CAPACIDADE ANTIOXIDANTE, TEOR DE POLIFENÓIS TOTAIS E FLAVONOIDES DE GRÃOS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS

Luana Alberti NORONHA[1], Franciane Silvana FORMENTINI [2], Eloá Angélica KOEHNLEIN[1,2]

[1] Departamento de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Laranjeiras do Sul
Laranjeiras do Sul – Paraná - Brasil

[2] Departamento de Nutrição
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Realeza
Realeza – Paraná - Brasil

E-mails: luananoronha27@outlook.com; francianeformentini@hotmail.com; eloa.koehnlein@uffs.edu.br

Resumo: *Os alimentos de origem vegetal possuem diversos compostos bioativos com propriedades antioxidantes, entre eles os polifenóis e flavonoides, considerados os principais antioxidantes da dieta. Apesar das controvérsias, estudos sugerem que estes compostos possam ser encontrados em maior quantidade em alimentos orgânicos do que nos convencionais, devido a fatores envolvidos com o processo de produção destes compostos. O presente estudo teve como objetivo avaliar e comparar o teor de polifenóis, flavonoides e capacidade antioxidante total do arroz branco, feijão preto, milho e soja produzidos por sistemas orgânicos e convencionais. Para tanto, foram selecionadas amostras orgânicas e convencionais dos referidos grãos, dos quais foram feitas extrações e analisadas por meio de métodos colorimétricos. Observou-se padrões distintos de compostos bioativos nos grãos analisados. Em geral, o arroz apresentou maior teor de polifenóis, flavonoides e capacidade antioxidante em cultivo orgânico. A soja apresentou maiores teores de polifenóis e capacidade antioxidante no cultivo orgânico e flavonoides no convencional. Já o milho e feijão apresentaram maiores quantidades de polifenóis, flavonoides e capacidade antioxidante na cultura convencional. Pode-se concluir que os grãos analisados submetidos a diferentes sistemas de produção apresentaram distintos comportamentos nos teores de polifenóis e flavonoides. É importante destacar a necessidade de estudos futuros para determinação do perfil dos compostos presentes nesses alimentos, bem como para avaliação de amostras com condições de cultivo controladas.*

Palavras-chave: *Sistemas de produção; Compostos bioativos; Antioxidantes.*

INTRODUÇÃO

Os efeitos benéficos do consumo de frutas, legumes e verduras (FLV) vêm sendo estudados na diminuição dos riscos de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), relacionadas ao estresse oxidativo, originado de um desbalanço na

produção e neutralização de radicais livres, acumulando espécies reativas. Os efeitos protetores relacionados às FLV se baseiam no fato destes alimentos possuírem compostos bioativos com atividade antioxidante, como polifenóis e flavonoides (CHANDRASEKARAN; IDELCHIK; MELENDEZ, 2017).

Apesar da abundância dos polifenóis nos alimentos de origem vegetal, seu consumo pela população brasileira é baixo em relação a outros países, e esse fato pode ser devido à baixa ingestão de FLV (menor que 5%), com uma dieta baseada na combinação típica de arroz e feijão e um alto consumo de café, pão de sal e milho, esses alimentos são os maiores contribuintes de polifenóis e flavonoides na dieta brasileira (CORRÊA *et al.*, 2015; KOEHNLEIN *et al.*, 2014).

Embora existam controvérsias, os estudos têm demonstrado que, em média, alimentos de culturas orgânicas possuem maiores concentrações de carboidratos e compostos bioativos (antioxidantes, fenólicos, flavonoides, antocianinas, carotenoides e vitamina C) e menores concentrações de vitamina E, proteínas, aminoácidos, fibras, metais tóxicos e resíduos de pesticidas, quando comparados aos cultivados convencionalmente. Isto deve-se ao fato de que o uso de produtos químicos, podem afetar a absorção de minerais e influenciar na expressão gênica e proteica, resultando em um perfil de metabólitos secundários diferentes (BARAŃSKI *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2012).

