

Efeitos de tratamentos térmicos aplicados em farinhas integrais de sorgo sobre propriedades antioxidantes de bolos isentos de glúten

Alexandre Gonçalves Teles⁽¹⁾, Valéria Aparecida Vieira Queiroz⁽²⁾, e Cícero Beserra de Menezes⁽²⁾

⁽¹⁾Estudante de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de São João del-Rei, Bolsista PIBIC do Convênio CNPq/Embrapa. ⁽²⁾Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes tratamentos térmicos empregados na farinha integral de sorgo, antes de sua utilização, sobre as propriedades antioxidantes de bolos isentos de glúten. Utilizou-se uma receita padrão com modificação apenas nos tratamentos aplicados à farinha de sorgo: (FC) farinha crua; (FT) farinha tostada por torrefação; (FCT) farinha crua/tostada (50% de FC+ 50% de FT); (FCo) farinha cozida e seca; (FE) farinha de sorgo extrudada. Uma formulação com farinha de arroz foi usada como controle. Foram avaliados capacidade antioxidante e os teores de antocianinas totais, 3-desoxiantocianinas, compostos fenólicos totais e taninos. O bolo feito com farinha crua obteve os melhores resultados quanto às propriedades antioxidantes, com níveis elevados de capacidade antioxidante, compostos fenólicos e taninos. Os bolos produzidos com as farinhas de sorgo tostada, tostada/crua e extrudada, embora tenham registrado perdas, ainda retiveram mais de 79% das características antioxidantes daquele feito com farinha crua. A estabilidade de 3-DXAs foi mais afetada pelos tratamentos térmicos, com perda por volta de 85% . Os bolos contendo farinha de sorgo superaram os de farinha de arroz em todos os compostos analisados, destacando-se a farinha de sorgo como ingrediente para a indústria de alimentos sem glúten e com potencial funcional.

Termos para indexação: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, produtos gluten-free, compostos fenólicos, alimentos funcionais.

Effects of heat treatments applied to whole sorghum flours on the antioxidant properties of gluten-free cakes

Abstract - The objective of this work was to evaluate the influence of different heat treatments used on whole sorghum flour, before its use, on the antioxidant properties of gluten-free cakes. A standard recipe was used with modifications only in the treatments applied to sorghum flour: (FC) raw flour; (FT) flour toasted by roasting; (FCT) raw/toasted flour (50% FC+ 50% FT); (FCo) cooked and dry flour; (FE) extruded sorghum flour. A formulation with rice flour was used as a control. Antioxidant capacity and levels of total anthocyanins, 3-deoxyanthocyanins, total phenolic compounds and tannins were evaluated. The cake made with raw flour obtained the best results in terms of antioxidant properties, with high levels of antioxidant capacity, phenolic compounds and tannins. Cakes produced with toasted, toasted/raw and extruded sorghum flour, although recorded losses, still retained more than 79% of the antioxidant characteristics of those made with raw flour. The stability of 3-DXAs was most affected by heat treatments, with a loss of around 85%. Cakes

containing sorghum flour outperformed those made with rice flour in all compounds analyzed, highlighting sorghum flour as an ingredient for the gluten-free food industry with functional potential.

Index terms: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, gluten-free products, phenolic compounds, functional food.

Introdução

O sorgo possui elevada tolerância à seca e custos de produção menores quando comparados a outros cereais, o que o torna uma cultura importante para uso futuro, haja vista a diminuição da disponibilidade de água no planeta e o aumento da demanda populacional (Schober; Bean, 2008).

Seus grãos integrais se destacam pelas suas propriedades nutricionais e funcionais altamente benéficas para a saúde. Além de serem ricas fontes de fibras, alguns genótipos podem, também, fornecer minerais, vitaminas e compostos bioativos. Desse último, destacam-se as antocianinas, os ácidos fenólicos, os taninos e o amido resistente (Awika; Rooney, 2004). Embora nos países ocidentais o sorgo seja cultivado quase exclusivamente para alimentação animal (Anunciação et al., 2017), seu uso para consumo humano tem aumentado, resultado da procura por alternativas dietéticas livres de glúten, e também de uma clara necessidade de incorporação de cereais integrais na alimentação humana (Schober; Bean, 2008).

