

## **Variabilidade de Cor e Compostos Fenólicos em Acessos de Milho Pigmentados**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
223**

**Variabilidade de Cor e Compostos Fenólicos  
em Acessos de Milho Pigmentados**

Maria Cristina Dias Paes  
Flávia França Teixeira  
Ediane Perrugia Ribeiro

*Embrapa Milho e Sorgo  
Sete Lagoas, MG  
2020*

**Esta publicação está disponível no endereço:**  
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

**Embrapa Milho e Sorgo**  
Rod. MG 424 Km 45  
Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG  
Fone: (31) 3027-1100  
Fax: (31) 3027-1188  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente  
*Maria Marta Pastina*

Secretário-Executivo  
*Elena Charlotte Landau*

Membros  
*Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes.*

Revisão de texto  
*Antonio Claudio da Silva Barros*

Normalização bibliográfica  
*Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)*

Tratamento das ilustrações  
*Mônica Aparecida de Castro*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Mônica Aparecida de Castro*

Fotos da capa  
*Flávia França Teixeira*

**1ª edição**  
*Publicação digital (2020)*

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Nome da unidade catalogadora

---

Paes, Maria Cristina Dias.

Variabilidade de cor e compostos fenólicos em acessos de milho pigmentados / Maria Cristina Dias Paes, Flávia França Teixeira, Ediane Perrugia Ribeiro. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

18 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 223).

1. Zea mays. 2. Pigmento. 3. Propriedade físico-química. 4. Antioxidante. I. Teixeira, Flávia França. II. Ribeiro, Ediane Perrugia. III. Título. IV. Série.

CDD (21. ed.) 633.15

---

*Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)*

© Embrapa, 2020

## Sumário

---

Resumo .....	05
Abstract .....	06
Introdução.....	07
Material e Métodos .....	08
Resultados e Discussão .....	10
Conclusões.....	14
Referências .....	14

# Variabilidade de Cor e Compostos Fenólicos em Acessos de Milho Pigmentados

Maria Cristina Dias Paes<sup>1</sup>

Flávia França Teixeira<sup>2</sup>

Ediane Perrugia Ribeiro<sup>3</sup>

**Resumo** –Diferenças na coloração de grãos de milho já foram descritas na literatura, considerado um atributo importante para a determinação do uso desses materiais, sendo os genótipos de milho de coloração mais intensa, como vermelha, roxa e azul, os preferidos nas comunidades tradicionais da América Latina e para o desenvolvimento de alimentos funcionais e corantes naturais. Apesar da associação da cor com a composição química dos grãos de milho, pouco ainda é conhecido sobre as diferenças em teores de compostos bioativos de importância biológica e industrial, em especial compostos fenólicos, que conferem cor aos grãos em genótipos conservados em banco de germoplasma brasileiro. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar acessos de milho com grãos de diferentes colorações quanto aos componentes de cor por método instrumental e a concentração de compostos fenólicos totais, avaliando possível correlação entre esses fatores. Foram avaliados 10 genótipos de milho de grãos coloridos através de análises de cor em colorímetro digital e composição de fenólicos totais com o reativo folin-ciocalteau. Para os milhos coloridos avaliados foi identificada maior concentração desses compostos em grãos pretos, azuis, roxos e vermelhos em comparação a amarelos e com segregação de cor creme, havendo correlação positiva entre a cor dos grãos e a concentração de fenólicos totais.

**Termos para indexação:** Fenólicos totais, análise de cor, milho, capacidade antioxidante, alimento funcional.

---

<sup>1</sup>Maria Cristina Dias Paes, Nutricionista, Doutora em Food Science And Human Nutrition, Analista da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG;

<sup>2</sup> Flávia França Teixeira, Engenheira-Agrônoma, Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG;

<sup>3</sup> Ediane Perrugia Ribeiro, Engenheira de Alimentos, Campos dos Goytacases, RJ..

## Color Variability and Phenolic Compounds in Pigmented Maize Accessions

**Abstract** – Differences in the color of maize kernels have already been described in the literature, considered as an important attribute to determine the use of these materials, being the maize genotypes of more intense color such as red, purple and blue preferred in the traditional communities of Latin America and for the development of functional foods and natural colorants. Despite the association of color with the chemical composition of maize grains, little is still known about the differences in contents of bioactive compounds of biological and industrial importance, mainly phenolic compounds, which give color to the grains in genotypes conserved in the Brazilian Maize Germplasm Bank. Thus, the objective of this study was to characterize maize accessions with grains of different pigmentation for color components by instrumental method and concentration of total phenolic compounds, evaluating a possible correlation between these factors. Ten maize genotypes of colored grain were evaluated through color analysis in a digital colorimeter and composition of total phenolics with the folin-ciocalteau reactive. For the evaluated colored maize a higher concentration of total phenolics was identified in black, blue, purple and red grains compared to yellow and cream-colored segregation ones, with a positive correlation between the color of the grains and the concentration of total phenolics.

