

## Análise sensorial de cookie integral elaborado com farinha de milho de grãos pretos ricos em antocianinas

Ediani Peruggia Ribeiro<sup>(1)</sup>; María Cristina Dias Paes<sup>(2)</sup>;

<sup>(1)</sup> Bolsista de iniciação científica, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo); <sup>(2)</sup> Cientista de Alimentos; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo);

**RESUMO:** A associação da dieta saudável e a prevenção ou tratamento de doenças tornou crescente a demanda por alimentos com elevado conteúdo de compostos bioativos, especialmente, originados de fontes naturais e isentos de glúten e alérgenos. O milho de grãos coloridos é um produto ainda pouco consumido no Brasil, entretanto, com grande potencial para o uso alternativo na produção de produtos de padaria, isentos de glúten e ricos em substâncias bioativas, já que não possui em sua composição o glúten, mas contém elevada concentração de antocianinas. O objetivo desse experimento foi avaliar a aceitação de um biscoito tipo cookie preparado com farinha integral de milho de grãos pretos. O cookie foi produzido com ingredientes isentos de glúten, sem derivados de leite, sem ovos e ricos em fibras, sendo as amostras avaliadas quanto aos atributos sensoriais de cor, aroma, sabor, textura e impressão global utilizando teste de aceitação com escala hedônica de nove pontos aplicada a painel constituído de 100 adultos jovens. A intenção de compra foi também determinada para o produto. O cookie integral de milho preto obteve elevada frequência de scores acima de nove para os atributos avaliados, com resposta positiva para intenção de compra. Com base nos resultados, pode-se concluir que o cookie integral de farinha de milho preto é um produto com elevada aceitação, podendo constituir uma opção ao segmento de alimentos integrais isentos de glúten e de derivados de leite, destinados a indivíduos normais e também aos portadores de doença celíaca ou intolerantes à lactose ou, ainda, alérgicos às proteínas do leite e ovos.

**Termos de indexação:** cookie, aceitabilidade, antocianinas.

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, devido à associação de dieta saudável à prevenção e tratamentos de algumas patologias, como a doença celíaca e as alergias alimentares, os consumidores passaram a

buscar mais opções de alimentos sem glúten e/ou derivados de leite e ricos em compostos bioativos, sendo uma tendência de consumo prevista para continuar na próxima década.

Milhos coloridos contêm diferentes pigmentos como carotenoides e antocianinas, além de outros compostos fenólicos, alguns desses que conferem coloração amarela, preta, vermelha, roxa e azul aos grãos, havendo relação positiva entre o conteúdo dessas substâncias e a atividade antioxidante do milho (LOPEZ-MARTINEZ et al., 2009; HU & XU 2011; ZILIC et al., 2012). Diante desses achados científicos e também do apelo diferencial de cor de produtos, como as tortillas azuis, esses materiais exóticos passaram a ser apreciados pelas populações de regiões antes não consideradas consumidoras, como a América do Norte. No Brasil, o consumo de milhos coloridos, exceto o amarelo, é restrito aos povos indígenas, dada à relação de produção de alguns desses materiais. Também são encontrados em feiras livres frequentadas por imigrantes Latino-americanos, especialmente povos andinos.

O objetivo desse trabalho foi elaborar e avaliar a aceitação de biscoito tipo cookie integral isento de glúten, derivados de leite e ovos, preparado com farinha de milho de grãos pretos rico em antocianinas.

### MATERIAL E MÉTODOS

Para a produção da farinha de milho foram utilizados grãos pretos secos do genótipo TO 002 (Figura 1) produzidos em condições controladas na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. A concentração de antocianinas do material era de 72,26 mg 100mg<sup>-1</sup>, sendo esse resultado não publicado até a data. Os grãos foram moídos em moinho tipo ciclone MA 020 MARCONI (Piracicaba – SP), acoplado de peneira de 0,5mm, sendo o material acondicionado em frasco tampado e envolto em papel alumínio até o uso. Os biscoitos foram elaborados seguindo a formulação apresentada na tabela 1. As sementes de chia

foram suspensas em água (2 ml) imediatamente antes de serem adicionadas à mistura. Os ingredientes foram homogeneizados em batedeira doméstica ARNO (Deluxe) em velocidade média (4), conforme condições do fabricante, por 20 min.



**Figura 1.** Grãos e farinha integral de milho preto TO002 utilizados para produção dos cookies

A massa foi porcionada utilizando controle de massa, sendo formados os biscoitos que foram distribuídos em tabuleiros previamente untados com óleo de milho. Os cookies foram assados em forno pré-aquecido a temperatura de 180°C por 30min.

**Tabela 1** Formulação utilizada na elaboração dos cookies integrais de farinha de milho de grãos pretos

Ingredientes	Quantidade (g)
Farinha de milho	220
Amido de milho	40
Açúcar mascavo	30
Margarina sem lactose	45
Semente de chia	1,5
Sal	1
Fermento em pó químico	1,5

Depois de retirados do forno, os cookies foram deixados esfriar até temperatura ambiente, sendo a seguir servidos aos provadores para o teste sensorial, que ocorreu no mesmo dia.



**Figura 2.** Cookies integrais de farinha de milho de grãos pretos TO002 em embalagem para teste sensorial

### Análise sensorial

O teste foi conduzido no laboratório de análise sensorial da Universidade Federal de São João Del Rei – Campus Sete Lagoas. As amostras foram avaliadas em relação aos atributos: aroma, sabor, cor, textura e impressão global com aplicação de escala hedônica de nove pontos. O painel foi constituído de 100 provadores adultos jovens (21% homens e 79% mulheres de idade 19 a 35 anos) consumidores de cookies. As amostras foram apresentadas aos provadores em delineamento de blocos completos balanceados em pratos brancos codificados com algarismos de três dígitos (Figura 2). Foi ainda aplicado um questionário a respeito da intenção de compra por parte dos consumidores utilizando uma escala de cinco pontos, onde 1 – certamente compraria; 2 – provavelmente compraria; 3 – tenho dúvida se compraria ou não; 4 – provavelmente não compraria e 5 – certamente não compraria.

### Delineamento e análise estatística

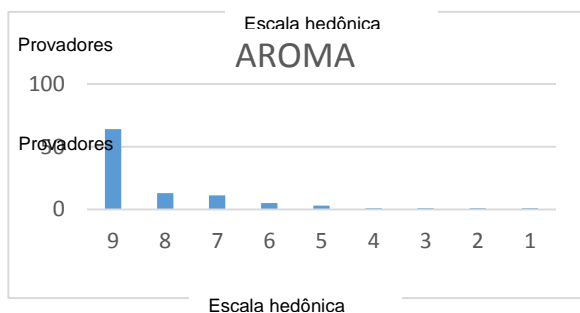
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando significativo o teste de F, foi realizada teste de média LSD para os fatores qualitativos, estabelecendo-se o nível de 5% de significância. Para análise dos dados, utilizou-se o programa Sisvar versão 5.3 (Build 77) (Ferreira, 2000).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

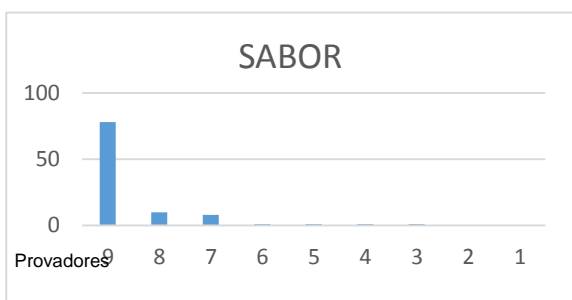
Para todos os atributos analisados, os provadores estabeleceram boa aceitação quanto ao cookie de farinha integral de milho preto, com valores da escala hedônica variando entre 7 (gostei regularmente) a 9 (gostei extremamente), comprovando a aceitação do produto, conforme figuras de 3 a 7. Resultados semelhantes foram

encontrados por Ribeiro e Finzer (2010) ao elaborarem cookies com o aproveitamento da farinha do sabugo de milho, além de obterem uma boa intenção de compra.

**Figura 3:** Teste de aceitação em escala hedônica para o atributo cor.



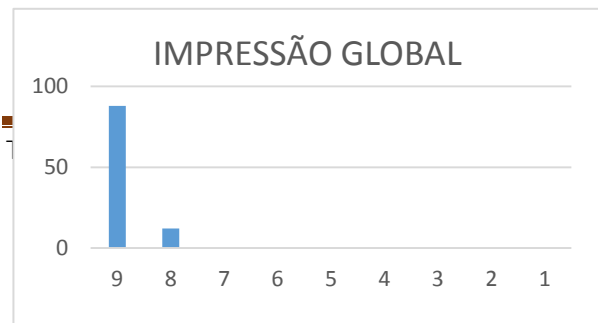
**Figura 4:** Teste de aceitação em escala hedônica para o atributo aroma.



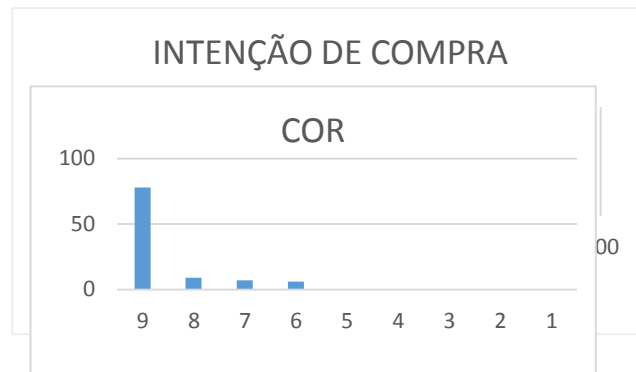
**Figura 5:** Teste de aceitação em escala hedônica para o atributo



**Figura 6:** Teste de aceitação em escala hedônica para o atributo textura.



**Figura 7:** Teste de aceitação em escala hedônica para o atributo impressão global.



**Figura 8:** Teste de aceitação em escala hedônica para o atributo cor.

Os cookies de farinha de milho preto, apresentarem uma intenção de compra acima de 80% (Figura 8), indicando grande chance de sucesso na inserção do produto no mercado.

### CONCLUSÕES

O cookie integral de farinha de milho preto apresenta elevada aceitação e intenção de compra, podendo constituir uma opção ao segmento de alimentos integrais isentos de glúten e de derivados de leite e ovos, destinados a indivíduos normais e também aos portadores de doença celíaca ou intolerantes à lactose ou, ainda, indivíduos alérgicos as proteína do leite e ovos.

### AGRADECIMENTOS

À Embrapa Milho e Sorgo e à Fapemig pelo financiamento da pesquisa e pela concessão da bolsa de iniciação científica.

### REFERÊNCIAS

- BELL, L. N; LABUZA, T. P. Composition influence on the pH of reduced-moisture solutions. **Journal Food Science**. 57: 732-734, 1992.
- CATASSI, C.; FASANO, A. Celiac disease. **Current Opinion in Gastroenterology**, London, v. 24, n. 6, p. 687-691, 2008. <http://dx.doi.org/10.1097/MOG.0b013e32830edc1e>. PMID:19122516
- FARO, H. C. Doença celíaca: revisão bibliográfica (2008). Monografia (Especialização em Pediatria)-Hospital Regional da Asa Sul, Brasília, 2008.
- FASOLIN, L. H; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p. 524-529, 2007.
- LA BARCA, A. M.; ROJAS-MARTÍNEZ, M. E.; ISLAS-RUBIO, A. R.; CABRERA-CHÁVEZ, F. Gluten-free breads and cookies of raw and popped amaranth flours with attractive technological and nutritional qualities. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 65, n. 3, p. 241-246, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s11130-010-0187-z>. PMID:20734143
- LOPEZ-MARTINEZ LX, OLIART-ROS RM, VALERIOALFARO G, LEE C-H, PARKIN KL, GARCIA HS. Antioxidant capacity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. **LWT-Food Science Technology** 42(6):1187– 1192, 2009.
- RIBEIRO, R. D.; FINZER, J. R. D. Desenvolvimento de biscoitos tipo cookie com aproveitamento de farinha de sabugo de milho e casaca de banana. **Fazu em Revista**, Uberaba, n. 7, p. 120-124, 2010.
- ROESLER, R.; MALTA, L.; CARRASCO, L.; HOLANDA, R.; SOUSA, C.; PASTORE, G. Atividade antioxidante em frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 27(1): 53-60, jan.-mar. 2007.
- SIVARAMAKRISHNAN, H. P.; SENGE, B.; CHATTOPADHYAY, P. K. Rheological properties of rice dough for making rice bread. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 62, n. 1, p. 37-45, 2004. [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00169-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00169-9)
- TROLLER, J. A.; Trend in research related to the influence of “water activity” on microorganisms in food. Appl. **Environ. Microbiology**, May; 53: 1142-1146, 1987.
- XU J-G, HU Q-P, WANG X-D, LUO J-Y, LIU Y, TIAN C-R Changes in the main nutrients, phytochemicals, and antioxidant capacity in yellow corn grain during maturation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 58 (9):5751–5756, 2010. ZILIC S, SERPEN A, AKILLIOGLU G, GOKMEN V, VANCETOVIC J. Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L.) Kernels. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 60 (5):1224–1231, 2012.

Pro  
vad  
ore  
s



## Atributos de qualidade de híbridos de milho produzidos em safrinha relacionados à produção de etanol

Maria Cristina Dias Paes<sup>(1)</sup>; Miguel Marques Gontijo<sup>(2)</sup>; Alexandre Ferreira da Silva<sup>(3)</sup>; Décio Karam<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Cientista de Alimentos; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo), cristinapaes@embrapa.br; <sup>(2,3,4)</sup> Pesquisador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo)

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi caracterizar cultivares de milho quanto aos atributos de qualidade para a produção de etanol. Foram avaliados 11 cultivares de milho plantadas em dois locais (Rio Verde e Sinop) na safrinha. O experimento foi delineado em blocos casualizados em esquema fatorial (11x2x4), sendo quatro repetições. A interação local x cultivar foi significativa para composição de proteína e extratibilidade do amido dos grãos ( $p < 0.05$ ). A resposta de composição de amido foi influenciada apenas pelo fator cultivar ( $p < 0.05$ ). Diferenças significativas foram observadas na concentração de amido de diferentes cultivares ( $p < 0.05$ ), variando de 71,23 a 76,38%. Proteína total nos grãos dos materiais estudados variou de 8,53 a 11,12% e de matéria seca de 89,24 a 91,36%. As cultivares de milho apresentaram rendimento de extração do amido com variações de 45,56 a 86,09%, havendo baixa correlação dessa característica com o teor de amido no grão. Cultivares de milho diferem em atributos de qualidade associados à produção de etanol, devendo a seleção pela indústria ser pautada com base no genótipo e local de plantio do material.

**Termos de indexação:** biocombustível, composição de grãos, extratibilidade de amido

### INTRODUÇÃO

A utilização de milho como matéria prima para a produção de etanol passou a ser uma realidade no Brasil a partir da implantação das usinas “flex” (CHERUBIM 2016). Nas instalações em funcionamento, o milho a ser processado constitui mistura de vários híbridos plantados localmente, embora haja relatos, na literatura, que a composição química de grãos de diferentes cultivares podem apresentar variações (ZEHR et al. 1996; GUMIENNA et al. 2016), influenciando

significativamente o rendimento da produção de álcool (SINGH & GRAEBER 2005) e a composição de proteína do DDGS (grãos secos por destilação), produto de alto valor agregado destinado à alimentação animal.

Híbridos com alta performance para rendimento de etanol correspondem a incremento de conversão de 15% comparado aos de baixa performance (HAEFELE et al 2004), causando impacto econômico significativo na produção, portanto, a seleção de materiais pela indústria é imprescindível para a viabilidade econômica da operação. Considerando esse aspecto, o objetivo do trabalho foi caracterizar cultivares de milho plantados no Brasil em safrinha quanto aos atributos de qualidade para a produção de etanol.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Tratamentos e amostragens

As amostras foram constituídas de grãos de cada repetição de campo de cada bloco, colhidas mecanicamente e mantidas em câmara com controle de temperatura e umidade até a realização das análises. Para determinação de proteína, amido total e matéria seca os grãos de milho foram moídos em moinho tipo ciclone MA 020 MARCONI (Piracicaba – SP) acoplado de peneira de abertura 0,5 mm, sendo o material acondicionado em frascos de vidro, tampados, lacrados com parafilme e envoltos em papel alumínio até o momento do ensaio.

#### Proteína

A determinação de proteína foi realizada a partir da quantificação do nitrogênio total pelo método de Dumas e posterior multiplicação dos resultados pelo fator 6,25, segundo o método de referência AOAC 992.23. As amostras foram pesadas (250 mg) sobre folha de estanho e embrulhadas. Em seguida, essas foram inseridas no carrossel amostrador do Analisador de Nitrogênio,

marca LECO, modelo FP-528 e o percentual de nitrogênio de cada amostra quantificado.

### Amido total

A análise foi conduzida seguindo o protocolo recomendado AACC 76.13 (2014) para amido total utilizando kit enzimático total starch da Megazyme (Megazyme, Ireland).

### Extratibilidade do amido

Para o rendimento de extração de amido dos grãos, extratibilidade de amido, foi seguido o protocolo descrito em Paes et al. (2010).

### Matéria seca

A determinação de matéria seca das amostras foi conduzida seguindo o protocolo descrito em Nogueira & Souza (2005). Os dados foram utilizados para cálculo da concentração de amido e proteína em base seca.

### Delineamento e análise estatística

O experimento foi planejado em blocos casualizados em esquema fatorial (11x2x4), sendo dois fatores: local (Sinop e Rio Verde) e cultivar (30F53YH, BALU 761, RB 9308 YG, AG7088 PRO, BRS2020, CD 355, DOW 2B587PW, DKB 390 PRO, BRS 1060, AS 1596 PRO, DKB 310 PRO) com quatro repetições. As análises foram realizadas em triplicata, sendo os resultados submetidos estatisticamente à análise de variância (ANOVA). Quando o teste de F foi significativo, teste de média LSD foi aplicado aos dados, estabelecendo-se o nível de 5% de significância. Para análise dos dados, utilizou-se o programa SYSTAT, versão 13.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação dos fatores local x cultivar foi significativa para composição de proteína, matéria seca e extratibilidade do amido dos grãos dos cultivares de milho ( $p < 0,05$ ), entretanto, a resposta de concentração de amido não teve influência dos fatores ( $p > 0,05$ ). Semelhante resposta para o efeito da interação genótipo x local na extratibilidade de amido e proteína nos grãos foi também observada por Singh & Graeber (2005) para 18 híbridos de milho dentados produzidos no meio oeste americano.

A concentração de amido de diferentes cultivares (**Tabela 1**) variou de 71,23 a 76,38%, mas as médias não diferiram estatisticamente, sendo a média global para essa característica de 73,74%. As cultivares 30F53YH, DKB310Pro, AG7088Pro e CD355 apresentaram média de concentração de amido nos grãos total acima de 75 g. 100g<sup>-1</sup> (db),

teor médio reportado para cultivares de milho normais (Paes et al.2011). Porém, nesses materiais, a concentração de proteína está entre as mais baixas (Tabela 2).

**Tabela 1.** Amido total (%) nas amostras de grãos de cultivares de milho produzidas na safrinha, ano 2014

Cultivar	Amido (g. 100g <sup>-1</sup> ) DB
CD355	76,38
AG7088 Pro	75,68
DKB310 Pro	75,33
30F53 YH	75,12
Balu 761	74,40
DKB 390 Pro	73,34
BRS1060	72,91
AS1596 Pro	72,82
BRS2020	72,14
Dow 2B587PW	71,76
RB9308YG	71,23
Média geral	73,74

<sup>1</sup> ( $p > 0,05$ ).