Uma ampla diversidade de produtos à base de sorgo, por exemplo, cookies, bolos, pães, massas, cereais matinais, churros, entre outros, já foi desenvolvida no Brasil e apresenta aceitação sensorial positiva (Queiroz et al., 2021). Entretanto, características como textura ainda são motivos para otimização da formulação de alguns produtos feitos com esse cereal. Visando melhorar essa característica, foram aplicados diferentes tratamentos térmicos na farinha de sorgo antes de sua utilização. Porém, como o calor pode afetar o teor dos compostos bioativos (Queiroz et al., 2020), o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito desses tratamentos térmicos sobre as propriedades antioxidantes de bolos sem glúten.

Material e métodos

A farinha do híbrido de sorgo BRS 305, que possui altos teores de compostos fenólicos totais, taninos (Martinez et al., 2020) e alta capacidade antioxidante, foi obtida na Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). Os demais ingredientes foram obtidos em comércio local.

As formulações dos bolos foram desenvolvidas a partir de uma receita padrão com modificação apenas nos tratamentos aplicados à farinha de sorgo: (FC) farinha crua; (FT) farinha tostada por torrefação da farinha crua em forno elétrico (Fischer) a 180 °C por 40 min; (FCT) farinha crua/tostada (50% de FC+ 50% de FT); (FCo) farinha cozida e seca: obtida pelo

cozimento de 124 g de farinha de sorgo crua em 1 litro de água, em fogo baixo por 40 min e, posteriormente, submetida a secagem, em estufa (DeoLeo), a 80 °C por 24 horas e moída em moinho de laboratório (Hawos HM-1); (FE) farinha de sorgo extrudada: obtida na Embrapa Agroindústria de Alimentos (Rio de Janeiro, RJ), conforme descrito por Vargas-Solórzano et al. (2014). Para a formulação controle, foi utilizada a farinha de arroz (FA), por ser a mais usada em produtos sem glúten. As formulações continham os seguintes ingredientes e percentagens: farinha de sorgo ou de arroz (16%), açúcar (21,5%), amido de milho (13%), ovo em pó (3%), manteiga (9%), goma xantana (0,5%), fermento químico em pó (1,5%), água (35,5%). A proporção foi expressa em base de massa obtida pela soma de todos os ingredientes (394 g). Foram feitas três repetições de cada formulação. Para o preparo dos bolos, os ingredientes secos foram previamente misturados manualmente, em seguida, foram adicionadas a manteiga e a água, sendo, então, homogeneizados em batedeira da Oster power 750W por 3 min. Após a massa ficar homogênea, acrescentou-se o fermento. As misturas foram colocadas em formas de alumínio, com furo no meio, previamente untadas. O forno elétrico (Fischer) foi pré-aquecido a 180 °C por 15 min, e os bolos foram assados nessa mesma temperatura por 30 min. Depois de esfriados em temperatura ambiente, os bolos foram desenhados e acondicionados a -18 °C até serem feitas as análises químicas.

Para as análises químicas, as amostras foram previamente liofilizadas em Liofilizador SL-404 (Solab). A extração foi realizada com 1 g da amostra em 25 mL de metanol acidificado (1% HCl) com agitação em mesa agitadora (Nova Ética, modelo 109) a 200 rpm/120 min, posteriormente, centrifugada a 3.000 rpm/ 10 min e filtrada. A capacidade antioxidante (CA) foi avaliada utilizando o reagente 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato) (ABTS+) e Trolox como padrão de referência (Awika et al., 2003). Para quantificar os compostos fenólicos totais (CFT), foi empregado o método de Folin-Ciocalteu (Kaluza et al., 1980), com modificações. A absorbância das amostras foi medida em um espectrofotômetro (Hitachi U-1100 UV-Visível) a 600 nm. As 3-DXAs luteolinidina, apigeninidina e seus derivados metoxilados foram analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (Yang et al., 2012), com modificações. Os taninos foram quantificados pelo método vanilina-HCl (Price et al., 1978), com absorbância lida em espectrofotômetro a 500 nm.