**Index terms:** total phenolics, color analysis, maize, antioxidant capacity, functional food.

## Introdução

---

A coloração dos grãos de milho é decorrente da presença de vários pigmentos, entre eles carotenoides e compostos fenólicos, substâncias com reconhecido valor biológico (Lao et al., 2017). A concentração de compostos de pigmentação no milho, comumente denominados compostos bioativos, está associada a benefícios à saúde humana como fatores de prevenção de riscos ao desenvolvimento de diversas doenças crônicas não transmissíveis (Bhaswant et al., 2017; Gowd et al., 2017; Mazewski et al., 2019). Esta ação se dá principalmente à capacidade antioxidante (Lopez-Martinez et al., 2009; Hu; Xu, 2011; Zilic et al., 2012;), atuando na redução do estresse oxidativo em células. Compostos fenólicos também apresentam propriedades anti-inflamatória, antimutagênica, anticarcinogênica e antiangiogênica (Kang et al., 2013; Arroyo et al., 2008; Zhang et al., 2014; Lao et al., 2017; Guzmán-Gerónimo et al., 2017; Mazewski et al., 2017; Magni et al., 2018). Além da importância nutricional, a antocianina presente em milhos pretos, azuis e roxos tem sido considerada um importante corante natural para aplicação em produtos das indústrias de cosméticos e de alimentos (Li et al., 2014; Luna-Vitala et al., 2018).

Diferenças consideráveis em conteúdo de compostos bioativos e capacidade antioxidante entre um conjunto de diferentes genótipos de milho foram reportadas previamente por Paes et al. (2006, 2007), Lopez-Martinez et al. (2009), Hu e Xu (2011), Xu et al. (2011), Montilla et al. (2011), Zilic et al. (2012), Rodríguez et al. (2013), Salinas et al. (2013), Rios et al. (2014), Kljak e Grbesa (2015) e Guimarães et al. (2016). Para os materiais avaliados nesses estudos a distribuição de carotenoides ou antocianinas diferiram significativamente entre as classes de cores. Apesar desses achados, a variabilidade em cor e composição de substâncias bioativas em milhos de grãos coloridos disponíveis em banco de germoplasma brasileiro ainda não foi devidamente estudada, um fato que influencia diretamente o desenvolvimento de cultivares comerciais de milho coloridos através do melhoramento genético. Desconhecendo os atributos de interesse das fontes, a introgressão das características de importância nutricional e funcional não pode ser conduzida para geração de novos materiais inovadores para o mercado, e por esta razão não há materiais coloridos com características

agronômicas desejáveis disponíveis para plantio pelos agricultores brasileiros. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi caracterizar genótipos de milho com grãos de diferentes colorações quanto aos componentes de cor por método instrumental e a concentração de compostos fenólicos totais, avaliando possível correlação entre esses fatores.

Como o trabalho aborda fenotipagem de acessos quanto a compostos relacionados na literatura com a prevenção de riscos de doenças e o desenvolvimento de produtos com melhor valor nutricional, contribui para o atendimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável da ONU ODS 2 “Erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável”, visto que está alinhado à meta 2.5 “Até 2020, manter a diversidade genética de sementes”.

## Material e Métodos

---

### Análise de cor

Amostras de acessos de milho foram obtidas no Banco Ativo de Germoplasma de Milho (BAG-Milho) da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG. Foram selecionados dez genótipos distintos em cor de grãos (Figura 1), sendo estes: BA 125, MT 059, BAG 0661, PR 031, MT 024, RR 028, TO 002, RO 013, ES 006 e MG 174. Cada repetição por genótipo foi quarteadada, e uma alíquota de grãos resultante foi moída em moinho tipo ciclone (Marconi) modelo MA 020, acoplado de peneira de abertura 0,5 mm, e cada um foi analisado para cor em colorímetro digital modelo Sensing CR400 (KONICA MINOLTA) através dos componentes do espaço de cor CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $\Delta E$ , sendo o  $L^*$  indicador de luminosidade e o  $a^*$  a coordenada cromática de vermelho/verde (+a indica vermelho e -a indica verde) e  $b^*$  a coordenada amarelo/azul (+b indica amarelo e -b indica azul). A diferença total de cor  $\Delta E$  foi calculada como  $[\Delta L^*2 + \Delta a^*2 + \Delta b^*2]^{1/2}$ , sendo o milho BR1001 de grãos alaranjados utilizado como padrão.