Assim, esse trabalho teve como objetivo comparar teores de polifenóis totais, flavonoides e capacidade antioxidante em amostras de soja, milho, feijão preto e arroz branco polido, alimentos predominantes na dieta brasileira, orgânicos e convencionais disponíveis para comercialização no sudoeste do Paraná-BR.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os compostos bioativos são metabólitos secundários das plantas, produzidos para proteção, coloração e conferir aroma e sabor. Situações de estresse e pressão exercida pelo ambiente, como ataque de pragas, podem influenciar na maior produção destes compostos. Assim, além da importância das fontes alimentares, o modo de produção pode incrementar o consumo destes compostos (LIMA *et al.*, 2012; KESARWANI *et al.*, 2014).

A comparação do cultivo de alimentos orgânicos e convencionais é delicada, visto que para uma boa comparação há necessidade de detalhes como avaliar a mesma cultivar, proximidade das propriedades, meio de cultivo semelhante e mesmas condições climáticas. Rahman *et al.* (2021) verificaram que a maioria das diferenças entre produtos orgânicos e convencionais está ligada a diferenças das culturas, fertilizantes, ambiente e manejo de pragas e os orgânicos possuem maiores teores de polifenóis, provavelmente, devido aos mecanismos de defesa da planta e ausência de fertilizantes e pesticidas sintéticos.

Além da hipótese de se obter maior quantidade de compostos bioativos em alimentos orgânicos, as ações dos resíduos de agrotóxicos no organismo não são totalmente conhecidas. Entre os efeitos descritos, tem-se danos nos sistemas nervoso e respiratório, órgãos reprodutivos, disfunções imunológicas e endócrinas, alterações genéticas e prejuízos à biodiversidade, essa forma de cultivo vem se sobressaindo na produção e comercialização no Brasil, destaque para soja, hortaliças e café (FERRAZ *et al.*, 2013; FRIEDRICH, 2013).

Devido ao acesso à informação e preocupações com a saúde, os consumidores estão dispostos a pagar mais por produtos orgânicos, pois estes são livres de fertilizantes sintéticos, fungicidas, inseticidas e herbicidas, passando segurança para o consumidor, um dos pontos que estão a procura em um alimento, não apenas por saúde, mas também devido a preocupação com o meio ambiente (RAHMAN *et al.*, 2021).

METODOLOGIA

Duas amostras orgânicas e duas convencionais de arroz branco polido tipo I, feijão preto, soja e milho foram coletadas entre setembro e novembro de 2015. Amostras de soja, arroz e feijão convencionais foram adquiridas nos mercados do sudoeste do Paraná-BR. Enquanto milho, foram amostras transgênicas convencionais doadas por cerealistas da região. Uma amostra orgânica de feijão preto e arroz branco, adquiridas por *e-commerce*, em lojas situadas no Paraná, as demais, doadas por associações e cerealistas de orgânicos regionais.

Os grãos foram lavados em água corrente e submetidos à cocção, simulando a forma habitual de preparo, de acordo com a padronização da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) para arroz e feijão. A soja, cozida em água até que estivesse macia sem rompimento da casca, a água do cozimento foi desprezada. O milho, triturado em moinho,

para obter farinha, após, cozido na forma de mingau com água (polenta). Soja, feijão e arroz foram triturados, com auxílio de um multiprocessador de alimentos doméstico, e submetidos a extração de acordo com Faller e Fialho (2009), com pequenas modificações.

Para cada amostra fez-se dois tipos de extração. Os compostos fenólicos solúveis foram extraídos com metanol 50% e os hidrolisáveis com metanol 50% acidificado com ácido clorídrico 1,2 M. Após as amostras foram submetidas ao banho-maria a 37ºC em agitação por duas horas ao abrigo da luz. Após essa etapa, as amostras foram centrifugadas a 3500 rpm por 5 minutos e duplamente filtradas com papel filtro para proceder às determinações de compostos fenólicos, flavonoides e capacidade antioxidante total. Todas as extrações e análises foram realizadas em triplicata.

As concentrações de fenólicos totais foram determinadas com o método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965). Os flavonoides, através da técnica descrita por Alothman, Bhat e Karim (2009), com pequenas modificações. E, para determinar a capacidade antioxidante total (CAT) realizou-se o ensaio TEAC, seguindo Fu *et al*. (2011).

Os dados foram analisados de forma descritiva, expressos em média e desvio padrão, utilizando o GraphPad Prisma® 5.0 para análise dos dados. A comparação entre amostras orgânicas e convencionais, realizada pelo teste *t-student* com 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores referentes à concentração de compostos fenólicos nos grãos orgânicos e convencionais estudados.