Na Tabela 2 são apresentadas as médias de concentração de proteína nos grãos para as cultivares avaliadas. Híbridos de milhos plantados em Rio Verde não diferiram nesse atributo ( $p > 0,05$ ), com médias de 8,5 a 8,8%. Entretanto, quando os mesmos híbridos foram produzidos em Sinop, as médias foram maiores para cada híbrido comparado par a par com Rio Verde, exceto para o híbrido 30F53YH (Tabela 2). As médias em Mato Grosso variaram de 8,9 a 11,1%, tendo o híbrido BRS2020 apresentado a maior concentração de proteína no grão, seguido pela cultivar RB9308YG.

As médias de proteína em grãos dos demais oito genótipos produzidos em Sinop não diferiram significativamente, exceto o 30F53YH, com média significativamente menor que os demais, mas não diferindo da média de proteína total em grãos do AS1596PRO.

**Tabela 2.** Proteína total em grãos de cultivares comerciais de milho plantadas em safrinha, ano 2014.

Cultivar	Proteína (Nx6,25) g. 100g <sup>-1</sup> DB	
	Sinop	Rio Verde
30F53YH	8,9 d A	8,6 a A
AG7088 PRO	9,5 c A	8,7 a B
AS 1596 PRO	9,2 cd A	8,7 a B
BALU 761	10,5 c A	8,7 a B
BRS 1060	9,3 cd A	8,7 a B
BRS2020	11,1 a A	8,8 a B
CD355	9,7 c A	8,6 a B
DKB 310 PRO	9,5 c A	8,7 a B

DKB 390 PRO	9,4 c A	8,5 a B
Dow 2B587PW	9,8 c A	8,7 a B
RB9308YG.	10,5 b A	8,7 a B

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (intra local) e maiúscula na linha (inter local) não diferem estatisticamente pelo teste de LSD a 5% de probabilidade ( $p > 0,05$ ).

Para a variável extratibilidade do amido ou rendimento de extração de amido, as médias em Sinop variaram de 45,56 a 86,09%, enquanto que em Rio Verde a amplitude das médias foi de 56,47 a 71,14 (Tabela 3). As cultivares não apresentaram o mesmo comportamento para a característica avaliada nos dois locais, ou seja, materiais com elevada extratibilidade de amido em Sinop não tenderam a maior rendimento de extração em Rio Verde. Entre as cultivares plantadas em SINOP, DKB 310 PRO e 30F53YH apresentaram médias de extratibilidade maiores que os demais, embora diferiram entre si.

**Tabela 3.** Rendimento de extração de amido a partir de grãos de cultivares comerciais de milho plantadas em safrinha, ano 2014.

Cultivar	Amido extraído (%) DB	
	Sinop	Rio Verde
DKB 310 PRO	86,09 a A	62,66 bc B
30F53YH	66,74 b A	57,26 c B
AS 1596 PRO	57,46 c B	65,58 b A
BRS 1060	56,23 c A	60,25 b A
DKB 390 PRO	55,82 c B	71,14 a A
Dow 2B587PW	53,78 cd B	63,18 bc A
CD355	51,78 cd B	68,13 b A
BRS2020	51,73 cd B	56,47 c A
AG7088 PRO	51,01 cd B	60,31 bc A
RB 9308 YG	49,90 de A	61,98 bc A
BALU 761	45,56 e B	57,64 c A

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha (intra local) e maiúscula (inter local) na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de LSD a 5% de probabilidade ( $p > 0,05$ ).

O maior rendimento de extração foi observado para o cultivar DKB 310 PRO produzido em Sinop e DKB 390 PRO produzido em Rio Verde.

Baixa correlação positiva (0,22) foi verificada para concentração e extratibilidade de amido. Entretanto, o índice de correlação de Pearson para as variáveis concentração de proteína e extratibilidade de amido foi -0,50. Apesar de baixa correlação, esse resultado permite a interpretação que o aumento de proteína nos grãos pode desfavorecer a extratibilidade do amido.

## CONCLUSÕES

Cultivares de milho produzidos no Brasil em safrinha diferem em extratibilidade de amido e concentração de proteína, atributos de qualidade associados ao rendimento de produção de etanol e subprodutos, havendo influência de local e genótipo nessas características. Não houve diferença entre as cultivares e os locais para percentual de amido total nos grãos. Por essa razão, a seleção de híbridos a serem plantados e utilizados pela indústria de etanol necessita ser baseada não apenas no genótipo, mas no local de cultivo do material.

## AGRADECIMENTOS

À Embrapa Milho e Sorgo pelo financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC): "Approved Methods of the AACC". Method 76-13, approved October 1976. 2014

CHERUBIM, N. Usina Dois em Um. RPA News. <http://revistarpanews.com.br/index.php/publi/item/60-especial169>. Acesso em 27 de junho 2016

GUMIENNA, M. ; SZWENGIEL, A.; LASIK, M. ; SZAMBELAN, K. ; MAJCHRZYCKI, D. ; ADAMCZYK, J. ; NOWAK, J. ; CZARNECKI, Z. Effect of corn grain variety on the bioethanol production efficiency. **Fuel**, 154, 386-392, 2016

HAEFELE, D., OWENS, K., O'BRYAN, K., SEVENICH, D.,. Section and optimization of corn hybrids for fuel ethanol production. In: Proceedings of the ASTA 59th Annual Corn and Sorghum Research Conference. American Seed Trade Association, Alexandria, VA. 2004

NOGUEIRA, A.R.A.; SOUZA, G.B. Manual de laboratório: solo, água. Nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. p.334

PAES, M. C. D.; TEIXEIRA, F. F.; BARBOSA, N. A.; VOLPI, B. D.; SANT'ANA, R. de C. O. Rendimento de extração de amido em germoplasma de milho tropical. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. Potencialidades, desafios e sustentabilidade:

resumos expandidos... Goiânia: ABMS, 2010. 1 CD-ROM.

PAES, M.C.D; SANTANA, R. de C. ; VOLPI, B.D. . Características físicas e químicas do grão de milho. In: BOREM, A.; RIOS, S. de A.. (Org.). Milho Biofortificado. 1<sup>ed.</sup>Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011, v. 3, p. 45-86.

SINGH, V. Effect of corn quality on bioethanol production. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**. 1 (4) . 353-355. 2012

SINGH,V. , GRAEBER, J.V. Effect of corn hybrid variability and planting location on dry grind ethanol production. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**. 48 (2), 709-714. 2005

ZEHR, B.E.; ECKHOFF, S.R., NYGYIST, W.E., KEELING, P.L. Heritability of product fractions from wet milling and related properties of maize grain. **Crop Science**, 36 ,1159–1165. 1996.



## Avaliação da qualidade tecnológica de genótipos de sorgo para produção de pães sem glúten

**Aline Pereira de Sousa<sup>(1)</sup>; Valéria Aparecida Vieira Queiroz<sup>(2)</sup>; Erick Ornellas Neves<sup>(3)</sup>; José Ibrahim El-Corab Neto<sup>(1)</sup>; Vinícius Tadeu da Veiga Correia<sup>(1)</sup>; Robert Eugene Schaffert<sup>(2)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Estudantes do Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de São João del-Rei – Campus Sete Lagoas. Rodovia MG 424, km 45 - CEP: 35701-970. Sete Lagoas - MG – Brasil. Telefone (31)995214314(liny-p-souza@hotmail.com); <sup>(2)</sup> Pesquisador Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa Milho e Sorgo – Rodovia MG 424, Km 45- CEP: 35702-098 – Sete Lagoas – MG – Brasil; <sup>(3)</sup> Professor da Universidade Federal de São João del-Rei- Campus Sete Lagoas(UFSJ-CSL). Rodovia MG 424, Km 45- CEP: 35701-970. Sete Lagoas- MG- Brasil.

**Resumo:** O sorgo é um cereal utilizado em diversos lugares do mundo para o consumo humano, não possuindo, em sua constituição, as proteínas do glúten. O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade tecnológica de diferentes genótipos de sorgo para a produção de pães sem glúten. Foram avaliados os grãos, a farinha e os pães obtidos dos genótipos BRS 501, CMS S0 05, BR 305 e MR732 X SEPON 82. Na avaliação da estrutura do endosperma, os grãos da cultivar BR 501 apresentaram cerca de 3/4 da superfície vítrea e os grãos da variedade BR 305 apresentaram cerca de 1/4 da superfície vítrea. As demais variedades ficaram em patamares intermediários. A análise granulométrica da farinha mostrou que não houve diferença na distribuição granulométrica. As farinhas apresentaram uma maior retenção na peneira de 0,42 mm, indicando uma farinha com grandes partículas. Nenhuma relação foi apontada entre a estrutura vítrea dos grãos e a distribuição granulométrica das farinhas. Para os pães, as análises de firmeza e volume específico demonstraram diferenças entre o produto obtido com a farinha do cultivar BR 305 em relação aos demais. O volume específico foi de 1,25 mL.g<sup>-1</sup> para o pão dessa cultivar, sendo que os demais apresentaram valores entre 1,56 a 1,66 mL.g<sup>-1</sup>. Já a firmeza ficou em 9.394,9 g para o produto da BR 305, contra uma faixa de 3.639,2 a 4.951,1 g das demais. As diferenças observadas nos pães da variedade BR 305 estão associadas provavelmente ao maior teor de taninos da variedade.

**Termos de indexação:** farinhas, textura, moagem.

### INTRODUÇÃO

Os produtos de panificação são formulados, principalmente, a partir da farinha de trigo. Entretanto, devido ao aumento do número de casos de doença celíaca, a procura por matérias-primas que não contenham glúten e que possam proporcionar produtos de boa qualidade sensorial e nutricional está em plena ascensão.

A doença celíaca é uma enteropatia crônica causada pelo consumo de proteínas do glúten, encontradas no trigo, centeio e cevada. Apesar dos avanços na compreensão da fisiopatologia da doença, atualmente o único tratamento seguro e efetivo para ela é a total restrição de alimentos que contenham glúten (Storck et al., 2009).

Nesse contexto, o sorgo, por ser isento de glúten, é considerado seguro para esses indivíduos, constituindo cereal promissor para o desenvolvimento de uma ampla variedade de produtos de alta qualidade. Estudos no exterior têm sido conduzidos com a finalidade de desenvolver produtos com sorgo destinados a esse público-alvo (Schober et al., 2007; Yousif et al., 2012; Winger et al., 2014). No Brasil, alguns produtos sem glúten à base de sorgo já foram desenvolvidos e testados, como barra de cereais, cookies e bolos, os quais apresentaram elevada aceitação sensorial (Queiroz et al., 2012; Queiroz et al., 2014; Vargas-Solórzana et al., 2014).

O sorgo, além de isento de glúten é, ainda, uma excelente fonte de compostos bioativos, os quais podem beneficiar a saúde humana. Os resultados de estudos científicos demonstram que compostos isolados do sorgo, principalmente os fenólicos, modulam parâmetros relacionados às doenças crônicas não transmissíveis como a obesidade, o diabetes, as dislipidemias, as doenças cardiovasculares, o câncer e a hipertensão (AWIKA

et al., 2009; YANG et al., 2009; MORAES et al., 2012).

Entretanto, como no Brasil as cultivares de sorgo foram desenvolvidas visando alimentação animal, não há informações a respeito das propriedades tecnológicas dos grãos e farinhas de sorgo para uso em produtos alimentícios.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade tecnológica de diferentes genótipos de sorgo no desenvolvimento de pães sem glúten.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A farinha de sorgo foi produzida a partir de grãos dos genótipos sem tanino BRS 501, CMS S0 05 e MR732 X SEPON 82 e com tanino BR 305. Os grãos foram submetidos a remoção de sujidades e moídos duas vezes em moinho HAWOS Muhle 1.

A avaliação do endosperma foi realizada nos grãos dos diferentes genótipos de sorgo. Estes foram cortados ao meio de maneira a observar a estrutura do endosperma em microscópio estereoscópico Zeiss EQ CG LAS 21. Os grãos foram classificados conforme sua característica vítrea ou amilácea (BRASIL, 1992), sendo utilizados 10 grãos para o resultado final.

Para a análise granulométrica foram utilizadas peneiras com aberturas de malha de 1,0; 0,71; 0,50; 0,25; 0,106 e 0,00 mm. Foram peneiradas 100 g de farinha de sorgo de cada genótipo por 10 minutos neste conjunto de peneiras (Martino et al., 2012) sob agitação em agitador de peneiras Produtest Modelo T. Após agitação cada peneira foi pesada e a porcentagem de retenção de farinha em cada uma delas foi calculada. A análise foi realizada em triplicata.

Os pães foram produzidos a partir da mistura dos ingredientes secos (104 g farinha de sorgo, 50 g de polvilho doce, 2 g de goma xantana, 2 g de sal, 8 g de açúcar e 1,3g de fermento biológico). A clara de um ovo foi misturada separadamente antes da sua incorporação. Para a elaboração da massa foram adicionados os ingredientes na seguinte sequência: ½ xícara de água morna, 9,3 g de manteiga, a clara do ovo, ½ colher de chá de vinagre de maçã e a mistura dos ingredientes secos. A massa foi misturada manualmente e deixada para fermentar por 3 horas. Após as 3 horas os pães foram assados em Forno Turbo Elétrico (G Paniz, FTE-120) à temperatura de 180°C por 15 minutos e mantidos em temperatura ambiente para o seu resfriamento.

Os pães assados foram pesados (M) e o volume (V) determinado através do método de deslocamento de sementes de painço, sendo o volume de cada pão medido pelas sementes deslocadas em uma proveta de 200 ml (Storck, 2009). O volume específico (VE), em mL/g, foi calculado através da fórmula  $VE=V/m$  (Brito, 2015). Todas as análises foram realizadas em quatro repetições.

A análise de textura dos pães foi realizada em texturômetro TA-XT plus utilizando probe cilíndrica de 36 mm (P/36R) e o método da AACC 74-09 (Stable Micro System, 2015). Quatro pães de cada farinha foram cortados com altura de 25 mm e analisados após 3 horas do fim do assamento.

Os dados foram avaliados por análise de variância utilizando-se programa estatístico SISVAR, versão 5.6 (Ferreira, 2011).

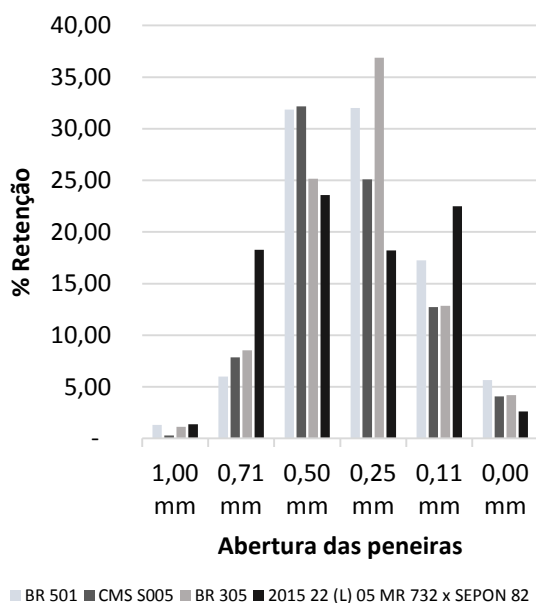
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da estrutura do endosperma demonstrou que 80% dos grãos da variedade BR 501 têm cerca de 3/4 da superfície do endosperma vítrea. Já os genótipos MR732 X SEPON 82 e CMS S005 tem respectivamente 80% e 70% dos grãos com metade da superfície do endosperma do tipo vítreo. Já 70% dos grãos da cultivar BR 305 apresentaram menos de 1/4 da superfície do endosperma com estrutura vítrea.

A granulometria é fator importante na elaboração de produtos de panificação, pois afeta as características reológicas da massa e de textura do produto final. A partir da análise de granulometria pode-se observar que a maior porcentagem de farinha ficou retida nas peneiras com tamanhos de malha de 0,5 e 0,25 mm como demonstrado na **figura 1**. Para as farinhas de trigo dos tipos 1 e 2 segundo a Portaria 354/96, 98% do produto deverá passar através de peneira com abertura de malha de 0,25mm, (BRASIL, 1996). Assim os dados demonstram que da moagem dos grãos de sorgo obteve-se uma farinha com granulometria superior à estabelecida para uma farinha de trigo comercial.

A média de retenção até a peneira de 0,25 mm oscilou entre 71,72 a 61,44% para as diferentes variedades. Martino et al. (2012) analisaram a granulometria de diferentes farinhas de sorgo e também obtiveram resultados similares, com uma maior retenção das farinhas nas peneiras com abertura de malha de 0,42mm. Pode ser observada na **figura 1** que a distribuição de tamanho das partículas das farinhas se manteve similar para todas as variedades, mesmo havendo diferenças no

perfil do endosperma. Contrastando a análise de textura do endosperma dos grãos com a análise granulométrica das farinhas, não houve uma relação entre a estrutura do endosperma e a distribuição granulométrica das farinhas de sorgo.



**Figura 1.** Distribuição de tamanho de partículas de farinha de quatro genótipos de sorgo.

O volume específico é uma medida que tem grande importância na verificação da capacidade da farinha de reter o gás no interior da massa, proporcionando crescimento aos pães (Storck, et al., 2009).

**Tabela 1-** Valores para volume específico dos pães assados (g/ml) e de firmeza dos pães (g)

Amostras	Volume específico (mL.g <sup>-1</sup> )	Firmeza (g)
BR 501	1,56 <sup>a</sup>	4.951,1 <sup>b</sup>
CMS S005	1,63 <sup>a</sup>	4.200,1 <sup>b</sup>
BR 305	1,25 <sup>b</sup>	9.394,9 <sup>a</sup>
MR732 X SEPON 82	1,66 <sup>a</sup>	3.639,2 <sup>b</sup>

Valores da coluna, acompanhados pela mesma letra, não diferem significativamente pela análise de variância.

Como descrito na **tabela 1**, houve diferença significativa para o volume específico dos pães da variedade BR 305 em relação aos pães dos demais genótipos. A média do volume específico oscilou entre 1,66 e 1,25 mL.g<sup>-1</sup> para os pães das diferentes variedades. Pereira et al., (2009) encontraram, para pães de farinha de trigo branca, valores entre 3,57 e 7,10 mL.g<sup>-1</sup>. Mas para pães sem glúten estes valores são compatíveis com os encontrados por Ranhota et al., (1975) e Storck et al., (2009). Este baixo valor se deve a uma menor capacidade de retenção do gás, devido a menor elasticidade da massa, durante a etapa de fermentação. Além disso, a expansão durante o assamento é comprometida, originando um pão com baixo volume específico e miolo firme.

A firmeza dos pães também mostrou diferença entre os elaborados com a farinha de sorgo da variedade BR 305 que foi de 9.394,9 g superior a dos pães feitos com o BR 501(4.951,1g) e o MR 732 X SEPON 82 (3.639,2g) (**Tabela 1**).

A cultivar BR 305 foi desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo e seus grãos possuem testa pigmentada, ou seja, possuem teor elevado de taninos. Os demais genótipos não possuem essa característica e seus grãos são isentos desse composto. Taninos são substâncias que interagem com macromoléculas, como o amido e proteínas.