Antes de cada leitura, cada amostra foi disposta na placa de leitura de forma a cobrir toda a superfície para não permitir espaços vazios, e foi



nivelada com espátula conforme indicação do fabricante. Os componentes de cor foram obtidos diretamente do instrumento. Outra alíquota de grãos



**Figura 1.** Imagem dos grãos dos acessos de milhos pigmentados avaliados no estudo

íntegros do quarteamento de cada material foi também analisada usando mesmo equipamento. Foram feitas leituras em triplicatas para cada amostra.

## Determinação de fenólicos totais

A análise da concentração de fenólicos totais foi conduzida usando o reagente de Folin-Ciocalteu seguindo método adaptado de Singleton et al. (1999). Cada amostra moída (2 mg) foi extraída com 2 mL de metanol ultrapuro Tedia (Ohio, USA), sendo coletados 250  $\mu$ L do extrato em tubo de 2,5 mL tipo eppendorf, no qual foram adicionados 415  $\mu$ L do reagente Folin-Ciocalteu Sigma-Aldrich (St. Louis, MO) e 830  $\mu$ L de solução 75% (m/v) de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (J.T Baker). Os tubos foram mantidos em temperatura ambiente (22 °C) durante 2 horas, e a absorbância foi determinada a 760 nm usando um espectrofotômetro UV-Vis modelo Cary 50 (Varian). Para determinação da concentração foi construída curva padrão com solução de ácido gálico, e os resultados foram expressos como equivalentes de ácido gálico (EAG), sendo calculados em  $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  de milho.

## Delineamento experimental

O experimento foi delineado em DIC com 10 tratamentos (genótipos) e três repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguido de teste de LSD ao nível de 5% de probabilidade. Análise de Correlação de Pearson foi feita para as variáveis fenólicas totais e componente  $\Delta E$  obtido da análise instrumental de cor. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa SYSTAT versão 13.2 (Systat Software, Inc).

## Resultados e Discussão

### Fenólicos Totais

As médias de fenólicos totais (FT) obtidas para os genótipos avaliados são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Concentração de fenólicos totais em grãos de acessos de milho de diferente cor de grão.

Genótipo	Classificação de cor dos grãos	Fenólicos totais (EAG g.100g <sup>-1</sup> amostra base seca)
TO 002	Preto	300,0a
MT 059	Azul/amarelo	300,0a
MT 024	Vermelho/amarelo/creme	300,0a
ES 006	Roxo	290,0a
RO 013	Roxo/vermelho	280,0a
MG 174	Vermelho	280,0a
RR 028	Vermelho	270,0a
PR 031	Vermelho/creme	120,0b
BAG 0661	Azul/creme	80,0b
BA 125	Amarelo/laranja	50,0c

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de LSD.

Foram observadas maiores concentrações de fenólicos totais em milhos com predominância de grãos de cor preta, azul, vermelha e roxa. À semelhança deste achado, Shahidi et al. (2006) reportaram teor de fenólicos totais superior em gergelim preto quando comparado ao gergelim creme em valores expressos em equivalentes de catequina. Esta diferença de composição química foi ainda verificada em análise de grãos de sorgo, cujo conteúdo médio de fenólicos totais foi maior nos grãos vermelhos (1,39 mg.g<sup>-1</sup> de EAG) em comparação aos brancos (0,40 mg.g<sup>-1</sup> de EAG) (Dicko et al., 2002). Em arroz (*Oryza sativa* L.), os maiores teores de fenólicos solúveis totais foram encontrados nos grãos com pericarpo preto e vermelho em detrimento do marrom claro. De acordo com Walter (2009), essas variações podem ser atribuídas, principalmente, à cor dos grãos. De fato, Tian et al. (2004) observaram que a cor do arroz estava relacionada ao conteúdo de compostos fenólicos solúveis totais e grãos com coloração mais escura apresentam teor consideravelmente mais elevado desses compostos.