Tabela 1 - Teor em polifenóis totais de extratos solúveis e hidrolisáveis de grãos orgânicos e convencionais.

	Extratos Solúveis (µg EAG/g AC)		**Extratos Hidrolisáveis (µg EAG/g AC)**	
	Orgânico	**Convencional**	**Orgânico**	**Convencional**
Arroz	26,2±1,8[a]	20,8±1,6[b]	74,8±2,3[a]	76,9±8,8[a]
Feijão	534,1±25,5[a]	647,1±62,5[b]	475,7±28,0[a]	587,6±23,6[b]
Milho	277,7±24,6[a]	336,9±26,6[b]	307,8±26,4[a]	346,4±38,3[a]
Soja	1055,5±95,7[a]	1038,6±21,6[a]	686,4±15,8[a]	534,6±35,0[b]

µg EAG/g AC: Micrograma de Equivalente de Ácido Gálico por grama de alimento cozido.
Letras diferentes na mesma linha, para cada tipo de extrato, representam valores significativamente diferentes, $p<0,05$.

Fonte: Autoria própria (2023).

A soja apresentou teores de polifenóis em extratos hidrolisáveis, maiores em cultivo orgânico, diferente do encontrado por Balisteiro, Rombaldi e Genovese (2013). Já, feijão e milho apresentaram maiores teores nas amostras convencionais, sendo significativo em ambos os tipos de extração para o feijão, enquanto o milho apenas no extrato solúvel. Enquanto Asami *et al.* (2003) encontraram maiores concentrações de polifenóis em amostras de milho de produção sustentável, orgânica e convencional, respectivamente.

O arroz apresentou o mesmo comportamento anterior para flavonoides (Tabela 2): maiores teores nas amostras orgânicas, com diferença significativa apenas nos extratos hidrolisáveis, diferente do encontrado por Kesarwani *et al.* (2014). Enquanto que o feijão apresentou maiores concentrações no cultivo convencional, a soja apresentou teores maiores nos extratos solúveis das amostras convencionais em relação às orgânicas. Balisteiro, Rombaldi e Genovese (2013) encontraram quantidades menores de isoflavonas, subclasse dos flavonoides, em soja orgânica, contudo, os níveis variaram conforme o tipo de cultivo, inferindo que o tipo de cultivo pode influenciar nos compostos bioativos.

Tabela 2 - Flavonoides de extratos solúveis e hidrolisáveis de grãos orgânicos e convencionais.

	Extratos Solúveis (µg EC/g AC)		**Extratos Hidrolisáveis (µg EC/g AC)**	
	Orgânico	**Convencional**	**Orgânico**	**Convencional**
Arroz	5,5±0,6[a]	4,9±1,1[a]	13,3±0,4[a]	11,8±1,0[b]
Feijão	175,7±3,4[a]	210,8±12,2[b]	143,7±4,6[a]	180,9±16,8[b]
Milho	48,8±12,6[a]	58,0±2,6[a]	78,6±8,5[a]	69,5±11,7[a]
Soja	290,4±38,5[a]	372,1±16,2[b]	99,5±14,4[a]	116,3±12,2[a]

µg EC/g AC: Micrograma de Equivalente de Catequina por grama de alimento cozido.
Letras diferentes na mesma linha, para cada tipo de extrato, representam valores significativamente diferentes, $p<0,05$.

Fonte: Autoria própria (2023).

A soja, em ambos os extratos, apresentou valores significativamente maiores de CAT nas amostras orgânicas (Tabela 3), diferente de Balisteiro, Rombaldi e Genovese (2013). O feijão apresentou maior CAT nas amostras convencionais, nos dois extratos, enquanto o milho, apenas nos extratos solúveis convencionais. O arroz teve maior CAT no cultivo

orgânico em extratos solúveis, outros estudos também encontraram valores maiores de CAT em amostras orgânicas de arroz (KESARWANI *et al.*, 2013, 2014).

Tabela 3 - Capacidade Antioxidante de extratos solúveis e hidrolisáveis de grãos orgânicos e convencionais.

