfil de textura instrumental e na aceitação sensorial de bolo de arroz sem glúten**. In: IV JEA - Jornada Regional Sudeste de Engenharia de Alimentos, Diamantina: UFVJM, 2019.
- WEE, M.S.M.; GOH, A. T.; STIEGER, M.; FORDE, C. G. Correlation of instrumental texture properties from textural profile analysis (TPA) with eating behaviours and macronutrient composition for a wide range of solid foods. **Food and Function**, v.10, p.5301:5312, 2018.