A ligação entre taninos e proteínas ocorre por ligação de hidrogênio entre grupos fenólicos dos taninos e alguns sítios das proteínas (Monteiro et al., 2005). Esta interação pode modificar as características reológicas da massa, diminuindo a sua elasticidade, o que pode ter ocorrido na massa produzida a partir da farinha da cultivar BR 305, que possui alto teor de taninos condensados. As demais variedades permitiram a produção de pães sem glúten com características de volume e firmeza mais próximos ao pão tradicional.

## CONCLUSÃO

Embora a farinha dos diferentes genótipos tenham apresentado granulometria grosseira foi possível a elaboração de pão sem glúten com farinhas de sorgo.

Os valores de volume específico mostram-se compatíveis com os encontrados na literatura para pães sem glúten. A variedade BR 305 teve volume específico menor que as demais variedades e também mais firmeza. A presença de taninos pode ter causado esta diferença em relação aos demais.



Assim as variedades estudadas são aptas para a produção de pães sem glúten, tendo os pães da variedade BR 305 um perfil de textura mais firme.

### AGRADECIMENTOS

À Embrapa Milho e Sorgo pela oportunidade de desenvolver o trabalho, ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica e à Fapemig pelo suporte financeiro.

### REFERÊNCIAS

- AWIKA, J. M.; YANG, L.; BROWNING, J. D.; FARAJ, A. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. **LWT - Food Science and Technology**, v.42, n.6, p.1041-1046. 2009.
- BRASIL.** Lei nº 354, de 18 de julho de 1996. Disponível em <[http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/portarias/354\\_96.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/portarias/354_96.htm)>. Acesso em 27 de maio de 2016.
- BRASIL.** Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Tolerâncias. In: Regras para análise de sementes. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 1992. cap.12, p.229-254.
- BRITO V.H.S.; CEREDA.M.P. Método para determinação de volume específico como padrão de qualidade de polvilho azedo e sucedâneos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.18,n.1,p.14-22,2015.
- FERREIRA, DANIEL FURTADO. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- MARTINO, H.S.D.; TOMAZ, P.A.; MORAES, E.A.; CONCEIÇÃO, L.L.; OLIVEIRA, D.S.; QUEIROZ, V.A.V.; RODRIGUES, J.A.S.; PIROZIM,R; SANTANA,M.P; RIBEIRO, S.M.R. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Rev Inst Adolfo Lutz**,v. 71,n.2,p.337-344,2012.
- MONTEIRO,J.M.;ALBUQUERQUE,U. P.; ARAÚJO, E.L.Taninos: Uma Abordagem da Química a Ecologia. **Quim. Nova**,v. 28, n. 5, p.892-896, 2005.
- MORAES, É. A.; NATAL, D. I. G.; QUEIROZ, V. A. V.;SCHAFFERT, R. F.; CECON, P. R.; PAULA, S. O.; BENJAMIM, L. A.; RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. Sorghum genotype may reduce low-grade inflammatory response and oxidative stress and maintains jejunal morphology of rats fed a hyperlipidic diet. **Food Research International**, v.49, n.1, p.553-559, 2012.
- PRICE, M.L.; BUTLER, L.G. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum. **J. Agric. Food Chem.**, v.25, n.6,p.1268-1273, 1977.
- QUEIROZ, V. A. V.; CARNEIRO, H. L.; DELIZA, R.; RODRIGUES, J. A. S.; VASCONCELLOS, J. H. de; TARDIN, F. D.; QUEIROZ, L. R. Genótipos de sorgo para produção de barra de cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 287-293, 2012.
- QUEIROZ, V. A. V.; MORAES, E. A.; MARTINO, H. S. D.; PAIVA, C. L.; MENEZES, C. B. de Potencial do sorgo para uso na alimentação humana. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 7-12, 2014.
- RANHOTRA, G.S.; LOEWE, R.J.; PUYAT, L.V. Preparation and evaluation of soy-fortified gluten-free bread. **Journal of Food Science**, v.40, n.1, p.62-64, 1975.
- SCHOBER, T. J.; BEAN, S. R.; BOYLE, D. L. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: biochemical, rheological, and microstructural background. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 55, n.13, p. 5137-5146, 2007.
- Stable Micro System. Exponent Lite, versão 6.1.9.0. [S.l.]: Stable Micro System Ltd. 2015. Software. 1 CD-ROM. Licenciado para a Universidade Federal de São João del Rei.
- STORCK, C.R.; PEREIRA, J.M.; PEREIRA, G.W.; RODRIGUES, A.O.; GULARTE, M.A.; DIAS, A.R.G. Características tecnológicas de pães elaborados com farinha de arroz e transglutaminase.**Brazilian Journal of Food Technology**,v.11,n.1 .p.71-77, 2009.
- VARGAS-SOLÓRZANO, J. W.; CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; ASCHERI, J .L; QUEIROZ, V. A.V. Physicochemical properties of expanded extrudates from colored sorghum genotypes. **Food Research International**, v.55, n.0, p.37-44. 2014.
- WINGER, M.; KHOURYIEH, H.; ARAMOUNI, F.; HERALD, T. Sorghum Flour Characterization and Evaluation in Gluten-Free Flour Tortilla. **Journal of Food Quality**, v.37, n.2, p.95-106. 2014.
- YANG, L.; BROWNING, J. D.; AWIKA, J. M. Sorghum 3-deoxyanthocyanins possess strong phase II enzyme inducer activity and cancer cell growth inhibition properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, n.5, p.1797-1804, 2009.
- YOUSIF, A.; NHEPERA, D.; JOHNSON, S. Influence of sorghum flour addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability. **Food Chemistry**, v.134, n.2, p.880-887, 2012.



## Avaliação sensorial de *churros* sem glúten com farinha de sorgo com e sem tanino

**Vinícius Tadeu da Veiga Correia<sup>(1)</sup>; Caroline Liboreiro Paiva<sup>(2)</sup>; Valéria Aparecida Vieira Queiroz<sup>(3)</sup>; Aline Pereira de Sousa<sup>(1)</sup>; José Ibrahim El-Corab Neto<sup>(1)</sup>; Jéssica Letícia Abreu Martins<sup>(4)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Estudantes do Curso de Engenharia de Alimentos; Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ); Sete Lagoas, Minas Gerais; iniciustadeu18@hotmail.com; <sup>(2)</sup> Professora Adjunta; Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); <sup>(3)</sup> Pesquisadora, Embrapa Milho e Sorgo; <sup>(4)</sup> Estudante do Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ).

**RESUMO:** Devido as suas propriedades funcionais, o sorgo tem desempenhado um papel importante no desenvolvimento de produtos alimentícios, o que tem agregado valor a esse cereal. Por não conter glúten em sua estrutura, o sorgo pode ser utilizado em dietas de indivíduos celíacos, os quais são intolerantes a essa proteína. Para a elaboração dos *churros* foi utilizada uma formulação padrão à base de farinha de trigo, com substituição total dessa por farinhas de sorgo dos genótipos BRS 501 (pericarpo branco, sem tanino) e BR 305 (pericarpo marrom, com tanino), pertencentes ao programa de Melhoramento Genético da Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas-MG. Os produtos foram submetidos ao teste de aceitação e intenção de compra com 110 provadores, no laboratório de Análise sensorial da Universidade Federal de São João del Rei – Campus Sete Lagoas. Os resultados exibiram expressivos índices de aceitabilidade: 88% e 84% em relação a impressão global dos produtos elaborados com as farinhas das cultivares BRS 305 e BR 501, respectivamente. O índice de intenção de compra variou entre “provavelmente compraria” e “certamente compraria”, mostrando que ambos *churros* elaborados à base de farinha integral de sorgo foram muito bem aceitos pelos julgadores e possuem potencial para entrar no mercado de produtos sem glúten. O tanino não influenciou negativamente na aceitação do produto, ao contrário, o *churros* elaborado com farinha com tanino apresentou média superior ao sem tanino quanto à textura, impressão global e quanto à intenção de compra.

**Termos de indexação:** *Sorghum bicolor* L., Produtos sem Glúten, Novos Produtos.

### INTRODUÇÃO

Originário da África Equatorial, o sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é o quinto cereal mais produzido do mundo, superado apenas pelo arroz, trigo, milho e cevada (Silva, 2015). Por apresentar tolerância a seca e menor custo de produção em relação aos outros cereais, o sorgo vem despertando o interesse de diversos pesquisadores, nas mais diferentes áreas de atuação. Os grãos de sorgo possuem concentrações expressivas de fibras alimentares, potássio, fósforo e zinco, além de alguns genótipos serem fontes, também, de compostos bioativos, como as antocianinas e os taninos, os quais são capazes de sequestrar radicais livres e promover a melhoria da saúde humana (Rooney, 2007; Moraes et al., 2012).

Os alimentos ricos em taninos têm sido historicamente considerados indesejáveis do ponto de vista nutricional (Chung et al., 1998), bem como sensorial, pois, acredita-se que esse composto confere um sabor residual adstringente aos produtos. Entretanto, os taninos mostraram efeitos anticarcinogênicos, antimutagênicos e propriedades antimicrobianas, que podem estar relacionados às suas características antioxidantes, importantes na proteção das células contra danos oxidativos. Além disso, é amplamente relatado que genótipos contendo tanino reduzem a disponibilidade calórica e, devido a isto, reduzem o ganho de peso dos animais. Nesse contexto, especula-se que essas substâncias têm potencial, também, para auxiliar no controle do diabetes e da obesidade em humanos (Awika & Rooney, 2004; Rooney, 2007; Awika et al., 2009; Yang et al., 2009).

No Brasil, o consumo de sorgo na alimentação humana é ainda bem recente, todavia devido à sua facilidade de produção e versatilidade, já tem sido utilizado, em outros países, como base alimentar de milhares de pessoas.

Por não apresentar glúten em sua constituição, esse cereal mostra-se como uma excelente

alternativa de ingrediente para produtos destinados a portadores da doença celíaca (DC).

A DC é uma doença autoimune que acomete indivíduos geneticamente predispostos, os tornando intolerantes ao glúten e os impedindo de consumir produtos contendo essa proteína (Araújo et al., 2010). A busca por alimentos saudáveis e economicamente viáveis aumentou consideravelmente nos últimos tempos, sendo a farinha de sorgo uma boa opção nesse sentido. Diversos produtos à base de sorgo já foram propostos em trabalhos acadêmicos, como bombons (Macedo et al., 2015), barras de cereais (Queiroz et al., 2012), cookies e bolos (Ferreira et al., 2015), sorvetes (Silva et al., 2015) e massas secas (Paiva et al., 2015), todos com a proposta de diversificar receitas e oferecer alternativas de consumo a pessoas intolerantes ao glúten, garantindo assim, a segurança alimentar.

O *churros* é um doce cuja receita foi introduzida no século 19 na Península Ibérica pelos povos árabes e logo passou a fazer parte do hábito alimentar dos moradores dessas regiões. Em virtude das conquistas da Espanha medieval, a iguaria se difundiu por diversos países, e atualmente, é muito popular, também, na América Latina, da Argentina ao México. É fabricado, originalmente, com massa à base de farinha de trigo, água e açúcar, em formato cilíndrico, frito em óleo vegetal e coberto externamente com uma fina camada de açúcar, com ou sem canela. Em vários países, o doce é consumido sem recheio, no Brasil, popularizou-se a versão com recheio de doce de leite ou de chocolate, comercializada em carrinhos ambulantes. Entretanto, mais recentemente, esse produto passou a ser disponibilizado em hipermercados e centros comerciais, em quiosques ou churrerias, em versões mais sofisticadas, incluindo uma variedade de sabores de recheio e de coberturas (SEBRAE, 2016).

Seguindo uma tendência de mercado e buscando desenvolver um produto sem glúten, saboroso e rico em substâncias antioxidantes alternativo aos *churros* a base de trigo, este trabalho propôs elaborar *churros* à partir de farinhas de sorgo com e sem tanino, recheados com doce de leite. O trabalho objetivou analisar a aceitabilidade desse novo produto, buscando criar alternativas de consumo para este segmento de mercado que cresce a cada dia, bem como verificar se haveria efeito negativo da presença do tanino na aceitabilidade do produto.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Processamento do sorgo

Para o desenvolvimento dos produtos, foram utilizadas farinhas de sorgo das cultivares BRS 501 (de pericarpo branco, sem tanino) e BR 305 (de pericarpo marrom, com tanino), pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas-MG, sendo a concentração de taninos relevante em um desses genótipos.

Os grãos de sorgo foram submetidos à trituração em moinho de pedras (Hawos) por duas vezes para obtenção de partículas com 0,5 mm.

### Elaboração dos produtos

Para a elaboração dos *churros* foi utilizada uma formulação padrão à base de farinha de trigo, com substituição total dessa pelas farinhas de sorgo. Foram elaboradas duas formulações de *churros* contendo os seguintes ingredientes: farinha de sorgo, água, açúcar, margarina, sal e ovo. Os produtos diferenciaram-se pela farinha utilizada, uma proveniente da cultivar de sorgo BR 305 (marrom, com tanino) e a outra do genótipo BRS 501 (branca, sem tanino), sendo os demais ingredientes mantidos na mesma quantidade.

Os ingredientes foram misturados e submetidos a cozimento por 10 minutos. Após resfriamento durante 30 minutos a 10°C, a massa foi moldada com o auxílio de um equipamento manual, para formação dos *churros*. Estes foram fritos em óleo de soja e salpicados com açúcar refinado e canela, e depois, recheados com doce de leite de uma marca comercial.

### Análise sensorial

Com a finalidade de avaliar a qualidade sensorial dos produtos, realizou-se um teste de aceitação, com 110 provadores não treinados, dentre estudantes e funcionários da UFSJ/Sete Lagoas, no Laboratório de Análise Sensorial da UFSJ-CSL. Os *churros* foram avaliados em relação aos atributos sabor, cor, aroma, textura e impressão global e à intenção de compra.

Foi utilizada escala hedônica híbrida de 10 cm (Villanueva et al., 2005), variando de 0 “desgostei extremamente” a 10, “gostei extremamente” para cada atributo avaliado, e uma escala de atitude (FACT) de 5 pontos para verificar a atitude de compra do consumidor. As amostras foram servidas em cabines individuais, de forma monádica e avaliadas sob iluminação branca.

Os dados referentes ao teste sensorial de aceitação foram submetidos à análise estatística, por meio de ANOVA e as médias analisadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade usando o programa SISVAR (UFLA, Lavras, MG).

A aceitação dos produtos, para cada atributo, foi calculada por meio do índice de aceitabilidade (IA), conforme expressão abaixo (Dutcosky, 2011).

$$IA (\%) = (A/B) \times 100$$

Em que:

A: é a média dos resultados do teste de aceitação, para cada produto.

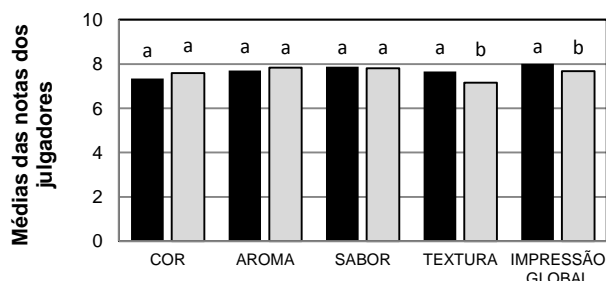
B: é a maior nota obtida no teste de aceitação, para cada produto.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os resultados sensoriais, a aceitabilidade dos *churros* de sorgo não diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) para os atributos cor, aroma e sabor (**Figura 1**). Entretanto, em relação à textura e à impressão global, observou-se diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ). O *churros* desenvolvido com a farinha proveniente da cultivar BR 305 apresentou maior média, sendo portanto, o preferido.

Da mesma forma, em relação à intenção de compra, o produto elaborado com a farinha do BR305 apresentou média geral de 4,40, significativamente superior àquele procedente do BRS 501 que obteve nota média de 4,18. Ambas as médias se enquadram na faixa “provavelmente compraria” e “certamente compraria” da escala FACT de intenção de compra.

Esses resultados comprovam que a presença de tanino não afetou negativamente na aceitação do produto elaborado com a farinha de sorgo BR 305. Corroborando com esses resultados, González (2005) elaborou extrusados à partir de sorgo branco (sem tanino) e marrom (com tanino) e concluiu, que o sorgo com tanino também produziu bons extrusados, possibilitando a agregação de valor do produto devido às propriedades funcionais do tanino.



■ T1 - Churros proveniente do sorgo genótipo BRS305

□ T2 - Churros proveniente do sorgo genótipo BRS501

**Figura 1:** Teste de aceitabilidade de *churros* à base de farinha de sorgo quanto aos atributos cor, aroma, sabor, textura e impressão global. Médias com letras diferentes são significativamente diferentes, em nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Devido à coloração marrom do pericarpo do sorgo BR 305 muitos provadores associaram o *churros* proveniente dessa cultivar como um produto que continha chocolate em sua formulação. Já as amostras produzidas com o sorgo BRS 501, de pericarpo branco, foram comparadas, por vários avaliadores, aos *churros* feitos com farinha de trigo. Assim, a aparência marrom do sorgo BR 305 pode ser uma vantagem para uso em produtos com sabor de chocolate

Na **Tabela 1** estão apresentados os índices de aceitabilidade dos atributos avaliados nos produtos. Segundo Dutcosky (2011), para que o produto apresente uma aceitabilidade satisfatória, o índice deve ser maior ou igual a 70%. Assim, verifica-se que ambos produtos foram muito bem aceitos em todos os atributos avaliados, já que obtiveram aceitabilidade variando de 77,8 a 88,4%.

**Tabela 1** - Índice de aceitabilidade dos *churros* elaborados com farinhas de sorgo com (BR 305) e sem tanino (BRS 501).

Atributo	Índice de aceitabilidade (%)	
	BR 305	BRS501
Cor	80,0	83,2
Aroma	84,6	86,5
Sabor	87,1	85,3
Textura	84,7	77,8
Impressão Global	88,4	84,3

Segundo Portela (2008), um dos maiores problemas para consolidação de produtos sem glúten na culinária se dá pela modificação sensorial desses alimentos. A dificuldade de se encontrar produtos saborosos no mercado brasileiro é uma das maiores preocupações de indivíduos celíacos, uma vez que a diversificação desses alimentos ainda é considerada baixa. Dessa forma, os resultados desse trabalho mostraram que os *churros* à base de sorgo possuem grande potencial de mercado.

### CONCLUSÃO

Ambos produtos à base de sorgo, tanto com quanto sem tanino, apresentaram elevado índice de aceitabilidade e de intenção de compra. Portanto, a presença de tanino não deixou sabor residual no



produto elaborado com o sorgo BR 305 e não afetou negativamente em sua aceitação.

Considerando que o consumo de sorgo é um hábito totalmente novo para os brasileiros, os resultados mostraram que a utilização da farinha de sorgo é uma importante alternativa tecnológica para o desenvolvimento de novos produtos, especialmente, sem glúten.

O processamento do sorgo agrega valor econômico a esse cereal e, devido a sua composição química, pode contribuir para o desenvolvimento de produtos ricos em compostos bioativos. Nesse contexto, a elaboração dos *churros* irá contribuir para a diversificação de alimentos destinados a dietas de pessoas celiacas.