O delineamento estatístico foi em blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos, em três repetições. Os resultados foram analisados por Anova, e as médias dos tratamentos foram comparadas por teste de Tukey em nível de 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico SISVAR.

Resultados e discussão

A CA dos bolos de sorgo variou de 8,88 (FCo) a 30,61 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$ (FC). Já o controle feito com FA foi de 3,48 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$. A CA do bolo feito com FT e a do feito com FCT foram estatisticamente iguais ($P < 0,05$), apresentando retenções da CA de 94,6 e 93,4%, respectivamente, em relação a FC (Tabela 1). Assim, o calor úmido (FCo) proporcionou maiores perdas que o calor seco (FT e FCT). Esse resultado corrobora o de Cardoso et al. (2014), que também observaram maiores perdas em farinha de sorgo tratada com calor úmido em comparação com o calor seco (Tabela 1).

Tabela 1. Capacidade antioxidante (CA, $\mu\text{mol TE g}^{-1}$)* e teores de compostos fenólicos totais (CFT, mg GAE g^{-1})* e taninos (TAN, mg CE g^{-1})* das formulações à base de farinha de sorgo BRS 305 pré-tratada e farinha de arroz (controle).

Farinha	CA ($\mu\text{mol TE g}^{-1}$)	Retenção (%)	CFT (mg GAE g^{-1})	Retenção (%)	TAN (mg CE g^{-1})
Farinha crua (FC)	30,61 a	-	3,38 a	-	0,8 a
Farinha tostada (FT)	29,02 b	94,6	3,31 a	98	0 b
Farinha crua/tostada (FCT)	28,61 b	93,4	2,86 b	84,6	0 b
Farinha extrudada (FE)	23,95 c	79,8	2,57 b	77,2	0 b
Farinha cozida (FCo)	8,88 d	29,2	1,73 c	51,6	0 b
Farinha de arroz (FA)	3,48 e	N/A	1,20 d	N/A	0 b

* Médias seguidas de letras diferentes dentro da mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os maiores teores de CFT foram detectados nos bolos contendo FC e FT, seguidos por aqueles contendo FCT e FE. O menor valor foi encontrado no boloc com FCo. Anunciação et al. (2017), comparando o conteúdo de compostos bioativos de cereais matinais de sorgo integral e de trigo, encontraram teores de fenólicos totais de $1,11 \text{ mgGAE g}^{-1}$, menor que os dos bolos produzidos com farinhas de sorgo deste estudo (entre $1,73 \text{ mg GAE g}^{-1}$ e $3,38 \text{ mg GAE g}^{-1}$), mas próximo do conteúdo do bolo com farinha de arroz ($1,20 \text{ mg GAE g}^{-1}$).

Os taninos foram detectados apenas nos bolos contendo FC ($0,8 \text{ mg CE g}^{-1}$). Vale ressaltar que os processamentos aplicados na farinha podem ter provocado mudanças na estrutura química ou complexação dos taninos com outros componentes das formulações, influenciando em sua extração/quantificação e nos resultados obtidos.

Em geral, a FC se destacou, apresentando maiores valores de CA, CFT e TAN, sugerindo uma opção potencialmente mais saudável e com menor consumo energético, portanto mais sustentável. Por outro lado, na formulação feita a partir da FCo, as perdas de CFT e da CA foram mais significativas (50% e 71%, respectivamente), evidenciando que o pré-tratamento da farinha com calor úmido (cozimento) é uma desvantagem, pois afeta suas propriedades funcionais. Esses resultados corroboram os estudos de Hithamani e Srinivasan (2014), os quais relataram perda média de 50,9% e 42,9% dos compostos fenólicos no sorgo após submeter o cereal, respectivamente, ao cozimento úmido sob pressão (103.421 pascals, 15 min) e à fervura em panela aberta (10 min).