	Extratos Solúveis (µM ET/g AC)		**Extratos Hidrolisáveis (µM ET/g AC)**	
	Orgânico	**Convencional**	**Orgânico**	**Convencional**
Arroz	108,7±7,4[a]	79,1±8,7[b]	47,8±10,3[a]	50,7±7,3[s]
Feijão	3199,3±149,4[a]	4266,6±332,8[b]	2700,4±137,2[a]	3814,2±260,2[b]
Milho	930,4±45,8[a]	1088,6±58,0[b]	382,2±55,1[a]	444,6±47,0[a]
Soja	2261,4±44,7[a]	2083,1±166,8[b]	1707,6±136,8[a]	1461,6±183,1[b]

µM ET/g AC: MicroMol Equivalente de Trolox por grama de alimento cozido.
Letras diferentes na mesma linha, para cada tipo de extrato, representam valores significativamente diferentes, $p<0,05$.

Fonte: Autoria própria (2023).

O feijão foi o único grão que apresentou diferença significativa em todas as análises, com teores mais elevados na cultura convencional. A maior diferença encontrada foi na CAT dos extratos hidrolisáveis, onde a média das amostras convencionais em que CAT foi 41,2% maior que a média orgânica.

Comparando as concentrações de compostos nos dois tipos de extratos do mesmo grão nas duas formas de cultivo, foi possível observar que os cereais (arroz e milho), apresentaram teores maiores de polifenóis e flavonoides nos extratos hidrolisáveis em relação aos solúveis, enquanto o contrário foi observado nas leguminosas (feijão e soja).

Todos os grãos apresentaram valores maiores para CAT nos extratos solúveis. Faller e Fialho (2009, 2010) encontraram maiores concentrações de polifenóis nos extratos hidrolisáveis de batata, brócolis, cebola, cenoura, repolho branco, banana, laranja, maçã, mamão, manga e tangerina, e nos extratos solúveis de tomate. Portanto, a matriz do alimento e quantidade de fibras presente, pode influenciar na biodisponibilidade e na quantidade de compostos extraíveis do alimento, explicando, assim, a grande diferença entre as extrações de alguns grãos (HERVERT-HERNÁNDEZ *et al.*, 2011).

Quaisquer fatores, ambientais ou não, que possam aumentar o estresse sofrido pela planta resultam em aumento da produção de compostos bioativos (LIMA *et al.*, 2012). Em estudo com arroz branco convencional e orgânico, em diferentes épocas, foi evidenciado que diferentes estações de produção, temperatura e radiação solar foram mais condicionantes

para diferenças na concentração de polifenóis e CAT do que o tipo de prática utilizada (KESARWANI *et al.*, 2014), estes fatores podem ter interferido no estudo atual já que as condições ambientais de cultivo não foram controladas, devendo ser levado em consideração que estas amostras podem apresentar resíduos de produtos químicos.

Estudos que compararam alimentos orgânicos e convencionais também encontraram quantificações e perfil de compostos bioativos e antioxidantes diferenciadas entre vários alimentos, ora maior em cultivo orgânico, ora em convencional, sugerindo que os padrões de compostos influenciáveis pelos tipos de cultivos são de cada tipo de alimento (FALLER; FIALHO, 2009, 2010; BUNEA *et al.*, 2012; BALISTERO; ROMBALDI; GENOVESE, 2013; MULERO; PARDO; ZAFRILLA, 2010; BARAŃSKI *et al*., 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que o feijão preto, arroz branco, milho e soja submetidos a diferentes formas de cultivo apresentaram distintos comportamentos nos teores de polifenóis, flavonoides e capacidade antioxidante. Além disso, as diferenças encontradas entre os extratos solúveis e hidrolisáveis podem ser resultantes da matriz do alimento. Destaca-se a importância desse estudo, devido à escassez de pesquisas sobre o mesmo tema, comparando polifenóis, flavonoides e CAT de grãos orgânicos e convencionais.