Por ser um produto inovador, o seu potencial de crescimento pode ser explorado por diversos empreendedores e pesquisadores, buscando sempre mesclar as características sensoriais, com o intuito de elaborar produtos saudáveis e saborosos

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à EMBRAPA, à Fapemig pelo apoio financeiro e à UFSJ pelo apoio técnico e pela disponibilidade de utilização do Laboratório de Análise Sensorial.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, H. M. C.; ARAÚJO, W.M.C.; BOTELHO, R.B.A.; ZANDONADI, R.P. Doença celiaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 03, p. 467-472, 2010.
- AWIKA, J.M.; ROONEY, L.W. Sorghum phytochemicals and their potential aspects on human health. **Phytochemistry**, v. 65, p. 1199-1221, 2004.
- AWIKA, J. M.; YANG, L.; BROWNING, J. D.; FARAJ, A. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 1041-1046, 2009.
- CHUNG KT, WONG TY, WEI CI, HUANG YW, AND LIN Y. 1998. Tannins and human health: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 38, p. 421-464, 1998.
- DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 3 ed. Curitiba: Champagnat, 2011. 426p.
- FERREIRA, S.M.R.; LUPARELLI, P.C.; SCHIEFERDECKER, M.E.M.; VILELA, R.M.; Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latino-Americanos de Nutricion**, v. 59, n. 4, p. 433-440, 2009.
- GONZÁLEZ, A.J.P. Specialty sorghums in direct-expansion extrusion. 103p. Thesis (Master of Science in Food Science and Technology) - **Texas A&M University**, Texas, 2005.
- MACEDO, M.C.C.; QUEIROZ, V.A.V.; BRESSANI, A.P.P.; MACEDO, L.H.C.; Desenvolvimento de bombom de sorgo. In: 5º Simpósio de Segurança Alimentar, Alimentação e Saúde, 2015. Bento Gonçalves, **Anais...** Bento Gonçalves, 2015, p.1-5.
- MORAES, E.A.; QUEIROZ, V.A.V.; SHAFFERT, R.E.; COSTA, N.M.B.; NELSON, J.D.; RIBEIRO, S.M.R.; MARTINO, H.S.D.M. In vivo protein quality of new sorghum genotypes for human consumption. **Food Chemistry**, v. 134, n. 3, p. 1549-1555, 2012.
- PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; GARCIA, M. A. V. T.; REIS, G. C. L. Sensory evaluations of pastas prepared from sorghum and corn flours. In: 11º Simpósio Latino-Americano de Ciência de Alimentos, 2015. Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2015.
- PORTELA, J. V. F.; LIMA, A. S.; VERAS, C. M. N.; ARAÚJO, L. S.; MOREIRA ARAÚJO, R. S. R.; ARAÚJO, M. A. M. Desenvolvimento e avaliação de produtos isentos em glúten para indivíduos celiacos. In: III Jornada Nacional da Agroindústria, 2008, **Anais...** São Paulo, 2008.
- QUEIROZ, V.A.V.; CARNEIRO, H.L.; DELIZA, R.; RODRIGUES, J.A.S.; VASCONCELLOS, J.H.; TARDIN, F. D.; QUEIROZ, L.R. Genótipos de sorgo para produção de barra de cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p.287-293, 2012.
- ROONEY, L.W. Food and Nutritional Quality of Sorghum and Millet. **INTSORMIL 2007 Annual Report**, Nebraska-Lincoln, p. 91-93, 2007.
- SEBRAE. Como montar uma empresa de churros. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-empresa-de-churros,3b487a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 01 jun. 2016.
- SILVA, S.S.; PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V.A.V.; UBALDO, J.C.S.R. Sorvete adicionado de farinha de sorgo: elaboração, caracterização físico-química e sensorial. In: 11º Simpósio Latino-Americano de Ciência de Alimentos, 2015. Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2015.
- SILVA, N. Quantificação de amido e proteínas totais em grãos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench - Família: Poaceae] visando à alimentação humana. Tese de Mestrado em Botânica. **Universidade de Brasília**. 2015.
- VILLANUEVA, N. D. M.; PETENATE, A. J.; DA SILVA, M. A. A. P. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. **Food Quality and Preference**, v. 16, p. 691-703, 2005.
- YANG, L.; BROWNING, J.D.; AWIKA, J.M. Sorghum 3-Deoxyanthocyanins Possess Strong Phase II Enzyme Inducer Activity and Cancer Cell Growth Inhibition Properties **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p.1797-1804, 2009.



## Incidência de fumonisinas totais em milho armazenado em paióis de produtores rurais da Região Central de Minas Gerais.

**José Ibrahim El-Corab Neto<sup>(1)</sup>; Renata Regina Pereira da Conceição<sup>(2)</sup>; Valéria Aparecida Vieira Queiroz<sup>(3)</sup>; Vinícius Tadeu da Veiga Correia<sup>(1)</sup>; Aline Pereira de Sousa<sup>(4)</sup>;**

<sup>(1)</sup> Estudante de Engenharia de Alimentos/ Estagiário Embrapa Milho e Sorgo; Universidade Federal de São João del-Rei Campus Sete Lagoas; Sete Lagoas; Minas Gerais; ielcorab@gmail.com; viniciustadeu18@hotmail.com; <sup>(2)</sup> Pós-graduada em Produção Vegetal/Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; renataponts@gmail.com; <sup>(3)</sup> Pesquisadora; Embrapa Milho e Sorgo; valeria.vieira@embrapa.br; <sup>(4)</sup> Estudante de Engenharia de Alimentos/Bolsista CNPq-PIBIC; UFSJ; liny-p-souza@hotmail.com.

**RESUMO:** O milho é um cereal de grande importância para a alimentação humana e animal. Porém, o cereal é alvo dos ataques de fungos toxigênicos produtores de micotoxinas. Dentre elas, as fumonisinas são as que provocam maiores danos à saúde. O objetivo do trabalho foi avaliar a incidência de fungos e de fumonisinas totais em grãos de milho armazenados em propriedades familiares da Região Central de Minas Gerais. Foram coletadas 100 espigas de milho nos quatro cantos do paiol, em três épocas distintas de coleta, as espigas foram separadas entre mal e bem empalhadas e debulhadas. Os grãos foram secos em estufa a 65 °C e moídos. Para detecção das fumonisinas seguiu-se o método por purificação em colunas de imunoafinidade FumoniTest®, e os teores foram determinados em fluorímetro. Houve 100% de incidência do fungo do gênero *Fusarium* nas amostras analisadas. Foram detectadas fumonisinas em todas as amostras com níveis variando entre 530 e 6950 µg kg<sup>-1</sup>. Seis amostras (12,5%) apresentaram teores dessa micotoxina acima do recomendado, pela ANVISA para milho não processado. Entretanto, 46% das amostras estavam acima do limite de 2500 µg kg<sup>-1</sup> estabelecido para milho na forma de fubá, podendo comprometer a saúde dos consumidores.

**Termos de indexação:** Micotoxinas; *Zeamays*L.; FumoniTest.

### INTRODUÇÃO

O milho é suscetível ao ataque de fungos toxigênicos, tanto na pré quanto na pós-colheita

(Duarte et al., 2009). A contaminação da espiga por fungos pode ser proporcionada pelo armazenamento inadequado, pelo clima, pelo mau empalhamento e/ou por injúrias causadas por insetos (Hermanns et al., 2006; Duarte et al., 2009).

Alguns gêneros de fungos podem produzir micotoxinas, o que pode causar graves problemas à saúde humana e animal e gerar prejuízos econômicos (Marques et al., 2009). As micotoxinas são produzidas, principalmente, pelas espécies do gênero *Penicillium*, *Fusarium*, e *Aspergillus* (Nascimento et al., 2012). O principal gênero produtor de fumonisinas é o *Fusarium*, fungo predominante do campo.

Diversos problemas de saúde em humanos e animais podem ser relacionados ao consumo de produtos que estejam contaminados por fumonisina, como câncer de esôfago em humanos, edemas pulmonares em suínos, e leucoencefalomalácia em equinos (Jay, 2005).

A prática do armazenamento do milho em espigas é feita principalmente por agricultores familiares, em pequenos paióis (Santos, 2006). Entretanto, de um modo geral, as condições desses paióis são bastante precárias o que tende a aumentar a incidência de insetos e fungos. Assim, o monitoramento constante dos níveis de contaminação do milho armazenado em paióis é importante para se avaliar o risco a que esses produtores estão sendo expostos. Conceição et al. (2014) detectaram fumonisinas em todas as 23 amostras de milho coletadas em paióis no ano de 2013, com níveis variando de 30 a 4650 µg kg<sup>-1</sup>.

Dessa forma, dando continuidade ao trabalho de Conceição et al. (2014), o presente trabalho tem como objetivo avaliar a incidência de fungos e de

fumonisinias totais em amostras de milho coletadas em paióis de produtores familiares da Região Central de Minas Gerais, no ano de 2015.

### MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de milho em espiga foram coletadas em oito propriedades familiares da região Central de Minas Gerais, com o apoio de técnicos da EMATER – MG. As coletas foram realizadas em três períodos, ao longo do armazenamento (Junho, Agosto e Outubro). Para detecção e quantificação das fumonisinias totais foram retiradas duas amostras de cada paiol, seguindo-se o procedimento: 1- Foi retirado ao acaso, dos quatro cantos e do centro do paiol um saco com 100 espigas. 2- As espigas foram separadas em duas condições: bem (BE) e mal empalhadas (ME). 3- As espigas de ambos os tipos foram debulhadas e os grãos homogeneizados manualmente. 4- Duas amostras de 1kg foram coletadas (BE e ME). Para homogeneização do teor de água as amostras foram colocadas em estufa a 65°C, até peso constante, e após o resfriamento, foram moídas em moinho marca Trapp– modelo TRF 90.

As fumonisinias totais foram extraídas em solução metanol: água (80/20) e purificadas em colunas de imunoafinidade FumonitTest®, de acordo com a metodologia recomendada pela VICAM. A quantificação dos teores dessa micotoxina foi feita em Fluorímetro (VICAM) série 4.

Os testes de patologia dos grãos foram realizados empregando-se o método do papel de filtro com congelamento segundo Pinto (2007) em 100 grãos sadios de cada amostra. A identificação dos fungos associados aos grãos foi realizada com o auxílio de microscópio estereoscópico e microscópio binocular.

### Delineamento e análise estatística

Os resultados foram avaliados por análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre a época de coleta, local e condições das espigas (BE e ME) (**Tabela 1**). Observou-se contaminação de fumonisinias totais em 100% das amostras analisadas, com níveis variando entre 530 e 6950  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . Observou-se que 6 (12,5%) das 48 amostras estavam acima do limite de 5000  $\mu\text{g kg}^{-1}$  estabelecido pela ANVISA para milho não processado (Brasil, 2011). Porém, para milho na forma de fubá o limite estabelecido pela ANVISA é de 2500  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , dessa forma, 22 amostras (46%) se

encontravam acima desse limite. Esses, resultados são preocupantes, visto que os produtores familiares processam e consomem esse milho por eles produzidos na forma de fubá, o que poderá comprometer sua saúde e de sua família.

As espigas bem empalhadas apresentaram níveis de contaminação entre 530 e 5850  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , já as mal empalhadas variaram de 885 a 6950  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . As espigas mal empalhadas apresentaram maiores valores quando comparadas com as bem empalhadas nas propriedades ESMERALDAS 01 e MATOZINHOS 01 (1ª Coleta), PEDRO LEOPOLDO 01 e ESMERALDAS 01 (2ª coleta) e INHAÚMA 01, JEQUITIBÁ 01, SETE LAGOAS 01, SETE LAGOAS 02 e ESMERALDAS 01 (3ª coleta), totalizando 37,5% das amostras. Porém, nas propriedades INHAÚMA 01 (1ª coleta), JEQUITIBÁ 01 e SETE LAGOAS 02 (2ª coleta) as amostras bem empalhadas apresentaram maiores níveis de contaminação quando comparadas com as mal empalhadas.

Segundo Pimentel et al. (2011), separar as espigas levando em consideração o empalhamento, consumindo primeiramente as espigas mal empalhadas e armazenando as espigas bem empalhadas é uma técnica eficiente que ajuda a reduzir a contaminação por carunchos, contribuindo para diminuição da contaminação por fungos no processo de armazenamento do milho em espigas em propriedades de cultivo familiar. Além disso, de acordo com Duarte et al. (2009), o mau empalhamento favorece a contaminação das espigas por fungos patogênicos. Esses dados confirmam a alta incidência e o elevado nível de fumonisinias encontrados nas espigas mal empalhadas.

Verificou-se aumento significativo na contaminação por fumonisinias totais em função do tempo de armazenamento das amostras (época de colheita) nas propriedades INHAÚMA 01, JEQUITIBÁ 01, ESMERALDAS 01 e MATOZINHOS 02, redução na PEDRO LEOPOLDO 01 e manutenção na SETE LAGOAS 01, SETE LAGOAS 02 e MATOZINHOS 01. A fumonisina é um tipo de micotoxina de campo, por isso, a contaminação dos grãos pode ter ocorrido antes do armazenamento, condições inadequadas de armazenamento podem ter influenciado no aumento de contaminação dos grãos pelo fungo produtor da micotoxina. Conceição et al. (2014) analisaram 23 amostras de milho, provenientes de coletas realizadas em 2013, em diferentes propriedades familiares e verificou que todas as amostras se encontravam contaminadas com fumonisinias, esses dados corroboram com os apresentados quanto à incidência dessa micotoxina, que obteve 100% de contaminação, comprovando que a fumonisina é uma das micotoxinas de maior

ocorrência em milho. Outro resultado que comprovou a alta ocorrência de fumonisinas em milho armazenado em propriedades familiares foi apresentado por Queiroz et al. (2012) com valores variando de 230 a 6450  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , similares aos encontrados no presente estudo (530 a 6950  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ).

O elevado grau de contaminação por fumonisinas também pode estar relacionado à alta incidência de fungos do gênero *Fusarium* encontrados nas amostras. De acordo com as análises de identificação de fungos, espécies do gênero *Fusarium* foram as que mais acometeram os grãos de milho, sendo encontradas em todas as amostras com incidência de até 93% (**Tabela 2**). Abreu et al. (2013) fizeram análise em três cultivares de milho do município de Sete Lagoas - MG, em diferentes épocas de colheita, e encontraram níveis elevados de *Fusarium* em todas as amostras analisadas, com variação entre 30,7% e 100%.

Uma possível explicação para o alto índice de *Fusarium* nos grãos é que um microrganismo com uma maior resistência ao substrato ou em maior quantidade tem vantagem sobre os outros, por isso, os fungos apresentam um antagonismo passivo em que o crescimento é impedido pela disputa de espaço e nutrientes fundamentais para seu desenvolvimento. Por isso, o *Fusarium* é um competidor mais forte quando comparado ao *Aspergillus* (Motta et al., 2015).

## CONCLUSÕES

Houve 100% de incidência do fungo do gênero *Fusarium* nas amostras analisadas.

Detectou-se fumonisinas em 100% das amostras com algumas superando o limite máximo estabelecido pela legislação brasileira, podendo comprometer a saúde humana e animal. Assim, necessária a continuidade de estudos nessa área, visto que, essa micotoxina ocorre amplamente nos grãos de milho e pode causar grandes prejuízos na economia e na saúde.

## AGRADECIMENTOS

Embrapa Milho e Sorgo; FAPEMIG e CNPq.

## REFERÊNCIAS

ABREU, M. I. A.; COSTA, R. V., COTA, L. V., SILVA, D. D. Atraso na colheita e incidência de grãos ardidos em cultivares de milho. 2013. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/962012/1/Atrasocolheita.pdf>> Acesso em 29/06/2016.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução nº 7, de 2011. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção1, p.66, 18 fev. 2011.

CONCEICAO, R. R. P. ; QUEIROZ, V. A. V.; MIGUEL, R. A.; PEREIRA, G. M. E; ALVES, M. P.; ROCHA, M. C. Determinação de fumonisinas em milho armazenado em paços de produtores rurais da Região Central de Minas Gerais. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2014, Salvador. **Anais...** Salvador: 2014

DUARTE, R. P.; JULIATTI, F. C.; LUCAS, B. V.; FREITAS, P. T. Comportamento de diferentes genótipos de milho com aplicação foliar de fungicida quanto à incidência de fungos causadores de grãos ardidos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 112-122, 2009.

HERMANN, G.; PINTO, F. T.; KITAZAWA, S. E.; NOLL, I. B. Fungos e fumonisinas no período pré-colheita do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.7-10, 2006.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711 p.

MARQUES, O. J.; VIDIGAL FILHO, P. S.; DALPASQUALE, V. A.; SCAPIM, C. A.; PRICINOTTO, L.F.; MACHINSKI JÚNIOR, M. Incidência fúngica e contaminações por micotoxinas em grãos de híbridos comerciais de milho em função da umidade de colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p.667-675, 2009.

MOTTA, T. P.; FRIZZARIN, A.; MARTINS, T.; MIRANDA, M. S.; ARCARO, J. R. P.; AMBRÓSIO, L. A.; POZZI, C. R. Estudo sobre a ocorrência de fungos e aflatoxina B1 na dieta de bovinos leiteiros em São Paulo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.35, n.1, p. 23–28, 2015.

NASCIMENTO, V. R. G.; QUEIROZ, M. R.; MARCHI, V.C.; AGUIAR, R. H. Desempenho de estratégias de aeração de milho armazenado: Fungos e condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 113-121, 2012.

PIMENTEL, M. A. G.; MENDES, S. M.; QUEIROZ, V. A. V.; COSTA, R. V.; ALBERNAZ, W. M. Impacto da seleção de espigas de milho na infestação por carunchos durante o armazenamento em propriedades familiares do estado de Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2011, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2011, Vol 6, No. 2.

PINTO, N. F. J. A. **Reação de cultivares com relação à produção de grãos ardidos em milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 144, 4p, 2007.

QUEIROZ, V. A. V.; ALVES, G. L. O.; FERREIRA, P.; CONCEIÇÃO, R. R. P.; GUIMARÃES, L. J. M.;



MENDES, S. M.; RIBEIRO, P. E. A.; COSTA, R. V. Occurrence of fumonisins and zearalenone in maize stored in family farm in Minas Gerais, Brazil. **Food Control**, Guildford, v. 28, p.83-86, 2012.

SANTOS, J. P. Alternatives to chemical control of stored-product insects on small farms in the tropics. In: International working conference on stored-product protection, 9., 2006, Campinas. **Proceedings...** Campinas: ABRAPOS, 2006. p. 663-673.



**Tabela 1** – Fumonisinas totais ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) em milho armazenado em propriedades familiares da Região Central de Minas Gerais.

Propriedades	Fumonisinas totais ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )									Médias Totais
	1			2			3			
	M.E.	B.E.	Médias	M.E.	B.E.	Médias	M.E.	B.E.	Médias	
INHAÚMA 01	2250	4750*	3500 Ba	4250	4600	4425 Aba	6900*	2850	4875 Aa	4267 a
PEDRO LEOPOLDO 01	3650	2700	3175 Aa	5150*	1800	3480 Aa	1550	1550	1550 Bd	2735 cd
JEQUITIBÁ 01	940	875	908 Bc	1250	5400*	3325 Aa	4950*	850	2900 Abc	2378 cd
SETE LAGOAS 01	3150	2250	2700 Aab	2300	1500	1900 Ab	4950*	855	2903 Abc	2500 cd
SETE LAGOAS 02	2350	2850	2600 Bab	2250	5850*	4050 Aa	3600*	1650	2625 Bbcd	3092 bc
ESMERALDAS 01	3950*	1750	2850 Bab	5950*	1850	3900 Aa	6950*	2600	4775 Aa	3842 ab
MATOZINHOS 01	3000*	530	1765 Abc	885	980	933 Ab	1840	1400	1620 Acd	1439 e
MATOZINHOS 02	1350	1010	1180 Bc	1850	1450	1650 Bb	3400*	4100	3750 Aab	2193 de
Médias Totais			2335 B			2957 A			3125 A	

Valores seguidos de \* na linha são diferentes dos valores dentro da mesma coleta. Valores seguidos da mesma letra maiúscula na linha ou minúscula na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

**Tabela 2** – Prevalência de fungos patogênicos em grãos sadios de milho coletados em paióis de propriedades familiares (%).