As médias de concentração de fenólicos solúveis encontradas nos acessos deste estudo se assemelham àquelas reportadas por Montilla et al. (2011) para grãos de cultivares de milhos pigmentados bolivianos, sendo teores superiores nos materiais de grãos roxos. Corroborando com estes achados, recentemente, Peniche-Pavia e Tiessen (2020) encontraram diferenças significativas em concentração de flavonoides em milhos crioulos coloridos mexicanos, sendo menor para genótipos de grãos amarelos e maior para aquele classificado como preto. Milhos de grãos de cor rosa claro e roxo claro apresentaram concentrações intermediárias de antocianinas.

## Cor dos grãos

A análise de cor permitiu identificar variações dos componentes para amostras de grãos de milho coloridos, dependendo da forma em que foram avaliadas (grão ou moído) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Componentes de cor de acessos de milho coloridos nas formas de grãos inteiros e moídos.

Acesso	L*		a*		b*		ΔE	
	grãos	moída	grão	moída	grão	moída	grão	moída
TO 002	32,2b	65,0a	0,5b	3,4a	0,09b	2,5a	31,0a	25,0b
ES 006	32,1b	66,0a	0,9b	3,6a	0,04b	6,1a	31,1a	22,7b
RO 013	34,0b	64,9a	2,4a	2,3b	2,3b	5,6a	28,4a	22,5b
MG 174	33,7b	69,8a	7,9a	3,4b	3,6b	17,4a	27,2a	19,2b
RR 028	51,5b	74,2a	1,7a	1,6b	13,4a	8,9b	10,9b	27,1a
BAG 0661	44,7b	69,0a	11,7a	4,6b	12,6b	12,9a	14,7b	20,4a
MT 059	43,4b	73,0a	0,2b	0,4a	8,3a	5,4b	18,1b	28,4a
PR 031	52,0b	71,0a	3,2b	4,4a	12,2a	9,8b	11,7b	23,7a
MT 024	44,7b	78,0a	6,1a	2,2b	9,4a	8,6b	16,1b	30,4a
BA 125	53,3b	79,9a	6,4a	0,2b	23,2b	24,4a	2,3b	28,5a

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas dentro do componente de cor específico comparando grãos e amostra moída não diferem estatisticamente entre si pelo teste de LSD ( $p > 0,05$ )

Quando comparadas as médias dos componentes de Cie L\*, a\*, b\* e ΔE para os grãos e a amostra moída de um mesmo genótipo foram identificadas diferenças, portanto indicando a necessidade de ser considerado o preparo da amostra de grãos de milho para determinação destes atributos. Grãos de milho moídos apresentaram maiores médias de L\* que os grãos inteiros do mesmo acesso, mas para os demais componentes de cor e o ΔE esta tendência não foi observada para todos os acessos, sendo a resposta dependente do genótipo.

Os resultados para o Cie L\*, a\*, b\* e o ΔE para grãos inteiros dos diferentes acessos de milho coloridos são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Médias dos componentes de cor obtidas para grãos de acessos de milho coloridos.

Acesso	L*	a*	b*	$\Delta E$
TO 002	32,2 a	0,5 bc	0,09 bc	31,0 a
ES 006	32,1 a	0,9 b	0,04 c	31,1 a
RO 013	34,0 a	2,4 ab	2,3 b	28,4 b
MG 174	33,7 a	7,9 ab	3,6 b	27,2 b
RR 028	51,5 a	1,7 b	13,4 ab	10,9 e
BAG 0661	44,7 a	11,7 a	12,6 ab	14,7 d
MT 059	43,4 a	0,2 c	8,3 b	18,1 c
PR 031	52,0 a	3,2 ab	12,2 ab	11,7 e
MT 024	44,7 a	6,1 ab	9,4 ab	16,1 d
BA 125	53,3 a	6,4 ab	23,2 a	2,3 f

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Os grãos dos acessos de milho avaliados não apresentaram diferença estatística quanto às médias de luminosidade (L\*) ( $p > 0,05$ ).

Para o componente a\*, quando este apresentou maior média, indicou proximidade ao vermelho, e os menores valores de a\* proximidade, ao verde. As amostras com maiores valores de b\* apresentaram-se mais próximas do amarelo do que aquelas com menores valores de médias, indicando mais próximas do azul. A associação da classificação de cor (Tabela 1) obtida visualmente e as medidas instrumentais de a\* e b\* não corresponderam para todos os materiais analisados.