No entanto, é importante salientar que as formulações produzidas com FT, FCT e FE, embora tenham sofrido perdas em suas propriedades antioxidantes, ainda apresentaram retenções entre 79,8 e 94,6% na CA e de 77,2 a 98,9% nos CFT, em relação à FC. Esses resultados mostram que, mesmo sofrendo dois tipos de tratamentos térmicos, os produtos feitos com essas farinhas (FT, FCT e FE) continuam sendo uma boa alternativa para uso em produtos sem glúten com potencial funcional.

O total de 3-DXAs variou de 2,12 (FCo) a $13,87 \mu\text{g g}^{-1}$ (FC) (Tabela 2). Não foram detectadas 3-DXAs na formulação controle (FA). Lut e 5-Lut foram as principais 3-DXAs encontradas nas formulações com as farinhas de sorgo. Cardoso et al. (2014) também relataram maiores quantidades de Lut e 5-Lut (32,1% e 30,7% do total de 3-DXAs) nas farinhas de sorgo processadas domesticamente.

Os teores de Api e 7-Api foram relativamente baixos em todas as formulações. A farinha crua apresentou maior teor de Api e de 7-Api. Cardoso et al. (2014) relataram que o processamento pode reduzir a concentração desses compostos por mecanismos ainda desconhecidos.

Tabela 2. Teores de 3-desoxiantocianinas (3-DXAs, $\mu\text{g g}^{-1}$)* das formulações feitas com farinha de sorgo BRS 305 pré-tratadas e com farinha de arroz (controle).

Farinha	3-Desoxiantocianinas ($\mu\text{g g}^{-1}$)					Retenção (%)
	Lut	5-Lut	Api	7-Api	Total	
Farinha crua (FC)	4,04 a	8,15 a	0,10 a	1,58 a	13,87a	-
Farinha tostada (FT)	0,65 c	2,74 c	0 b	0 c	3,39 c	24,6
Farinha crua/tostada (FCT)	2,03 b	6,78 b	0 b	0,54 b	9,36 b	67,5
Farinha extrudada (FE)	0,69 c	3,03 c	0 b	0 c	3,71 c	26,8
Farinha cozida (FCo)	0,08 d	2,03 c	0 b	0 c	2,12 d	15,3
Farinha de arroz (FA)	0 d	0 d	0 b	0 c	0 e	N/A

*Lut: Luteolinidina; 5-Lut: 5-metoxiluteolinidina; Api: Apigeninidina; 7-Api: 7-metoxiapigeninidina. Médias seguidas de letras diferentes dentro da mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Em relação ao bolo feito com FC, a maior retenção de 3-DXAs foi obtida naquele feito com FCT (67,5%). Os demais pré-processamentos sofreram com perdas superiores. Cardoso et al. (2014) observaram estabilidade das 3-DXAs em todos os processamentos com calor seco, reduzindo somente no processamento com calor úmido. Essas perdas de 3-DXAs do sorgo podem ser atribuídas à combinação do excesso de temperatura e de tempo de processamento, visto que, exceto pela FC, as demais formulações sofreram dois tratamentos térmicos. O grau de instabilidade e os produtos de degradação dependem da intensidade (temperatura e tempo) e da natureza do aquecimento (Patras et al., 2010).

Conclusão

O bolo feito com farinha de sorgo crua apresentou melhores resultados em capacidade antioxidante, compostos fenólicos e taninos. Na formulação com farinha cozida, o pré-processamento por calor úmido (cozimento) prejudicou suas propriedades antioxidantes. As farinhas de sorgo tostada, tostada/crua e extrusada também tiveram perdas, mas retiveram mais de 79% das características em comparação com a farinha crua. A estabilidade de 3-DXAs foi mais afetada pelos tratamentos térmicos, com cerca de 85% de perda. Os bolos contendo farinha de sorgo superaram os de farinha de arroz em todos os compostos analisados, destacando-se a farinha de sorgo com um potencial antioxidante superior. Embora o bolo de farinha de sorgo crua tenha preservado melhor as propriedades antioxidantes, com menor dispêndio energético, há necessidade de uma avaliação sensorial para confirmar sua superioridade em relação aos demais tratamentos.