Propriedades	Coleta											
	<i>Fusarium</i> spp.			<i>Penicillium</i> spp.			<i>Stenocarpella</i> spp.			<i>Aspergillus</i> spp.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
INHAÚMA 01	85	88	91	4	3	2	0	0	0	0	0	0
PEDRO LEOPOLDO 01	81	83	82	5	13	3	0	0	0	0	0	2
JEQUITIBÁ 01	88	92	83	6	5	10	0	0	0	0	0	0
SETE LAGOAS 01	68	85	86	12	9	8	0	0	0	0	0	0
SETE LAGOAS 02	93	91	91	3	4	4	0	0	0	0	0	1
ESMERALDAS 01	61	68	85	45	41	13	0	0	0	0	0	0
MATOZINHOS 01	84	84	62	12	11	11	0	0	0	0	0	0
MATOZINHOS 02	75	79	70	12	11	11	0	0	0	0	0	0

## Influência da temperatura e do solvente na obtenção de extrato de milho de grãos pretos.

**Natália Alves Barbosa**<sup>(1)</sup>; **María Cristina Dias Paes**<sup>(2)</sup>; **Joelma Pereira**<sup>(3)</sup>.

<sup>(1)</sup> Estudante de doutorado em Ciências dos Alimentos; Universidade Federal de Lavras; Lavras, Minas Gerais; nataliaalvesb@yahoo.com.br; bolsista de agência de fomento (CNPq); <sup>(2)</sup> Cientista de Alimentos; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo); cristina.paes@embrapa.br; <sup>(3)</sup> Professora associada; Universidade Federal de Lavras; joper@dca.ufla.br.

**RESUMO:** O interesse no estudo de compostos fenólicos está associado à capacidade antioxidante destas substâncias em sequestrar radicais livres, os quais são prejudiciais à saúde humana. No setor alimentício, muitos pesquisadores tem investigado a ação de extratos desses compostos adicionados como corantes naturais em alimentos e cosméticos e também à filmes e coberturas comestíveis, por apresentarem, dentre outras funções, atividades antioxidante e antimicrobiana. A eficiência da extração de compostos fenólicos depende, principalmente, da escolha do solvente. O uso da temperatura pode ser favorável para extração de fenólicos, entretanto temperaturas extremas podem degradar essas substâncias. O objetivo deste trabalho foi identificar a melhor combinação de solvente e temperatura de extração para obtenção de extrato de milho contendo maior concentração de compostos fenólicos e capacidade antioxidante. O experimento foi planejado em delineamento estatístico inteiramente casualizado, em esquema fatorial constituído de dois fatores temperatura (20°C, 40°C, 60°C) e solvente (etanol 80%, etanol puro, metanol puro). Os solventes metanol e etanol não diferiram na capacidade extrativa. A concentração de fenólicos e a atividade antioxidante do extrato etanólico do milho TO002 reduziu com a elevação da temperatura de extração. A combinação do solvente etanol 80% com temperatura de extração 20°C resultou em extrato fenólico com maior concentração de compostos antioxidantes.

**Termos de indexação:** pigmento, fenólicos, atividade antioxidante.

### INTRODUÇÃO

Para extração de um pigmento muitas vezes é utilizado como solvente o metanol, porém para

aplicação em alimento não é viável, uma vez que é tóxico para consumo e tem sido declarado, inclusive, como prejudicial por meio de sua exposição em longo prazo, podendo causar doenças como o mal de Parkinson (Finkelstein & Vardi, 2002).

Segundo Cowan (1999), a eficiência da extração depende principalmente da escolha do solvente. A polaridade do composto alvo é o fator mais importante nessa decisão. Afinidade molecular entre solvente e soluto, transferência de massa, segurança ambiental, toxicidade para humanos e viabilidade financeira também devem ser considerados na seleção do solvente para extração de pigmentos (Oliveira, 2014). Extrações com diferentes solventes para atingir o máximo de rendimento de fenóis tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores. Além do metanol, a acetona, o etanol e a água são os solventes mais frequentemente usados para a extração, devidos ao seu caráter polar, que resulta em afinidade com compostos fenólicos em geral (Finkelstein & Vardi, 2002; Pedreschi & Cisneros-Zevallos, 2006; Garzón, 2008).

O uso da temperatura pode ser favorável para extração de fenólicos. O calor pode tornar as paredes celulares permeáveis, aumentando a solubilidade e a difusão dos compostos a serem extraídos e diminuindo a viscosidade dos solventes, facilitando dessa forma, a extração. No entanto temperaturas extremas podem degradar os compostos fenólicos (Oliveira, 2014).

Esse experimento teve por objetivo identificar a melhor combinação de solvente e temperatura de extração para obtenção de extrato de milho contendo maior concentração de compostos fenólicos e capacidade antioxidante.

### MATERIAL E MÉTODOS

Os grãos de milho do genótipo TO 002 foram moídos em moinho tipo ciclone MA 020 MARCONI (Piracicaba – SP), sendo o material acondicionado em frasco de vidro, tampado, lacrado com parafilm M e envoltos em papel alumínio.

O extrato foi preparado na relação 1:2 (soluto:solvente). Os solventes para análise foram de grau (P.A.) marca Vetec. Foram utilizados etanol 80% em água; etanol 100% e metanol em diferentes temperaturas (20; 40; 60°C).

As amostras moídas foram maceradas em cadinho de porcelana e pistilo com o solvente em teste e o homogenato foi filtrado em filtro Whatman N°1. O resíduo do filtro foi macerado por mais três vezes.

Para o experimento nas temperaturas de 40 e 60°C os extratos foram incubados em banho maria, marca Precision Scientific (modelo 66722). A temperatura do extrato foi monitorada com termômetro. O extrato foi concentrado em evaporador rotativo marca Buchi (modelo R-144) acoplado com banho maria (Waterbath B-480, Switzerland) em temperatura entre 25 e 30 °C até aproximadamente 10 mL. O extrato foi mantido em temperatura ambiente durante 10 minutos e em seguida armazenado em geladeira até a condução das análises químicas.

O experimento foi realizado em triplicata.

#### Determinação de fenólicos totais

A determinação de fenólicos totais nos extratos foi conduzida de acordo com a metodologia de Singleton et al. (1999). A análise foi realizada em triplicata.

#### Determinação da atividade antioxidante

A determinação da capacidade antioxidante foi determinada de acordo com a metodologia de Roesler, et al. (2007). A análise foi realizada em triplicata.

#### Delineamento e análise estatística

O experimento foi planejado em delineamento estatístico inteiramente casualizado, em esquema fatorial constituído de dois fatores temperatura (20°C, 40°C, 60°C) e solvente (etanol 80%, etanol puro, metanol puro), constituindo nove tratamentos, (Tabela 1). O experimento foi preparado em triplicata.

**Tabela 1** - Tratamentos utilizados para as análises

Tratamento	Temperatura	Solvente
1	20°C	etanol 80%
2	20°C	etanol 80%
3	20°C	etanol 80%
4	40°C	metanol puro

5	40°C	metanol puro
6	40°C	metanol puro
7	60°C	etanol puro
8	60°C	etanol puro
9	60°C	etanol puro

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando significativo, foi realizada análise de regressão para os fatores quantitativos e teste de média Least Significant Difference (LSD) para os fatores qualitativos, estabelecendo-se o nível de 5% de significância.

Para análise dos dados, utilizou-se o programa Sisvar versão 5.3 (Build 77) (Ferreira, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tanto para a concentração de fenólicos totais como para a determinação de atividade antioxidante, não houve diferença significativa para a interação temperatura x solvente, porém a influência dos fatores isolados foi significativa para as duas análises. A extração com metanol e etanol 80% resultou em extratos com concentrações de fenólicos totais superiores ao obtido com etanol (Tabela 2) e com as maiores atividades antioxidante (Tabela 3).

**Tabela 2** - Médias da concentração de fenólicos totais dos extratos em diferentes solventes.

Solventes	Fenólicos Totais (mg.100mg <sup>-1</sup> )
Etanol 80%	958,6±1,11 <sup>ab</sup>
Etanol	957,1±1,17 <sup>b</sup>
Metanol	959,8±0,61 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente pelo teste de LSD a 5% de probabilidade (p<0,05).

<sup>2</sup>DP: Desvio padrão

**Tabela 3** - Médias da atividade antioxidante dos extratos em diferentes solventes.

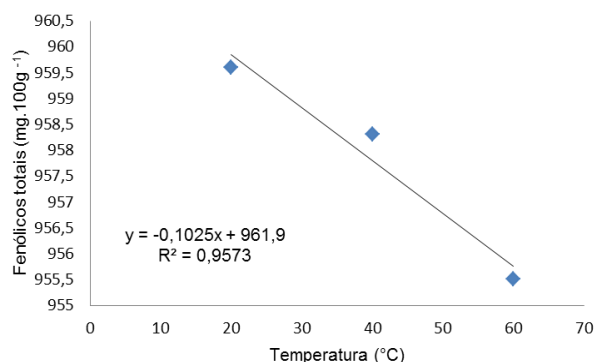
Solventes	Atividade antioxidante (%)
Etanol 80%	73,17±1,02 <sup>ab</sup>
Etanol	72,99±1,10 <sup>b</sup>
Metanol	74,31±0,16 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente pelo teste de LSD a 5% de probabilidade (p<0,05).

<sup>2</sup>DP: Desvio padrão.

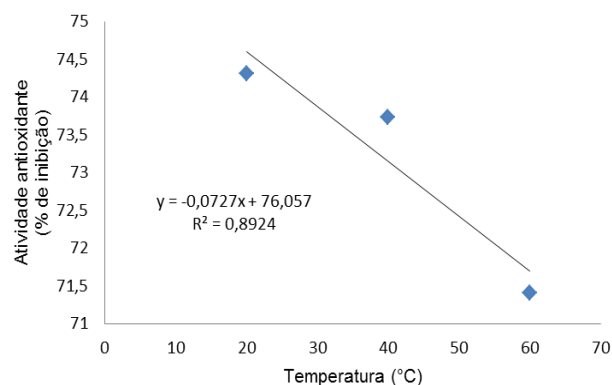
Apesar de se tratar de solventes com diferentes polaridades não foi observada diferença na concentração de fenólicos totais e da atividade antioxidante entre os solventes etanol 80% e metanol puro.

O aumento da temperatura de extração resultou em diminuição na concentração de fenólicos totais (**Figura 1**) e na atividade antioxidante (**Figura 2**), independente do solvente utilizado.



**Figura 1** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de fenólicos totais (mg.100g<sup>-1</sup>) nos extratos em diferentes temperaturas.

Para Khan et al. (2010), a temperatura em torno de 40°C é ideal para extração de fenólicos em laranja. Já Aybastier et al. (2013) relata que a temperatura em torno de 60°C é ideal para extração de fenólicos em folha de amora. Luzia e Jorge (2010) usaram temperaturas de 40°C para obtenção de extrato fenólico de limão. Entretanto, outros autores não utilizam aquecimento para obtenção de extratos fenólicos (Vieira et al. 2011; Irakli et al. 2012; Montilla et al. 2011).



**Figura 2** Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias da atividade antioxidante (% de inibição) nos extratos em diferentes temperaturas.

Percebe-se que a atividade antioxidante diminuiu com a perda da concentração de fenólicos totais, indicando que estes compostos podem estar correlacionados com a atividade antioxidante.

## CONCLUSÕES

O aumento de temperatura de extração resultou em redução na concentração de fenólicos totais e na atividade antioxidante dos extratos ricos em compostos bioativos dos grãos pretos de milho TO 002.

A aplicação da combinação temperatura (20°C) e solvente etanol 80% é ideal para obtenção de extrato de milho de grãos pretos com maior concentração de compostos fenólicos e maior atividade antioxidante. Uma vez que esse solvente não é tóxico como no caso do metanol, podendo dessa forma ser utilizado para aplicação em alimentos.

## AGRADECIMENTOS

À Embrapa Milho e Sorgo pelo financiamento da pesquisa e ao CNPq pela bolsa de doutorado.

## REFERÊNCIAS

AYBASTIER, O.; SAHIN, S.; DEMIR, C. Response Surface Optimized Ultrasonic-Assisted Extraction of Quercetin and Isolation of Phenolic Compounds From *Hypericum perforatum* L. by Column Chromatography. **Separation Science and Technology**, v. 48, n. 6, p.1665–1674, 2013.

COWAN, M. M. Plant products as antimicrobial agents. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 12, n. 4, p. 564-582, 1999.

FERREIRA, D. F. **Sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielf/dff02.htm>>. Acesso em 6 janeiro de 2016.

FINKELSTEIN Y., VARDI J., Progressive Parkinsonism in a young experimental physicist following long-term exposure to methanol, **Neurotoxicol Journal**, v. 23, n. 22, p. 521-525, 2002.

GARZÓN G. Las antocianinas como colorants naturales y compuestos bioativos: Revisión, **Acta Biológica Colombiana**, v. 13, n. 3, p. 27-36, 2008.

IRAKLI, M. N.; SAMANIDOU, V. F.; BILIADERES, C. G.; PAPADOYANNIS, I. N. Development and validation of an HPLC-method for determination of free and bound phenolic acid in cereals after solid-phase extraction. **Food Chemistry**, v. 7, p. 1624-1632. 2012.

KHAN, M.K.; ABERT-VIAN, M.; FABIANO-TIXIER, A-S.; DANGLES, O.; CHEMA, F. Ultrasound-assisted extraction of Polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel. **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 851-858, 2010.



LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Potencial antioxidante de extratos de semente de limão (*Citrus limon*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, p. 489-493, 2010.

MONTILLA, E. V.; HILLEBRAND, S.; ANTEZANA, A. WINTERHALTER, P. Soluble and bound phenolic compounds in different bolivian purple corn (*Zea mays* L.) cultivares. **Journal Agro and Food Chemistry**, v. 59, n. 13, p. 7068-7074, 2011.

OLIVEIRA, D. S. **Nova metodologia para extração de compostos fenólicos de vinho tinto e avaliação da estabilidade dos extratos obtidos**. 150f. 2014. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa. 2014.

PEDRESCHI R.; CISNEROS-ZEVALLOS L. Antimutagenic and antioxidant properties of phenolic fractions from andean purple corn (*Zea mays* L.) **Journal Agricultural Chemistry**, v. 32, n. 3, p. 4557-4567, 2006.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutos do cerrado. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocateau reagent. **Methods Enzymol**, San Diego, v. 299, n. 26, p. 152- 178, 1999.

VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 888-897, 2011.

## Compostos bioativos nos grãos de milho pipoca antes e após o processamento

Natália Alves Barbosa<sup>(1)</sup>; Rafaela Chaves de Oliveira Lopes<sup>(2)</sup>; Maria Cristina Dias Paes<sup>(3)</sup>;

<sup>(1)</sup> Doutoranda em Ciências dos Alimentos; Universidade Federal de Lavras; Lavras, Minas Gerais; nataliaalvesb@yahoo.com.br; <sup>(2)</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária; <sup>(3)</sup> Cientista de Alimentos; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo).

**RESUMO:** A pipoca é um alimento muito apreciado no Brasil e no mundo, principalmente pelo simples preparo e por conter compostos que fornecem benefícios para a saúde humana. Dentre estes compostos podem-se citar os compostos fenólicos e antocianinas os quais possuem ação antioxidante, prevenindo contra diversos tipos de doenças. O milho possui ampla diversidade genética, dando origem a um grande número de variedades com colorações distintas. A coloração dos grãos tem sido atribuída a sua concentração de compostos bioativos e a atividade antioxidante. O objetivo deste trabalho foi avaliar se há perda de compostos bioativos após o processamento de milho pipoca de coloração preta e amarela. Foram avaliados grãos de milho pipoca de coloração preta e amarela antes e após o processamento dos grãos. O processamento dos grãos foi realizado em pipoqueira elétrica. Os compostos bioativos avaliados foram fenólicos totais e antocianinas, além da atividade antioxidante. Foi possível concluir que o grão de pipoca processado em pipoqueira elétrica apresenta menor concentração de compostos bioativos (fenólicos totais e antocianinas) e atividade antioxidante, quando comparados aos grãos sem processamento.

**Termos de indexação:** Fenólicos, antocianinas, atividade antioxidante,

### INTRODUÇÃO

O milho pipoca é um alimento muito apreciado por várias pessoas ao redor do mundo (Souza, 2016). O seu simples preparo e o sabor desperta o interesse no consumo dessa fonte de energia, proteínas, ferro, fibras, e compostos antioxidantes (Callegaro, 2005). Uma das características do milho pipoca é capacidade de estourar quando submetido à fonte de calor, originando um alimento muito saboroso (Embrapa, 2016).

Quando o grão é aquecido, a umidade em seu interior vai se transformando em vapor, que, contido pelo pericarpo, aumenta a pressão no interior do grão (Zinsly & Machado, 1978). Quando o pericarpo se rompe, a temperatura do grão é de 177°C e a estrutura do endosperma está gelatinizada (Patrícia, 2016; Embrapa 2016).

O milho possui ampla diversidade genética, dando origem a um grande número de variedades e híbridos (Aoki, et al., 2001; Pascual-Teresa et al., 2002). Esta cultura apresenta várias colorações de grãos, entretanto, os milhos de grãos coloridos, como vermelho, roxo, azul, branco e preto são produzidos comercialmente apenas em pequenas quantidades no Brasil apesar de apresentarem substâncias com potencial para desenvolvimento de alimentos funcionais (AbdeL-Aal., et al. 2006). Muita atenção tem sido dada aos compostos bioativos, especialmente para aqueles com alto teor de antioxidantes capazes de prevenir e/ou aliviar as dores de muitas doenças crônicas não transmissíveis resultantes da ação de radicais livres, como cardiovasculares, câncer, doenças neurodegenerativas, inflamações e o envelhecimento (You et al., 2011).

Vários autores têm relatado a presença de compostos fenólicos e as diferenças da ação antioxidante em materiais de diferentes colorações.

Sabe-se que processamento pode degradar os compostos bioativos uma vez que são sensíveis a temperaturas muito altas (Irakli et al., 2012; Oliveira, 2014). Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar se há perda de compostos bioativos após o processamento de milho pipoca de coloração preta e amarela.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Determinação de fenólicos totais

A determinação de fenólicos totais foi conduzida de acordo com a metodologia de

Singleton et al. (1999). A análise foi realizada em triplicata.

### Antocianinas

A composição de antocianinas foi determinada de acordo com a metodologia de Francis (1992) e adaptada por Lopes et al., (2012).

### Atividade antioxidante

A determinação da capacidade antioxidante foi realizada de acordo com a metodologia de Roesler, et al., (2007). A análise foi realizada em triplicata.

### Umidade

A umidade foi determinada por método 920.151 descrito pela (AOAC, 2012), utilizando estufa de secagem da marca American Lab, modelo AL 100/150. A análise foi realizada em triplicata.

### Tratamentos e amostragens

Foram avaliados grãos de milho pipoca preto e grãos de milho pipoca de coloração amarela antes e após o processamento da pipoca.