São necessários novos estudos com amostras cultivadas sob condições controladas para a detecção de diferenças de perfil de polifenóis, suas subclasses e CAT em alimentos orgânicos e convencionais, com diferentes quantidades de insumos químicos adicionados aos convencionais para verificação de alterações na produção de compostos em resposta a diferentes concentrações e variedade de produtos químicos utilizados.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com apoio financeiro com bolsa PIBIC/CNPq, através do edital Nº 281/UFFS/2015 e bolsa CAPES/DS, pelo edital Nº 1142/GR/UFFS/2022. Doação de reagentes pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) e Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Doação de amostras pela Associação de Estudos, Orientação e Assistência Rural (ASSESOAR) de Francisco Beltrão-PR, Cataratas do Iguaçu Produtos

Orgânicos LTDA, Cerealista Boaro e Cia LTDA, Cerealista Coagro LTDA, de Capanema-PR.

REFERÊNCIAS

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A.A. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*, v.115, p. 785-8, 2009.

ASAMI, D.K. *et al.* Comparison of the Total Phenolic and Ascorbic Acid Content of Freeze-Dried and Air-Dried Marionberry, Strawberry, and Corn Grown Using Conventional, Organic, and Sustainable Agricultural Practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.51, p.1237-1241, 2003.

BALISTEIRO, D.M.; ROMBALDI, C.V.; GENOVESE, M.I. Protein, isoflavones, trypsin inhibitory and in vitro antioxidant capacities: Comparison among conventionally and organically grown soybeans. *Food Research International*, v.51, p.8-14, 2013.

BARAŃSKI, M. *et al.* Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition*, v.112, n.05, p.794-811, 2014.

BUNEA, C. *et al.* Carotenoids, total polyphenols and antioxidant activity of grapes (*Vitis vinifera*) cultivated in organic and conventional systems. *Chemistry Central Journal*, v.6, n.66, 2012.

CHANDRASEKARAN, A.; IDELCHIK, M. del P. S.; MELENDEZ, J. A. Redox control of senescence and age-related disease. *Redox Biology*, v. 11, p. 91–102, 2017.

CORRÊA, V.G. *et al.* Estimate of consumption of phenolic compounds by Brazilian population. *Revista de Nutrição*, Campinas, v.28, n.2, p.185-196, 2015.

FALLER, A.L.K.; FIALHO, E. The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. *Food Research International*, v.42, p.210-15, 2009.

FALLER, A.L.K.; FIALHO, E. Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.23, p.561-8, 2010.

FERRAZ, A.P.C.R.; MALHEIROS, J.M.; CINTRA, R.M.G. A produção, o consumo e a composição química dos alimentos orgânicos. *Revista Simbio-Logias*, v.6, n. 9, 2013.

FRIEDRICH, K. Desafios para a avaliação toxicológica de agrotóxicos no Brasil: desregulação endócrina e imunotoxicidade. *Vigilância Sanitária em Debate*, v.1, n.2, p.2-15, 2013.

FU, L. *et al.* Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*, v.129, p.345-50, 2011.

HERVERT-HERNÁNDEZ, D. *et al.* The contribution of fruits and vegetables to dietary intake of polyphenols and antioxidant capacity in a Mexican rural diet: Importance of fruit and vegetable variety. *Food Research International*, v.44, p. 1182-1189, 2011.

KESARWANI, A.; CHIANG, P.Y.; CHEN, S.S.; SU, P.C. Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Organically and Conventionally Grown Rice Cultivars Under Varying Seasons. *Journal of Food Biochemistry*, v.37, p. 661-668, 2013.

KESARWANI, A.; CHIANG, P.Y; CHEN, S.S. Distribution of Phenolic Compounds and Antioxidative Activities of Rice Kernel and Their Relationship with Agronomic Practice. *The Scientific World Journal*, 2014.

KOEHNLEIN, E.A. e*t al.* Total antioxidant capacity and phenolic content of the Brazilian diet: a real scenario. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Early Online, p. 1-6, 2014.

LIMA, G.P.P. *et al.* Organic and conventional fertilization procedures on the nitrate, antioxidants and pesticide content in parts of vegetables. *Food Additives and Contaminants: Part B*, v.5, n.3, p. 188-193, 2012.

MULERO, J.; PARDO, F.; ZAFRILLA, P. Antioxidant activity and phenolic composition of organic and conventional grapes and wines. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.23, p.569-574, 2010.

RAHMAN, S. M. E. *et al.* Consumer preference, quality, and safety of organic and conventional fresh fruits, vegetables, and cereals. *Foods*, v. 10, n. 1, p. 105, 2021.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v.16, p.144-158, 1965.