Os milhos de grãos pretos TO 002 e roxos ES 006 apresentaram as maiores médias de diferença total de cor, determinada por  $\Delta E$ , comparada aos demais acessos, diferindo estatisticamente das demais ( $p < 0,05$ ), mas não entre si ( $p > 0,05$ ). Os genótipos MG 174 e RO 013 com grãos predominantemente roxo e roxo/vermelho, respectivamente, não diferiram quanto ao atributo mencionado ( $p > 0,05$ ), assim como BAG 0661 e PR031, mas estes genótipos apresentaram médias estatisticamente diferentes comparados aos outros acessos. Demais genótipos apresentaram diferença total de cor significativamente diferente ( $p < 0,05$ ). A menor média de  $\Delta E$  observada foi para o acesso com grãos de cor predominantemente amarela/

laranja, coloração visualmente semelhante ao padrão utilizado de acordo com a classificação de cor.

Foi observada correlação positiva ( $R=0,707$ ) entre a concentração de fenólicos totais e o  $\Delta E$  para grãos inteiros, portanto o aumento da concentração de fenólicos totais correlacionou positivamente com a diferença total de cor das amostras, podendo o referido componente ser considerado para uso como indicador na seleção preliminar de fontes para o desenvolvimento de cultivares de milho com grãos de melhor composição de fitoquímicos de interesse para a produção de alimentos funcionais, nutraceuticos e corantes naturais.

## Conclusão

---

A concentração de fenólicos totais varia em grãos pigmentados, sendo maior para aqueles classificados como pretos, azuis, roxos e vermelhos em comparação a amarelos e com segregação de cor creme, havendo correlação positiva entre a diferença total de cor ( $\Delta E$ ) e a concentração destes compostos.

## Referências

---

ARROYO, J.; RAEZ, E.; RODRIGUEZ, M.; CHUMPITAZ, V.; BURGA, J.; DE LA CRUZ, W.; VALENCIA, J. Actividad antihipertensiva y antioxidante del extracto hidroalcohólico atomizado de maíz morado (*Zea mays* L) en ratas. **Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica**, v. 25, n. 2, p. 195-199, 2008.

BHASWANT, M.; SHAFIE, S. R.; MATHAI, M.; MOUATT, P.; BROWN, L. Anthocyanins in chokeberry and purple maize attenuate diet-induced metabolic syndrome in rats. **Nutrition**, v.41, p. 24-31, 2017.

DICKO, M. H.; HILHORST, R.; GRUPPEN, H.; TRAORE, A. S.; LAANE, C.; BERKEL, W. J. H. V.; VORAGEN, A. G. J. Comparison of content in phenolic compounds, polyphenol oxidase, and peroxidase in grains of fifty sorghum varieties from Burkina Faso. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 13, p. 3780-3788, 2002.

GOWD, V.; JIA, Z.; CHEN, W. Anthocyanins as promising molecules and dietary bioactive components against diabetes: a review of recent advances. **Trends in Food Science & Technology**, v. 68, p. 113, 2017.

GUIMARÃES, P. E. de O.; PAES, M. C. D.; LOPES, R. C. de O. Concentração de carotenoides em híbridos de milho para biofortificação. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016. p. 1331-1334.

GUZMÁN-GERÓNIMO, R. I.; ALARCÓN-ZVALETA, T. M.; OLIART-ROS, R. M.; MEZA-ALVARDO, J. E.; HERRERA-MEZA, S.; CHAVÉZ-SERVIA, J. L. Blue maize extract improves blood pressure, lipid profiles, and adipose tissue in high-sucrose diet-induced metabolic syndrome in rats. **Journal of Medicinal Food**, v. 20, n. 2, p. 110-115, 2017.

HU, Q.-P.; XU, J.-G. Profiles of carotenoids, anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity of selected color waxy corn grains during maturation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 5, p. 2026-2033, 2011.

KANG, M.-K.; LIM, S. S.; LEE, J.-Y.; YEO, K. M.; KANG, Y.-H. Anthocyanin-rich purple corn extract inhibit diabetes-associated glomerular angiogenesis. **PLoS ONE**, v. 8, n. 11, e79823, 2013.

KLJAK, K.; GRBESA, D. Carotenoid content and antioxidant activity of hexane extracts from selected Croatian corn hybrids. **Food Chemistry**, v. 167, 402-408, 2015.

LAO, F.; SIGURDSON, G. T.; GIUSTI, M. M. Health benefits of purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.16, n. 2, p. 235-246, 2017.

LI, C.-Y.; KIM, H.-W.; LI, H.; LEE, D.-C.; RHEE, H.-I. Antioxidative effect of purple corn extracts during storage of mayonnaise. **Food Chemistry**, v.152, p. 592-596, 2014.