O processamento dos grãos foi realizado em pipoqueira elétrica da marca Arno. Para tanto foram colocados 50 gramas de grãos de milho pipoca os quais foram estourados durante aproximadamente 2 min.

Na figura 1 estão apresentados os grãos antes e após o processamento (pipoca).

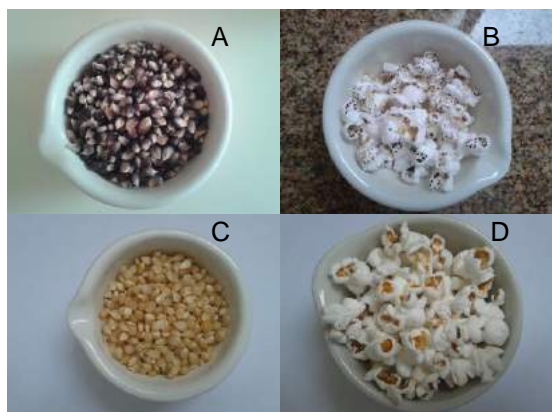


Figura 1 A) Grãos de milho preto antes do processamento  
B) Grãos de milho preto após o processamento (pipoca)  
C) Grãos de milho amarelo antes do processamento  
D) Grãos de milho amarelo após o processamento (pipoca).

### Delineamento e análise estatística

O experimento foi planejado em delineamento estatístico inteiramente casualizado, em esquema fatorial, constituído de dois fatores tipo de grãos (Preto e amarelo) e Processamento (grãos não processado e grãos processados (pipoca)).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando significativo, foi aplicado teste de média LSD, estabelecendo-se o nível de 5% de significância.

Para análise dos dados, utilizou-se o programa Sisvar versão 5.3 (Build 77) (Ferreira, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Significância ( $p < 0,05$ ) pôde ser notada na interação tipo de milho x processamento. Após o desdobramento foi aplicado o teste de médias de processamento dentro de tipo de milho.

Na tabela 1 são apresentadas as médias da concentração de fenólicos totais antes e após o processamento dos grãos de milho pipoca.

Tabela 1 Concentração de fenólicos totais ( $\text{mg} \cdot 100\text{mg}^{-1}$ ) em base seca dos grãos antes e após o processamento

Tipo de milho	Concentração de fenólicos totais ( $\text{mg} \cdot 100\text{mg}^{-1}$ ) $\pm$ DP	
	Processamento	
	Grãos não processados	Grãos processados (pipoca)
Grão preto	742,92 $\pm$ 0,53 <sup>a</sup>	162,77 $\pm$ 0,65 <sup>b</sup>
Grão amarelo	105,69 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>	6,00 $\pm$ 0,35 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de LSD a 5% de probabilidade ( $p > 0,05$ ).

<sup>2</sup>DP: Desvio padrão.

Quanto a variável antocianina significância ( $p < 0,05$ ) também foi notada para a interação tipo de milho x processamento. Após o desdobramento foi aplicado o teste de médias de processamento dentro de tipo de milho.

Na tabela 2 são apresentadas as médias da concentração de antocianinas antes e após o processamento dos grãos de milho pipoca.

Tabela 2 Concentração de antocianinas ( $\text{mg} \cdot 100\text{mg}^{-1}$ ) em base seca dos grãos antes e após processamento

Tipo de milho	Concentração de antocianinas ( $\text{mg} \cdot 100\text{mg}^{-1}$ ) $\pm$ DP	
	Processamento	
	Grão não processado (Grão)	Grão processado (pipoca)
Grão preto	57,29 $\pm$ 1,01 <sup>a</sup>	15,56 $\pm$ 0,94 <sup>b</sup>
Grão amarelo	5,39 $\pm$ 0,82 <sup>a</sup>	1,54 $\pm$ 1,06 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de LSD a 5% de probabilidade ( $p > 0,05$ ).

<sup>2</sup>DP: Desvio padrão.

Assim como para fenólicos totais e antocianinas, a atividade antioxidante também apresentou significância ( $p < 0,05$ ) entre a interação

tipo de milho x processamento. Após o desdobramento foi aplicado o teste de médias de processamento dentro de tipo de milho.

Na tabela 3 são apresentadas as médias da atividade antioxidante antes e após o processamento dos grãos.

Tabela 3 Atividade antioxidante dos grãos de milho antes e após o processamento

Tipo de milho (coloração)	Processamento	
	Grão não processado	Grão processado (pipoca)
Grão preto	52,03±1,12 <sup>a</sup>	11,68±1,06 <sup>b</sup>
Grãos amarelo	19,37±1,10 <sup>a</sup>	5,85±0,94 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de LSD a 5% de probabilidade (p>0,05).

<sup>2</sup>DP: Desvio padrão.

Tanto no material de milho pipoca preto quanto no amarelo houve uma brusca perda de fenólicos totais, antocianinas e atividade antioxidante, após o processamento.

A temperatura pode ter influenciado nestas concentrações, uma vez que os compostos bioativos são sensíveis a temperaturas muito altas (Santiago, 2010). De acordo com (Patrícia, 2016; Embrapa 2016), durante o processamento da pipoca, quando o pericarpo se rompe, a temperatura do grão é de aproximadamente 177°C, sendo esta uma temperatura muito alta e que pode degrada os compostos bioativos.

## CONCLUSÕES

O grão de pipoca processado em pipoqueira elétrica apresenta menor concentração de compostos bioativos e atividade antioxidante, quando comparados aos grãos sem processamento.

## AGRADECIMENTOS

À Embrapa pelo financiamento de pesquisa e ao projeto Harvest Plus e ao CNPq pela concessão das bolsas.

## REFERÊNCIAS

ABDEL-AAL, E. S. M.; YOUNG, C. H.; RABALSKI, I. Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 13, p. 4696–4704, 2006.

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official Methods of Analysis**. 19th. Gaithersburg. 3000 p. 2012.

AOKI, H., KUZE, N.; KATO, Y. **Anthocyanins isolated from purple corn (Zea mays L.)**. 2001. Disponível em: <[http://www.ffcr.or.jp/zaidan/FFCRHOME.nsf/7bd44c20b0dc562649256502001b65e9/c669877336142b249256ba60018e581/\\$FILE/anthocyanin-FFIJ199.pdf](http://www.ffcr.or.jp/zaidan/FFCRHOME.nsf/7bd44c20b0dc562649256502001b65e9/c669877336142b249256ba60018e581/$FILE/anthocyanin-FFIJ199.pdf)>. (2001). Acesso 12 de dezembro, 2015.

CALLEGARO, M. G. K.; DUTRA, C. B.; HUBER, L. S.; BECKER, L. V.; ROSA, C. S.; KUBOTA, E. H.; HECKTHEUR, L. H. Determinação da fibra alimentar insolúvel, solúvel e total de produtos derivados do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 25: p. 271-274. 2005.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, 1039-1042, 2011. ISSN: 1413-7054. 2000.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.), **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, p. 181-207. 1992.

IRAKLI, M. N.; SAMANIDOU, V. F.; BILIADERES, C. G.; PAPADOYANNIS, I. N. Development and validation of an HPLC-method for determination of free and bound phenolic acid in cereals after solid-phase extraction. **Food Chemistry**. P. 1624-1632. 2012.

LOPES, M. M. A.; MIRANDA, M. R.A.; MOURA, C. F. H.; ENÉAS FILHO, J. Compostos bioativos e atividade antioxidante total de pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale L.*) durante o amadurecimento de clones de cajueiro anão-precoce. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 36, n. 3, p. 325-332, 2012.

OLIVEIRA, D. S. **Nova metodologia para extração de compostos fenólicos de vinho tinto e avaliação da estabilidade dos extratos obtidos**. 150f. 2014. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa. 2014.

PASCUAL-TERESA, S., SANTOS-BUELGA, C.; RIVAS-GONZALO, J. C. LCMS Analysis of anthocyanins from purple corn cob. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 1003–1006. 2002.



PATRICIA, K. Diário de Biologia. **Como o milho vira pipoca?** Disponível em:  
<http://diariodebiologia.com/2013/01/como-o-milho-vira-pipoca/>. Acesso em 29 de junho de 2016.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO L, C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutos do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 27: p. 53-60, 2007.

SANTIAGO, M. C. P. A. **Avaliação via cromatografia líquida de alta eficiência do efeito da microfiltração do suco de amora-preta (Rubus spp.) sobre a composição das antocianinas majoritárias**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods Enzymology**. San Diego, v. 29, p. 152- 178, 1999.

SOUZA, R. A origem do milho pipoca. Disponível em:  
<http://historiadomundo.uol.com.br/curiosidades/a-origem-da-pipoca.htm>. Acesso em: 29 de junho de 2016.

ZINSLY, J. R.; MACHADO, J. A. Milho-pipoca. In: Paterniani, E. (Coord.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: ESALQ. P.339-347. 1978.

YOU, Q.; WANG, B.; CHEN, F.; HUANG, Z.; WANG, X.; LUO, P. G. Comparasion of anthocyanins and phenolics in organically and conventionally grown blueberries in selected cultivars. **Food Chemistry**, Barking, v. 125, n.1, p. 201-208, 2011.

## Perfil de antocianinas de acessos de genótipos de milho de grãos coloridos

Maria Cristina Dias Paes<sup>(1)</sup>; Edy Sousa de Brito<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Cientista de Alimentos; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo) cristina.paes@embrapa.br; <sup>(2)</sup> Pesquisador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agroindústria Tropical).

**RESUMO:** Apesar da importância do milho colorido na dieta de várias populações, a composição de antocianinas de genótipos não comerciais mantidos em Bancos de Germoplasma ainda é pouco conhecida. O objetivo desse estudo foi determinar o perfil de antocianinas de genótipos de milho com coloração distinta de grãos. Foram avaliados dez acessos de milho de grãos coloridos. O experimento foi planejado em delineamento estatístico inteiramente casualizado com três repetições. Quatro genótipos do total avaliado apresentaram antocianinas na composição, sendo cianidina-3 glucosídeo e cianidina-3-6''-malonilglucosídeo as classes de antocianinas mais abundantes nessas amostras. O acesso TO002 de grãos pretos, apresentou a maior concentração dessas substâncias. Genótipos de milho de grãos de colorações distintas diferem no perfil de antocianinas, podendo essas estar presentes ou não nesses materiais. Grãos de milho pretos e roxos apresentam maiores concentrações de antocianinas.

**Termos de indexação:** compostos bioativos, milho colorido, pigmentos

### INTRODUÇÃO

Grande variabilidade para cor de grãos ocorre em milho, sendo compostos químicos, como antocianinas e carotenoides os principais responsáveis por essa pigmentação. A ação antioxidante dessas substâncias as caracterizam como bioativas, atuando no controle de radicais livres associados ao estresse oxidativo relacionado à degeneração celular e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis.

Milhos com pigmentação intensa (pretos, roxos e azuis) têm sido caracterizados para vários fitoquímicos, sendo antocianinas identificadas como um dos principais nesses materiais (Aguayo-Rojas et al., 2012; Del Pozo-Insfran et al., 2006; Hu & Xu,

2012; Montila et al., 2011; Urias-Logo et al. 2015; Yang & Zhai, 2010; Zilić et al., 2012). Há significativa diferença na distribuição de antocianinas entre as classes de cores, com relação entre a coloração escura dos grãos e a concentração de antocianinas (Zilic et al. 2012), podendo materiais com diferentes colorações de grãos de diferentes origens, apresentarem variações na composição de antocianinas (Zhao et al., 2009). Assim, o objetivo desse estudo foi determinar o perfil de antocianinas de genótipos de milho com coloração distinta de grãos mantidos no Brasil.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Amostras

Foram selecionados dez acessos de grãos coloridos variando de vermelho a preto mantidos no Banco Ativo de Germoplasma de Milho da Embrapa Milho e Sorgo, localizado em Sete Lagoas, MG. A imagem e identificação dos materiais são apresentados na **Figura 1**.



Figura 1. Imagem de grãos dos genótipos de milho analisados para perfil de antocianinas

#### Antocianinas

As amostras de grãos de milho foram moídas imediatamente antes do processo extrativo em moinho ciclone MA 020 (MARCONI, Piracicaba, SP) acoplado com peneira de abertura 0,5mm. O material moído foi acondicionado em frascos de

vidro, tampados, lacrados com parafilme e envoltos em papel alumínio. A cada amostra foram adicionados 5mL de uma solução de metanol: ácido fórmico 10% (v/v), seguido de extração utilizando banho ultrassom de 40 KHz (USC 1400, Unique, Indaiatuba, SP) durante 15 minutos. Em seguida as amostras foram centrifugadas a 4000rpm por 10 minutos e o sobrenadante foi coletado. Este processo foi repetido três vezes para cada amostra. Todo o sobrenadante composto foi concentrado em evaporador rotativo e em seguida foi adicionado de 2mL de água deionizada. Alíquotas (20µL) foram retiradas e filtradas para injeção em LC-MS.

Foi adotado o protocolo para determinação de fenólicos em plantas (Lin & Harnly, 2007) com modificações. O instrumento LC-DAD-ESI/MS utilizado foi o modelo Varian 250 HPLC (Varian Inc., Lake Forest, CA) com detector de arranjo de diodo (DAD) e espectrômetro de massa 500-MS IT (Varian Inc., Lake Forest, CA). A coluna utilizada na análise foi Symetry C18 (3 µm, 250 x 2 mm) (Varian Inc., Lake Forest, CA). O fluxo aplicado foi de 0.4 ml/min. Durante a corrida a temperatura do forno foi mantida a 30°C. A fase móvel consistiu da combinação dos solventes A (0.1% ácido fórmico em água) e B (0.1% ácido fórmico em acetonitrila). O gradiente linear adotado variou de 10% a 26% B (v/v) em 40 min, até 65% B em 70 min, passando para 100% B aos 71 min, sendo mantido até 75 min. O DAD foi programado a 270 e 512 nm para leitura em tempo real e o espectro UV/VIS de 190 a 650 nm, sendo coletado continuamente. O espectro de massa foi gerado simultaneamente usando ionização eletrospray nos modos de ionização positivo e negativo (PI and NI) em voltagem de fragmentação de 80 V para um intervalo de massa de 100–1000 amu. Foi utilizada pressão de gás de secagem de 35 psi, pressão de gás de nebulização de 40 psi, temperatura de secagem de gás de 370°C, voltagem de capilaridade de 3500 V para PI e 3500 V for NI, além de voltagens de campo de pulverização de 600V. O sistema LC system foi acoplado de MSD com uma divisão de 50%.

### Tratamentos e amostragens

Foram avaliados dez acessos de milho de grãos coloridos selecionados do Banco Ativo de Germoplasma mantido na Embrapa Milho e Sorgo.. Todas as análises foram realizadas em ausência de luz e em temperatura ambiente de 21±1°C.

### Delineamento e análise estatística

O experimento foi planejado em delineamento estatístico inteiramente casualizado. As análises foram realizadas em triplicata, sendo os resultados submetidos estatisticamente à análise de variância (ANOVA). Quando significativo o teste de

F, foi realizado teste de média LSD, estabelecendo-se o nível de 5% de significância. Para análise dos dados, utilizou-se o programa Sisvar versão 5.3 (Build 77) (Ferreira, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises do perfil de antocianinas dos dez acessos são apresentados na **Tabela 1**. Apenas quatro genótipos de milho apresentaram concentrações de antocianinas em quantidades significativas para detecção. Nos acessos MT024, BA125 e MG174 não foram detectadas essas substâncias, podendo a pigmentação dos grãos nesses materiais estarem associada à presença de carotenoides e outros compostos fenólicos.

O cromatograma gerado para o genótipo TO002 é apresentado na **Figura 2**, exemplificando o perfil de antocianinas dos quatro acessos com concentrações detectadas dessas substâncias.

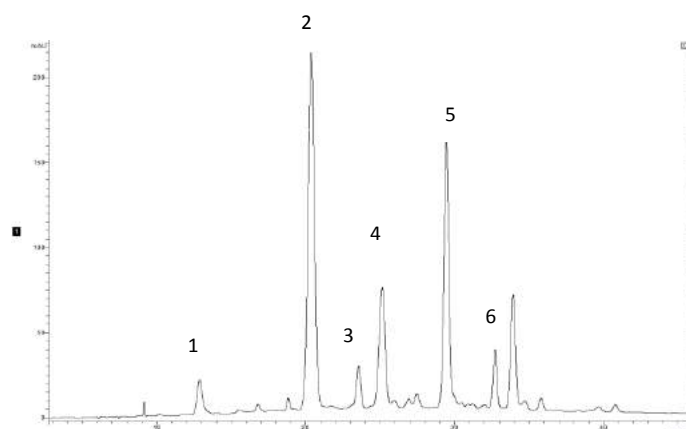


Figura 2. Perfil cromatográfico de antocianinas identificadas em amostras em milho de grãos pretos TO002 (512nm). Identificação dos picos segundo Tabela 1.

As formas cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-6''-malonilglucosídeo foram as antocianinas mais abundantes nas amostras analisadas (Tabela 1). O acesso TO002, cujos grãos possuem cor preta, apresentou a maior concentração dessas substâncias. Pesquisas anteriores permitiram a identificação das principais antocianinas no milho roxo como cianidina-3-glicosídeo, pelargonidina-3-glicosídeo, peonidina-3-glicosídeo, pelargonidin-3-(6''-malonilglucosídeo), cianidina-3-(6''-malonilglucosídeo), e cianidina-3-(3'',6''-dimalonilglucosídeo), cianidina-3-(3'',6''-i), e

cianidina 3-(3",6"-dimalonylglucoside), sendo os derivados de cianidina os principais, respondendo por mais de 70% do total de antocianinas nos grãos (pericarpo e aleurona) (Aoki et al., 2002). Portanto, os resultados foram semelhantes aos obtidos para os acessos de coloração preta e roxa avaliados. O total de antocianinas reportadas para linhagens e materiais crioulos de milho de origem americana e europeia foi menor que o encontrado no atual estudo, variando a concentração de cianidina -3-glucosídeo de 308,24 a 547,49 mg kg<sup>-1</sup> (Licy et al. 2008; Zilic et al., 2012).

### CONCLUSÕES

Acessos de milho com colorações intensas distintas dos grãos apresentam variabilidade no perfil de antocianinas, podendo haver presença ou não dessas substâncias em grãos coloridos de milho. Grãos de milho pretos e roxos apresentam maiores concentrações de antocianinas.

### AGRADECIMENTOS

À Embrapa pelo financiamento da pesquisa e à Fapemig pelo apoio.