Referências

- ANUNCIAÇÃO, P. C.; CARDOSO, L. de M.; GOMES, J. V. P.; DELLA LUCIA, C. M.; CARVALHO, C. W. P.; GALDEANO, M. C.; QUEIROZ, V. A. V.; ALFENAS, R. de C. G.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Comparing sorghum and wheat whole grain breakfast cereals: sensorial acceptance and bioactive compound content. **Food Chemistry**, v. 221, p. 984-989, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.065>.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, v. 65, n. 9, p. 1199-1221, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.04.001>.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WU, X.; PRIOR, R. L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 51, n. 23, p. 6657-6662, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf034790i>.
- CARDOSO, L. M.; MONTINI, A. T.; PINHEIRO, S. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; DUART, H. S.; MARTINI, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B. Effects of processing with dry heat and wet heat on the antioxidant profile of sorghum. **Food Chemistry**, v. 152, p. 210-217, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.106>.
- HITHAMANI, G.; SRINIVASAN, K. Bioaccessibility of polyphenols from wheat (*Triticum aestivum*), sorghum (*Sorghum bicolor*), green gram (*Vigna radiata*), and chickpea (*Cicer arietinum*) as influenced by domestic food processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 46, p. 11170-11179, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf503450u>.
- KALUZA, W. Z.; MCGRATH, R. M.; ROBERTS, T. C.; SCHROEDER, H. H. Separation of phenolics of *Sorghum bicolor* (L.) Moench grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, n. 6, p. 1191-1196, 1980. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf60232a039>.
- MARTINEZ, O. D. M.; TOLEDO, R. C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; PIROZI, M. R.; MARTINO, H. S. D.; BARROS, F. A. R. Mixed sorghum and quinoa flour improves protein quality and increases antioxidant capacity in vivo. **LWT**, v. 129, 109597, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109597>.
- PATRAS, A.; BRUNTON, N. P.; O'DONNELL, C.; TIWARI, B. K. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science and Technology**, v. 21, n. 1, p. 3-11, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.004>.
- PRICE, M. L.; VAN SCOYOC, S.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf60219a031>.
- QUEIROZ, V. A. V.; MENEZES, C. B. de; CARVALHO, C. W. P. de; GALDEANO, M. C.; CAPRILES, V. D.; OLIVEIRA, F. C. E. **Sorgo na produção de alimentos sem glúten**: propriedades sensoriais, nutricionais e funcionais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 42 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 272).
- QUEIROZ, V. A. V.; CORREIA, V. T. da V.; MENEZES, C. B. de; MIGUEL, R. de A.; CONCEIÇÃO, R. R. P. da; PAIVA, C. L.; FIGUEIREDO, J. E. F. Retention of phenolic compounds and acceptability of gluten-free churros made with tannin or tannin-free sorghum flour. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, e02288, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.02288>.
- SCHOBER, T. J.; BEAN, S. Sorghum and maize. In: ARENDT, E. K.; BELLO, F. D. (ed.). **Gluten-free cereal products and beverages**. San Diego: Academic Press, 2008. p. 101-118.
- VARGAS-SOLÓRZANO, J. W.; CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; CHERI, J. L.; QUEIROZ, V. A. V. Physicochemical properties of expanded extrudates from colored sorghum genotypes. **Food Research International**, v. 55, p. 37-44, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.023>.

YANG, L.; ALLRED, K. F.; GEERA, B.; ALLRED, C. D.; AWIKA, J. M. Sorghum phenolics demonstrate estrogenic action and induce apoptosis in nonmalignant colonocytes. **Nutrition and Cancer**, v. 64, n. 3, p. 419-427, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/01635581.2012.657333>.