LOPEZ-MARTINEZ, L. X.; OLIART-ROS, R. M.; VALERIO-ALFARO, G.; LEE, C.-H.; PARKIN, K. L.; GARCIA, H. S. Antioxidant capacity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. **LWT-Food Science and Technology**, v. 42, n. 6, p. 1187-1192, 2009.

LUNA-VITLA, D.; CORTEZA, R.; ONGKOWIJOYOB, P.; MEJIAA, E. G. de. Protection of color and chemical degradation of anthocyanin from purple corn (*Zea mays* L.) by zinc ions and alginate through chemical interaction in a beverage model. **Food Research International**, v. 105, p. 169-177, 2018.

MAGNI, G.; MARINELLI, A.; RICCIO, D.; LECCA, D.; TONELLI, C.; ABBRACCHIO, M.; CERUTI, S. Purple corn extract as anti-allodynic treatment for trigeminal pain: role of microglia. **Frontiers in Cellular Neuroscience**, v.12, article 378, 2018.

MAZEWSKI C.; LIANG, K.; MEJIA, E. G. de. Inhibitory potential of anthocyanin-rich purple and red corn extracts on human colorectal cancer cell proliferation in vitro. **Journal of Functional Foods**, v. 34, p. 254-265, 2017.

MAZEWSKI, C.; KIM, M. S.; MEJIA, E. G. de. Anthocyanins, delphinidin-3-O-glucoside and cyanidin-3-O-glucoside, inhibit immune checkpoints in human colorectal cancer cells in vitro and in silico. **Scientific Reports**, v. 9, article 11560, 2019.

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

PAES, M. C. D.; GUIMARÃES, P. E. O.; SCHAFFERT, R. E. Perfil de carotenoides em linhagens elite de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 2.; SIMPÓSIO SOBRE COLLETOTRICHUM GRAMINICOLA, 1., 2006, Belo Horizonte. **Inovação para sistemas integrados de produção: trabalhos apresentados**. [Sete Lagoas]: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2006. 1 CD-ROM.

PAES, M. C. D.; GUIMARÃES, P. E. de O.; SCHAFFERT, R. E. Perfil de carotenoides de híbridos de milho nacionais amarelos. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 7., 2007, Campinas. **Ciência e tecnologia de alimentos em benefício a sociedade: ligando a agricultura à saúde: resumos**. Campinas: SBCTA: Unicamp, 2007.

PENICHE-PAIVA, H. A.; TIESSEN, A. Anthocyanin profiling of maize grains using DIESI-MSQD reveals that cyanidin-based derivatives predominate in purple corn, whereas pelargonidin-based molecules occur in red-pink varie-



ties from Mexico. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 21, p. 5980-5994, 2020.

RIOS, S. de A.; PAES, M. C. D.; CARDOSO, W. S.; BORÉM, A.; TEIXEIRA, F. F. Color of corn grains and carotenoid profile of importance for human health. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 857-862, 2014.

RODRÍGUEZ, V. M.; SOENGAS, P.; LANDA, A.; ORDAS, A.; REVILLA, P. Effects of selection for color intensity on antioxidant capacity in maize (*Zea mays* L.). **Euphytica**, v. 193, p. 339, 345, 2013.

SALINAS, Y.; GARCIA, C.; COUTINO, B.; VIDAL, V. Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 36, n. 3A, p. 285, 294, 2013.

SHAHIDI, F.; LIYANA PATHIRANA, C. M.; WALL, D. S. Antioxidant activity of white and black sesame seeds and their hull fractions. **Food Chemistry**, v. 99, n. 3, p. 478, 483, 2006.

SINGLETON, V. L.; ROSA, O.; Lamuela Raventós, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folincio-calteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152, 178, 1999.

TIAN, S.; NAKAMURA, K.; KAYAHARA, H. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 15, p. 4808, 4813, 2004.

WALTER, M. **Composição química e propriedades antioxidantes de grãos de arroz com pericarpo marrom claro, vermelho e preto**. 2009. 119 p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

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 Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 9, p. 5751, 5756, 2011.

ZHANG, Z.; ZHOU, B.; WANG, H.; WANG, F.; SONG, Y.; LIU, S.; XI, S. Maize purple plant pigment protects against fluoride induced oxidative damage of liver and kidney in rats. **International Journal of Environmental Research and Public**, v. 11, n. 1, p. 1020, 1033, 2014.

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 Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 5, p.1224, 1231, 2012.

**Embrapa**

---

**Milho e Sorgo**



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