### REFERÊNCIAS

- AOKI, H. , KUZE , N. , AND KATO , Y. Anthocyanins isolated from purple corn (*Zea mays L.*) . Foods and Food Ingredients **Journal of Japan** , 199 : 41 – 45, 2002.
- AGUAYO-ROJAS J, MORA-ROCHÍN S, CUEVAS-RODRÍGUEZ EO, SERNA-SALDIVAR SO, GUTIERREZ-URIB. Phytochemicals and antioxidant capacity of tortillas obtained after lime-cooking extrusion process of whole pigmented mexican maize. **Plant Foods for Human Nutrition**. v. 67, p. 178-185, 2012.
- DEL POZO-INSFRAN, D.; BRENES, C. H.; SERNA SALDIVAR, S. O.; TALCOTT, S. T. Polyphenolic and antioxidant content of white and blue corn (*Zea mays L.*) products. **Food Research International**, v. 39, p. 696– 703. 2006.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, 1039-1042, 2011. ISSN: 1413-7054. 2000.
- HU QP, XU JG. Profiles of carotenoids, anthocyanins, phenolics, and antioxidant activity of selected color waxy corn grains during maturation. **Journal Agricultural Food Chemistry**. v. 59: p. 2026-2033, 2012.
- LIN, L.-Z., & HARNLY, J. A standardized method for the identification of glycosylated flavonoids and other phenolic compounds in all plant materials. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 55, 1084–1096, 2007
- LICY, K. H.W., WON, S.R.; MIN, H.K., PARK K.J. Corn husk as a potential source of anthocyanins. **Journal Agricultural Food Chemistry**. v.56, p. 11413-11416, 2008.
- MONTILLA, E. C.; HILLEBRAND, S.; ANTEZANA, A.; WINTERHALTER, P. Soluble and bound phenolic compounds in different Bolivian purple corn (*Zea mays L.*) cultivars. **Journal Agricultural Food Chemistry**. 59, p. 7068-7074, 2011.
- URIAS-LUGO. D.A.; J.B. HEREDIA,; S.O. SERNA-SALDIVAR,; M.D. MUY-RANGEL.; J.B. VALDEZ-TORRES. Total phenolics, total anthocyanins and antioxidant capacity of native and elite blue maize hybrids (*Zea mays L.*), **CyTA - Journal of Food**, v.13, p. 336-339, 2015.
- YANG, Z.; ZHAI, W. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays L.*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p. 169-176, 2010.
- ZHAO, X.Y. , ZHANG, C. , GUIGAS, C. , MA, Y. , CORRALES, M. , TAUSCHER , B. , AND HU, X.S. Composition, antimicrobial activity, and antiproliferative capacity of anthocyanin extracts of purple corn (*Zea mays L.*) from China . **European Food Research and Technology** , 228 : 1438 – 2385, 2009
- ZILIĆ S, SERPEN A, AKILLIOĞLU G, GÖKMEN V, VANČETOVIĆ J. Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays L.*) kernels. **Journal Agricultural Food Chemistry**. v. 60, p.1224-1231. 2012.



**Tabela 1.** Identificação dos picos de antocianina das amostras de grãos de milho coloridos de distintos acessos mantidos em Banco Ativo de Germoplasma no Brasil

Pico	$t_{\min}$	[M-H] <sup>+</sup> (m/z)	MS n	$\lambda_{\max}$ (nm)	Composto	mg antocianinas 100g <sup>-1</sup> de grãos*						
						TO 002	RO 028	BA 066	RO 013	PR 031	MT 059	ES 016
1	13.07	899	735, 575	528, 280	(epi)catechin-cyanidin-3,5- diglucoside	<b>2.5</b>	nd	nd	nd	nd	nd	tr
2	20.66	449	287	515, 280	cyanidin-3-glucoside	<b>30.4 a</b>	tr	tr	<b>2.0c</b>	tr	<b>1.2c</b>	<b>5.9b</b>
3	23.75	433	271	501, 280	pelargonidin-3-glucoside	<b>2.4</b>	tr	tr	tr	nd	tr	
4	25.34	463	301	516, 279	peonidin-3-glucoside	<b>9.3 a</b>	tr	tr	tr	nd	nd	<b>1.5b</b>
5	29.69	535	287	517, 280	cyanidin-3-(6''- malonylglucoside)	<b>17.6 a</b>	tr	tr	<b>2.4b</b>	tr	<b>1.4c</b>	<b>2.0b</b>
6	32.90	519	271	505, 267	pelargonidin-3-(6''- malonylglucoside)	<b>2.9</b>	tr	tr	tr	nd	tr	tr
7	34.24	549	301	517, 280	peonidin-3-(6''- malonylglucoside)	<b>6.8</b>	tr	tr	tr	nd	nd	tr
8	34.97	621		519, 324, 278	cyanidin-3- (dimalonylglucoside)	tr	nd	nd	nd	nd	nd	nd
9	36.03	621		519, 335, 280	cyanidin-3- (dimalonylglucoside)	tr	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10	40.00	605		520, 348	pelargonidin-3- (dimalonylglucoside)	tr	nd	nd	nd	nd	nd	nd
11	41.07	635	301	525, 347, 270	peonidin-3- (dimalonylglucoside)	tr	nd	nd	nd	nd	nd	nd

tr < 1mgtr

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha diferem entre si ao nível de 5% probabilidade.

## Processos fermentativos na ensilagem alteram a composição bromatológica do híbrido de sorgo Qualysilo

**Neliton Flores Kasper<sup>(1)</sup>; Arlon de Oliveira Lima<sup>(1)</sup>; Arlon de Oliveira de Lima<sup>(1)</sup> Guilherme Boeira Rovaris<sup>(1)</sup>; Igor Bagnara<sup>(1)</sup>; Edgard Gonçalves Malaguez<sup>(2)</sup>; Edson Raphael Gaida<sup>(3)</sup> Deise Dalazen Castagnara<sup>(4)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Discentes do curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Pampa – Uruguaiiana, RS. Email: [nelitonfloreskasper@hotmail.com](mailto:nelitonfloreskasper@hotmail.com); <sup>(2)</sup> Mestranda do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa – Uruguaiiana, RS; <sup>(3)</sup> Engenheiro Agrônomo Coordenador Técnico Atlântica Sementes S.A <sup>(4)</sup> Docente do curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Pampa – Uruguaiiana, RS.

**RESUMO:** As oscilações climáticas impactam diretamente na produção forrageira, obrigando pecuaristas a adotar estratégias alimentares que assegurem a alimentação dos animais nos períodos críticos, como a conservação forrageira na forma de silagem. Visou-se estudar as características bromatológicas do híbrido de sorgo Qualysilo durante o período fermentativo para produção de silagem. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com seis tempos de avaliação da silagem (0; 1; 3; 7; 14 e 28 dias de fermentação). Avaliou-se a MM, MO, PB, EE, FDA, FDN, hemicelulose, celulose e lignina, cujos dados foram estudados meio de análise de regressão. Aos 28 dias de fermentação obteve-se teores médios na silagem de 63,30 g/kg de PB, 28,13 g/kg de EE, 402,48 g/kg de FDA e 634,78 g/kg de FDN. Os processos fermentativos durante a ensilagem do híbrido de sorgo Qualysilo alteram sua composição bromatológica, porém, não prejudicam o seu valor nutricional propiciando a obtenção de silagens de boa qualidade.

**Termos de indexação:** fermentação, produção de silagens, *Sorghum bicolor*.

### INTRODUÇÃO

O sorgo é uma cultura de clima quente que apresenta vários mecanismos de tolerância a escassez hídrica com alto potencial produtivo e nutricional (Tolentino et al., 2016). Também possui grande resistência a falta de nutrientes e variações na fertilidade do solo (Macedo et al., 2012), mantendo produtividades razoáveis em condições de baixa fertilidade do solo.

Essas características fazem com que a cultura se destaque em regiões com condições climáticas

adversas, onde é uma alternativa potencial para a alimentação de ruminantes (Costa et al., 2016) na forma de pastejo ou como forragem conservada.

A conservação de alimentos na forma de silagem vem sendo uma boa alternativa para suprir a carência forrageira em certas épocas do ano. A ensilagem consiste em conservar os alimentos por meio de fermentação anaeróbica e manter seus valores bromatológicos praticamente inalterados, assim como uma queda no pH e obtenção da estabilidade do material sob condições de pH na faixa de 3,80-4,20 (McDonald et al., 1991).

No entanto, a dinâmica fermentativa que ocorre no interior do silo durante o processo fermentativo pode interferir na conservação do material com consequentes efeitos no valor nutricional do alimento e posteriormente interferindo no consumo animal (Jobin et al., 2007).

Portanto, visou-se estudar as alterações bromatológicas no híbrido de sorgo Qualysilo durante o período fermentativo de 28 dias para obtenção de silagens.

### MATERIAL E MÉTODOS

A cultura foi implantada em 02/01/2016, com semeadora de fluxo contínuo sob espaçamento de 0,34 m. Por ocasião da semeadura as sementes foram tratadas com inseticida CRUISER®. Como adubação de base utilizou-se 120 kg/ha do formulado 8:20:15. Como adubação de cobertura aplicou-se 50 kg/ha de N na forma de uréia aos 45 dias após a semeadura. Durante o desenvolvimento da cultura foi realizada uma aplicação de inseticida para controle da lagarta do cartucho utilizado o Dimilin® na dosagem de 60 g/ha.

A colheita se procedeu no dia 22/04/2016, com ensiladeira tratorizada. Após a colheita o material foi ensilado em silos experimentais confeccionados com canos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Em cada silo foi adicionado 2,350 Kg da forragem triturada, visando uma densidade de 600kg/m<sup>3</sup>.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos (tempos de fermentação) e quatro repetições. Os tempos de fermentação estudados foram o tempo zero (momento da ensilagem) e nas aberturas dos silos, realizada aos dias 1, 3, 7, 14 e 28 de fermentação.

A abertura dos silos foi realizada nos tempos pré-determinados, com a amostragem. As amostras obtidas foram submetidas à secagem em estufa sob 55°C com posterior moagem em moinho de facas tipo Willy com câmara e peneira de inox, sendo esta, com malha de 1 mm e análises laboratoriais. Foram determinados os teores matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG) (Silva e Queiroz, 2009).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas por meio de análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de matéria mineral ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, de forma que ocorreu um aumento nos teores desta variável até os 15 dias de fermentação, sendo que este valor era de 68,20 g/kg neste momento e posteriormente apresentou-se na porção decrescente da curva (Figura 1).

A matéria orgânica teve seus valores ajustados ao modelo quadrático de regressão, sendo que teve uma diminuição até os 15 dias de fermentação atingindo o vértice da parábola, e conseqüentemente a equação estima que a variável encontrava-se ao redor de 932,51 g/kg de MO (Figura 2).

A redução na matéria orgânica nos primeiros dias deve-se ao consumo dos carboidratos solúveis, pois estes são constituintes da matéria orgânica. Após o 15º dia de fermentação a variável apresentou-se decréscimo, ocasionando um aumento da matéria mineral, por estas variáveis serem inversamente proporcionais.

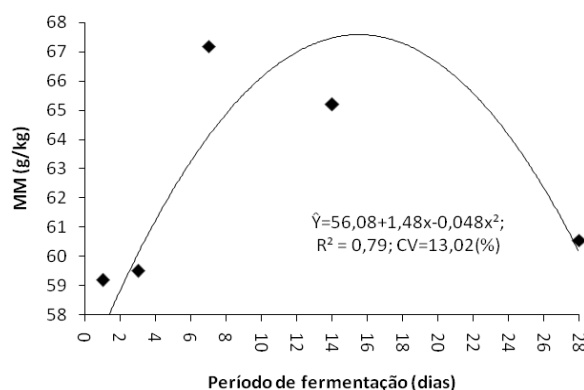
Os valores de proteína bruta (PB) mostraram-se abaixo do mínimo recomendado por (VanSoest, 1994) de 70g/kg, valor considerado como limite

inferior para o adequado funcionamento do rúmen. Dessa forma, as silagens obtidas não poderiam ser utilizadas como única fonte alimentar na dieta de ruminantes, requerendo o balanceamento com outros ingredientes visando equilibrar os teores de PB da dieta (Tabela 1).

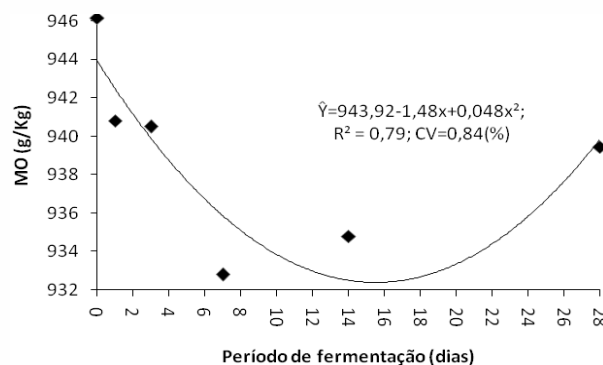
Após a ensilagem até os onze dias de fermentação a proteína bruta diminuiu atingindo o vértice da parábola com o valor de 56,17 g/kg, o que demonstra que a partir desse período a variável se mostra na porção crescente da curva (Figura 3).

No entanto, a PB se manteve próxima ou acima de valores encontrados por (Oliveira et al., 2010) em híbrido de sorgo forrageiro (55,0 g/kg) (Tabela 1).

Especialmente sob condições de baixa adubação e solos de baixa fertilidade são encontrados teores de PB no sorgo dentro da faixa de 50-70 g/kg. Esses conteúdos assim como as produtividades podem ser incrementados por meio do uso de adubação correta, especialmente adubação nitrogenada (Gontijo Neto et al., 2002).



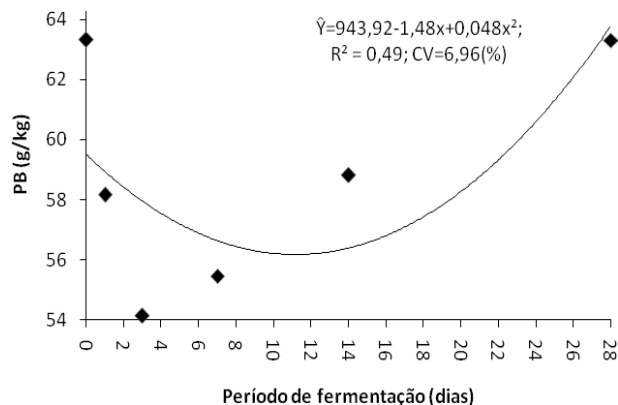
**Figura 1:** Alteações nos valores de MM (matéria mineral) do híbrido de sorgo Qualysilo durante 28 dias de fermentação; CV: coeficiente de variação; R2: coeficiente de determinação.



**Figura 2:** Distribuição dos valores de MO (matéria orgânica) do híbrido de sorgo Qualysilo durante 28 dias de fermentação; CV: coeficiente de variação; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.

Valores de EE (extrato etéreo) tiveram significância na análise de variância, porém não se adequaram aos modelos de regressão testados. Os valores obtidos são próximos aos encontrados por Moraes et al., (2013), que ao trabalharem com híbridos de sorgo forrageiro e obtiveram valores entre 14,2 a 24,2 g/kg.

Os teores de fibra em detergente ácido (FDA) que seriam a quantidade de fibras menos digestível do alimento, estão diretamente associados a qualidade nutricional deste, então quanto menores seus valores consideramos pode-se dizer que de melhor qualidade e mais digestível será esse alimento. No entanto seus valores não foram afetados pelos tempos de fermentação estudados (**Tabela 1**), porém, os valores obtidos são semelhantes aos obtidos por (Tolentino et al., 2016) ao estudarem diversos híbridos de sorgo.



**Figura 3:** Valores de PB (proteína bruta) do híbrido de sorgo Qualysilo durante 28 dias de fermentação; CV: coeficiente de variação; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.

A FDN é constituída por frações potencialmente digestíveis (celulose e hemicelulose) e indigestíveis (lignina) da fibra dos alimentos, e são necessários cuidados na sua inclusão em dietas.

O limite máximo recomendado para a alimentação de ruminantes é de 550 a 600 g/kg de FDN, indicado por MERTENS (1994), ou seja, o uso exclusivo da silagem na dieta estaria limitando o consumo de animais pelo efeito de enchimento.

A FDN teve uma diminuição até os dezesseis dias de fermentação, chegando ao valor de 508,57 g/kg nesta etapa, apontando o valor mínimo de fibra em detergente neutro apresentado durante os vinte e oito dias de fermentação anaeróbica (**Figura 4**).

A variável de hemicelulose teve uma queda e obteve seu menor valor aos 15 dias de fermentação, chegando ao vértice da parábola com 114,67g/kg, o que demonstra uma grande variação durante o período fermentativo (**Tabela 1**).

As reduções observadas na hemicelulose e consequentemente na FDN até a fase intermediária do período fermentativo podem ser decorrentes da ação de enzimas das plantas ou da hidrólise ácida da hemicelulose que ocorre durante a fase estável de fermentação da silagem (Bolsen, 1995).

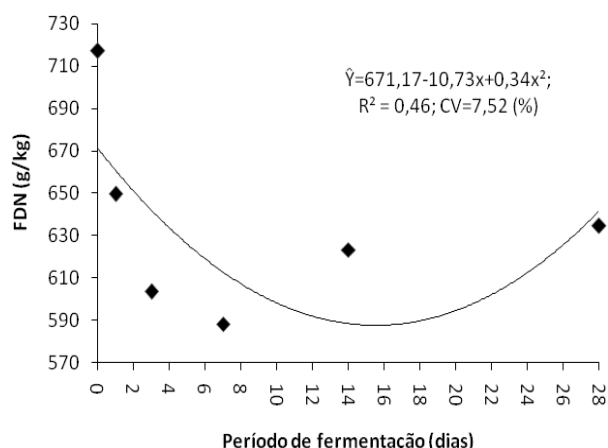
Essa hidrólise é benéfica, pois ao mesmo tempo que contribui para a redução das frações fibrosas, promove a disponibilização de açúcares (pentoses presentes na sua estrutura) para a fermentação microbiana no interior do silo (Bolsen, 1995).

**Tabela 1:** Valores da composição bromatológica do híbrido de sorgo Qualy Silo durante o período de 28 dias de fermentação

Tempo	EE	FDA	HEM	CEL	LIG
0	25,81	405,26	312,02	269,2	142,72
1	33,11	409,56	240,23	278,97	121,49
3	31,75	416,91	186,66	270,22	139,33
7	28,28	393,87	194,44	255,92	154,87
14	28,43	406,1	217,24	276,03	123,13
28	28,13	402,48	232,3	266,05	141,01
<i>P value</i>	0,009	0,884	0,024	0,371	0,000
ER	Ŷ=29,25	-	1	-	Ŷ=137,09
R <sup>2</sup>	-	-	0,39	-	-
CV(%)	6,98	6,48	20,8	5,62	5,36

(1)Ŷ=261,95-9,92x+0,32x<sup>2</sup>; P value: Significância da análise de variação ou da equação de regressão; ER: Equação de regressão; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; CV: Coeficiente de variação; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; HEM: hemicelulose; CEL: celulose; LIG: lignina.





**Figura 4:** Alterações nos valores de FDN (fibra em detergente ácido) do híbrido de sorgo Qualysilo durante 28 dias de fermentação; CV: coeficiente de variação; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.

A celulose é formada por moléculas de glicose que são unidas por ligações do tipo beta, e trata-se de uma fração da fibra vegetal potencialmente digestível. Neste trabalho os conteúdos de celulose não foram afetados pelos tempos de fermentação estudados (**Tabela 1**).

A Lignina é um composto fenólico o qual não é aproveitado pelos animais e acaba interferindo diretamente na qualidade e digestibilidade do alimento, altos valores de lignina não são desejáveis pois acabam diminuindo alguns carboidratos como celulose e hemicelulose, os quais possuem aproveitamento pelo ruminantes. Portanto a análise de lignina teve variação, porém não se adequou aos modelos de regressão testados. A relação lignina celulose é importante por determinar a degradabilidade da parede celular, interferindo diretamente na digestibilidade de alimentos para ruminantes (Van Soest, 1994).

O híbrido de sorgo forrageiro Qualysilo utilizado na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul para elaboração de silagem possui um bom potencial produtivo, com elevada disponibilidade de matéria seca e bom valor nutritivo, sendo então uma alternativa para ser conservado e utilizado como suplemento alimentar nos sistemas de produção de ruminantes, principalmente em períodos críticos de forragem podendo contribuir para se obter bons níveis de desempenho animal.

## CONCLUSÕES

Os processos fermentativos durante 28 dias de ensilagem do híbrido de sorgo Qualysilo alteram sua composição bromatológica, porém, não prejudicam

o seu valor nutricional propiciando a obtenção de silagens de boa qualidade.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à empresa Atlântica sementes pela parceria para a realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS

BOLSEN, K.K. Silage: basic principles. In: BARNES, R.F.; MILLER, D.A.; NELSON, C.J. (Eds.) **Forages**. 5.ed. Ames: Iowa State University, 1995. p.163-176.

COSTA, R.F.; PIRES, D.A.A.; MOURA, M.M.; SALES, E.C.J.; RODRIGUES, J.A.S.; RIGUEIRA, J.P.S. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.38, n.2 p.127-133, 2016.

GONTIJO NETO, M.M.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. et al. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivado sob níveis crescentes de adubação. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade in vitro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1640-1647, 2002.

MACEDO, C.H.O.; ANDRADE, A.P.; SANTOS, E.M.; SILVA, D.S.; SILVA, T.C.; EDVAN, R.L. Perfil fermentativo e composição bromatológica de silagens de sorgo em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, p.371-382 abr./jun., 2012.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2ª ed: Marlou:Chalcome, 1991, 340p.

MERTENS, DR. Regulation of forage intake. In: FORAGE QUALITY, EVALUATION, AND UTILIZATION, 1994, Wisconsin. **Proceedings...** Wisconsin: 1994. p.450-493.

MORAES, S.D.; JOBIM, C.Ca.; SILVA, M.S.; MARQUARDT, F.I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.14, n.4, p.624-634 out./dez., 2013.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V., VIANA, A.E.S.; MATSUMOTO, S.N.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O. Produtividade, composição química e características agrônomicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2604-2610, 2010.

TOLENTINO, D. C.; RODRIGUES, J.A.S.; PIRES, D.A.A.; VERIATO, F.T.; LIMA, L.O.B.; MOURA, M.M.A. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.38, n.2 p.143-149, 2016.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca. Constock Publishing Associates.476 p. 1994.

## Substâncias bioativas e atividade antioxidante de genótipos de milho com diferentes colorações de grãos

**Natália Alves Barbosa<sup>(1)</sup>; Maria Cristina Dias Paes<sup>(2)</sup>; Joelma Pereira<sup>(3)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Estudante de doutorado em Ciências dos Alimentos; Universidade Federal de Lavras; Lavras, Minas Gerais; nataliaalvesb@yahoo.com.br; bolsista de agência de fomento (CNPq); <sup>(2)</sup> Cientista de Alimentos; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo); cristina.paes@embrapa.br; <sup>(3)</sup> Professora associada; Universidade Federal de Lavras; joper@dca.ufla.br.

**RESUMO:** O milho apresenta diversidade genética, dando origem a um grande número de variedades com características fenotípicas distintas, como a pigmentação dos grãos. Recentemente, essa variação da coloração dos grãos de milho passou a ser de grande interesse devido à correlação da coloração dos alimentos com o conteúdo de compostos fenólicos, antocianinas e carotenoides. Estas substâncias bioativas possuem função antioxidante e podem prevenir algumas doenças, proporcionando efeitos benéficos para a saúde humana. O objetivo desse estudo foi caracterizar quatro acessos de milho de coloração distinta de grãos quanto à composição de substâncias bioativas (fenólicos totais, antocianinas, carotenoides) e determinar a atividade antioxidante. Foram avaliados os acessos de milho de grãos coloridos TO 002, ES 006, RO 013 e BAG 0661 do Banco Germoplasma da Embrapa Milho e Sorgo (BAG). O experimento foi planejado em delineamento estatístico inteiramente casualizado. Foi possível verificar existência de variabilidade na concentração de compostos bioativos dos genótipos avaliados. O acesso TO002 apresentou maior concentração de fenólicos totais e antocianinas e a maior atividade antioxidante.

**Termos de indexação:** fenólicos totais, antocianinas, carotenoides.

### INTRODUÇÃO

Grãos de milho podem apresentar várias colorações, entretanto, milhos com pigmentação intensa (pretos, roxos, vermelhos, azuis e laranjas) tem recebido maior atenção devido à relação dessa característica com a presença de substâncias bioativas, como carotenoides (Hu & Xu, 2011; Aguayo-Rojas et al., 2012), e compostos fenólicos (Santiago et al., 2007; Li et al., 2008; Yang & Zhai, 2010; Hu & Xu, 2011; Zilić et al., 2012).

Diferenças consideráveis no conteúdo de fitoquímicos e na capacidade antioxidante, foram reportadas por Hu & Xu (2011) e Zilic et al. (2012) em diferentes genótipos de milho. Nestes estudos a distribuição de carotenoides ou antocianinas diferiu significativamente entre as classes de cores avaliadas. Portanto, milhos com diferentes origens, ainda precisam ser avaliados a fim de identificar um genótipo com maior destaque na composição destes fitoquímicos. Assim, o objetivo desse estudo foi caracterizar quatro acessos de milho com coloração intensa de grãos quanto à composição de substâncias bioativas (fenólicos totais, antocianinas, carotenoides) e atividade antioxidante, a fim de selecionar um genótipo com destaque para a composição destes fitoquímicos.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Tratamentos e amostragens

Foram avaliados quatro acessos de milho de grãos coloridos do Banco ativo Germoplasma (BAG) Milho da Embrapa Milho e Sorgo quanto à concentração de fenólicos totais, antocianinas, carotenoides e atividade antioxidante dos grãos TO 002, ES 006, RO 013 e BAG 0661 (**Figura 1**).



**Figura 1** Acessos do BAG- Milho (Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG) avaliados no estudo.

Para as avaliações, os grãos de milho foram moídos em moinho tipo ciclone MA 020 MARCONI (Piracicaba – SP) acoplado de peneira de abertura 0,5mm, sendo o material acondicionado em frascos

de vidro, tampados, lacrados com Parafilm M e envoltos em papel alumínio.

#### Determinações analíticas

Todas as análises foram realizadas em ausência de luz e em temperatura ambiente de  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ .

As análises químicas foram conduzidas no Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Milho e Sorgo, localizado em Sete Lagoas-MG.

#### Fenólicos totais

A determinação de fenólicos totais foi determinada de acordo com a metodologia de Singleton et al. (1999).

#### Antocianinas

A composição de antocianinas foi determinada de acordo com a metodologia de Francis (1992) e adaptada por Lopes et al. (2012).

#### Carotenoides

Os carotenoides foram extraídos das amostras em esquema sequencial de solventes orgânicos, conforme protocolo descrito por Kurilich & Juvik (1999) com modificações (Barbosa, 2015). Os carotenoides foram quantificados pela técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) em cromatógrafo líquido Alliance Waters, modelo e-2695, equipado com coluna polimérica C30 da marca YMC ( $3 \mu\text{m}$ ,  $4,6 \times 250 \text{ mm}$ , Waters, Milford, MA, USA) e acoplado a detector de arranjo de diodo (modelo 2998 Waters). O gradiente de eluição foi conduzido a  $0,8 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  em condições de gradiente 80:20 a 20:80 de metanol: éter metil *tert*-butil em 16 minutos, seguido por constante de 80:20 em 4 minutos, finalizando com 6 minutos de equilíbrio. A temperatura de forno utilizada foi de  $30^\circ\text{C}$ , comprimento de onda  $450 \text{ nm}$  e volume de injeção de  $40 \mu\text{L}$ . A temperatura do laboratório foi mantida a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  durante todo o processo. Para identificação dos compostos foram utilizados padrões purificados a partir de cenoura ( $\alpha$ -caroteno), mamão formosa ( $\beta$ -criptoxantina), seguindo protocolo descrito por Rodriguez-Amaya e Kimura (2004), e os padrões comerciais de luteína (Lutein 40 mg, Vision Health), zeaxantina (Swanson, ZeaGold zeaxanthin 4 mg (from paprika) e  $\beta$ -caroteno (Beta Carotene (vitamina A) 25,000 IU Supplement, Swanson SW007). Os resultados da análise de carotenoides foram expressos em base seca.

#### Determinação da capacidade antioxidante

A determinação da capacidade antioxidante foi determinada de acordo com a metodologia de Roesler et al. (2007).

#### Delineamento e análise estatística

O experimento foi planejado em delineamento estatístico inteiramente casualizado.

As análises foram realizadas em triplicata, sendo os resultados submetidos estatisticamente à análise de variância (ANOVA). Quando significativo, foi realizado teste de média Least Significant Difference (LSD), estabelecendo-se o nível de 5% de significância.

Para análise dos dados, utilizou-se o programa Sisvar versão 5.3 (Build 77) (Ferreira, 2000).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os fitoquímicos fenólicos totais e antocianinas houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os grãos dos genótipos de milho pigmentados (**Tabela 1**).

**Tabelas 1** - Médias da concentração de compostos bioativos presentes nos grãos de milho de genótipos pigmentados.

Genótipos	Concentração ( $\text{mg}\cdot 100\text{mg}^{-1}$ ) nos grãos $\pm$ DP	
	Fenólicos totais	Antocianinas
TO 002	$959,6 \pm 0,61^a$	$72,26 \pm 0,40^a$
ES 006	$860,8 \pm 0,49^b$	$64,17 \pm 0,52^b$
RO 013	$756,3 \pm 0,31^c$	$58,40 \pm 0,38^{bc}$
BAG 0661	$690,0 \pm 0,38^d$	$50,84 \pm 0,43^c$

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de LSD a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

<sup>2</sup>DP: Desvio padrão.

Os grãos do acesso TO 002 apresentaram maior concentração de fenólicos totais e antocianinas quando comparados aos demais materiais.

Montilla et al. (2011), estudando a composição de fenólicos totais em diferentes cultivares de milho roxo encontrou variação de  $(311,0 \text{ a } 817,6 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1})$ . Del Pozo-Insfran et al. (2006), De La Parra et al. (2007) e Mora-Rochin et al. (2010) relataram médias de  $40,0 \text{ a } 266,0 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$  de fenólicos totais em milho de diferentes colorações. Entretanto, Urias-Lugo et al. (2015), encontraram teores de  $1039,0 \text{ e } 1331,3 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , existindo, portanto, variações na composição de bioativos em materiais de diferentes locais.

Quanto ao teor de carotenoides, também houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os genótipos pigmentados (**Tabela 2**).



**Tabela 2** - Concentração de carotenoides expressos em  $\mu\text{g g}^{-1}$  (base seca) em grãos de milho de genótipos pigmentados.

Carotenoides	Concentração de carotenoides $\mu\text{g g}^{-1}$ $\pm$ DP			
	Genótipos pigmentados			
	TO 002	ES 006	RO 013	BAG 0661
Luteína	*	0,96 $\pm$ 1,05 <sup>a</sup>	0,31 $\pm$ 1,08 <sup>c</sup>	1,16 $\pm$ 1,10 <sup>b</sup>
Zeaxantina	*	0,87 $\pm$ 1,03 <sup>ab</sup>	0,94 $\pm$ 1,06 <sup>a</sup>	0,62 $\pm$ 1,05 <sup>b</sup>
$\beta$ -criptoxantina	0,13 $\pm$ 1,04 <sup>d</sup>	0,62 $\pm$ 1,10 <sup>a</sup>	0,19 $\pm$ 0,90 <sup>c</sup>	0,31 $\pm$ 1,03 <sup>b</sup>
$\beta$ -caroteno	0,19 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup>	0,31 $\pm$ 1,06 <sup>a</sup>	0,19 $\pm$ 1,08 <sup>b</sup>	0,19 $\pm$ 0,80 <sup>b</sup>
$\alpha$ -caroteno	*	*	*	*
Carotenoides totais	0,32 $\pm$ 1,07 <sup>c</sup>	3,24 $\pm$ 1,11 <sup>a</sup>	1,63 $\pm$ 0,91 <sup>b</sup>	1,97 $\pm$ 1,10 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de LSD a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

<sup>2</sup>DP: Desvio padrão.

\* Abaixo do limite de quantificação

O genótipo ES 006 se destacou quanto à concentração de carotenoides totais, seguidos dos genótipos RO 013 e BAG 0661. Já o genótipo TO 002 obteve a menor concentração de carotenoides totais nos seus grãos.

A concentração de carotenoides está também relacionada com a pigmentação da cor do grão de milho, uma vez que grãos com coloração amarela intensa ou laranja apresentam maior concentração de carotenoides totais quando comparados a grãos amarelos claros e brancos (Cardoso et al. 2009). Porém, quanto aos carotenoides totais, o genótipo ES 006 (grãos roxos), apresentou maior concentração inclusive maior que o genótipo BAG 0661 (alguns grãos amarelos).

O genótipo BAG 0661 apresentou maior concentração de luteína e o RO 013 maior concentração de zeaxantina. Estes carotenoides estão associados à prevenção de degeneração macular e catarata (Torres et al. 2008). Porém, ES 006 contém os maiores teores de Beta-criptoxantina e Beta-caroteno (pró-vitâmicos A). E apesar de TO 002 apresentar mais fenólicos totais e antocianinas, é o genótipo que apresentou a menor concentração de carotenoides totais.

Para a variável atividade antioxidante, diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pôde ser notada para os grãos dos genótipos pigmentados (Tabela 3).

**Tabela 3** - Atividade antioxidante dos grãos de milho de genótipos pigmentados.

Genótipos	Atividade antioxidante (%) $\pm$ DP
TO 002	74,31 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>
ES 006	65,19 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>
RO 013	51,16 $\pm$ 0,17 <sup>c</sup>
BAG 0661	52,88 $\pm$ 0,14 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de LSD a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

<sup>2</sup>DP: Desvio padrão.

Em ordem crescente os genótipos que mais se destacaram quanto à atividade antioxidante foram: TO 002, ES 006, RO 013 e BAG 0661.

O genótipo TO 002 apesar de apresentar a menor concentração de carotenoides totais apresentou maior atividade antioxidante, indicando que os fenólicos totais e antocianinas podem estar relacionados à maior atividade antioxidante deste genótipo.

## CONCLUSÕES

Acessos de milho de grãos com colorações distintas apresentam variabilidade na concentração de compostos fenólicos, antocianinas e carotenoides, diferindo na resposta de atividade antioxidante. Dentre os genótipos estudados, o acesso de grãos pretos TO002 apresenta maior concentração de fenólicos totais, antocianinas e maior atividade antioxidante.

## AGRADECIMENTOS

À Embrapa Milho e Sorgo pelo financiamento da pesquisa e ao CNPq pela bolsa de doutorado.

## REFERÊNCIAS

- AGUAYO-ROJAS, J.; MORA-ROCHÍN, S.; CUEVAS-RODRÍGUEZ, E. O.; SERNA-SALDIVAR S, O.; GUTIERREZ-URIB. Phytochemicals and antioxidant capacity of tortillas obtained after lime-cooking extrusion process of whole pigmented Mexican maize. **Plant Foods Hum Nutrition**, v. 67, p. 178-185, 2012.
- BARBOSA, N. A.; PAES, M. C. D.; GUIMARAES, P. O.; PEREIRA, J. Carotenoid retention in minimally processed biofortified green corn stored under retail marketing conditions. **Ciência Agrotecnologia**. Lavras, v. 39, n. 4, p. 363-371, 2015.
- CARDOSO, W. S.; PAES, M, C. D.; GALVÃO, J, C, C.; RIOS, S, A.; GUIMARÃES, P, E, O.; SCHAFFERT, R, E.; BORÉM, A. Variabilidade de genótipos de milho quanto à composição de carotenoides nos grãos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 44, n. 2, 2009.
- DE LA PARRA, C.; SERNA SALDIVAR, S. O.; LIU, R. H. Effect of processing on the phytochemical profiles and



- antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 10, p. 4177–4183. 2007.
- DEL POZO-INSFRAN, D.; BRENES, C. H.; SERNA SALDIVAR, S. O.; TALCOTT, S. T. Polyphenolic and antioxidant content of white and blue corn (*Zea mays L.*) products. **Food Research International**, v. 39, p. 696–703. 2006.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2000.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.), **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, p. 181-207, 1992.
- HU, Q. P.; XU, J. G. Profiles of carotenoids, anthocyanins, phenolics, and antioxidant activity of selected color waxy corn grains during maturation. **Journal Agricultural Food Chemistry**. v. 59, p. 2026-2033, 2012.
- KURILICH, A. C.; JUVIK, J. A. Quantification of carotenoid and tocopherol antioxidants in *Zea mays*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, n. 4, p. 1948-1955, 1999.
- LI, CHUN-YING.; KIM, HEE-WOONG.; WON, SE-RA.; MIN, HWANG-KEE.; PARK, KI-JIN.; PARK, JONG-YEOL.; AHN, MUN-SEOB.; RHEE, HAE-IK. Corn husk as a potential source of anthocyanins. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 56, p. 11413-11416, 2008.
- LOPES, M. M. A.; MIRANDA, M. R.A.; MOURA, C. F. H.; ENÉAS FILHO, J. Compostos bioativos e atividade antioxidante total de pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale L.*) durante o amadurecimento de clones de cajueiro anão-precoce. **Ciência e agrotecnologia**, v. 36, n. 3, p. 325-332, 2012.
- MONTILLA, E. C.; HILLEBRAND, S.; ANTEZANA, A.; WINTERHALTER, P. Soluble and bound phenolic compounds in different Bolivian purple corn (*Zea mays L.*) cultivars. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 59, p. 7068-7074, 2011.
- MORA-ROCHIN, S.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A.; SERNA-SALDIVAR, S. O.; SÁNCHEZPEÑA, P.; REYES-MORENO, C.; MILÁN-CARRILLO, J. Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented maize processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. **Journal of Cereal Science**, v. 52, p. 502–508, 2010.
- ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO L, C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutos do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27: p. 53-60, 2007.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **HarvestPlus handbook for carotenoid analysis**. Washington: IFPRI; Cali: CIAT, 2004. 58 p. (HarvestPlus Technical Monograph, 2). Disponível em: <<http://www.harvestplus.org/sites/default/files/tech02.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2016.
- SANTIAGO, R.; REID, L. M.; ARNASON, J. T.; ZHU, X.; MARTINEZ, N. Phenolics in maize genotypes differing in susceptibility to Gibberella stalk rot (*Fusarium graminearum* Schwabe). **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 55, p. 5186-5193, 2007.
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M.; Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin Ciocateau reagent. **Methods Enzymology**. San Diego, v. 29, p. 152- 178, 1999.
- TORRES, R. J. A.; PRÉCOMA, D. B.; MAIA, M.; KAIBER, F.; PRIM, C.; LUCHINI, A.; MATOS, R. S.; FARAH, M. E. Current concepts and perspectives in the prevention of age-related macular degeneration. **Rev. bras.oftalmol**, Rio de Janeiro, v. 67, n.3, p. 142-155. 2008.
- URIAS-LUGO, D. A.; HEREDIA, J. B.; SERNA-SALDIVAR, S. O.; MUY-RANGEL, M. D.; VALDEZ-TORRES, J. B. Total phenolics, total anthocyanins and antioxidant capacity of native and elite blue maize hybrids (*Zea mays L.*). **CyTA - Journal of Food**, v.13, p. 336-339, 2015.
- YANG, Z.; ZHAI, W. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays L.*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p. 169-176, 2010.
- ZILIĆ, S.; SERPEN, A.; AKILLIOĞLU, G.; GÖKMEN, V.; VANČETOVIĆ, J. Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays L.*) kernels. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 60, p.1224-1231. 2012