

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DAS ANTOCIANINAS EM RESÍDUOS DE MAÇÃ

EVALUATION OF THE STABILITY OF ANTHOCYANINS IN APPLE WASTE

DOI: <https://doi.org/10.16891/2317-434X.v12.e1.a2024.pp3878-3885> Recebido em: 28.04.2023 | Aceito em: 02.01.2024

**Suegles Alayne Ferreira Lima^a, Maria Aparecida Pinheiro Barros^a, Cleoner Uchôa Araujo^a,
Rousiane Damasceno Evangelista^a, Wellyson da Cunha Araújo Firmo^a, Eduardo Henrique Costa
Rodrigues^a, Maria Raimunda Chagas Silva^a, Darlan Ferreira da Silva^a**

Universidade CEUMA^a

***E-mail: darlanveggito@hotmail.com**

RESUMO

No processamento de diversos frutos para obtenção do suco, ocorre a formação de uma grande quantidade de resíduos, sendo estes, cascas e sementes, no qual são encontradas diversas substâncias com propriedade antioxidante, dentre estes, as antocianinas, o ácido ascórbico e os compostos fenólicos. Este estudo tem como objetivo avaliar a capacidade antioxidante a partir da determinação das antocianinas extraídas de resíduos da maçã cv. Gala. Estatisticamente, um planejamento fatorial do tipo 23 foi realizado aleatoriamente compreendendo 8 experimentos para otimização da metodologia de extração das antocianinas. As variáveis independentes serão: (X1) Tempo de extração, (X2) Proporção de água: etanol, e, (X3) temperatura, os quais variarão de 1 à 2 h; 25 a 75%, e, de 20 à 60 °C, respectivamente. A variável-resposta para teor de antocianinas totais obtido dos extratos aquosos da variedade de maçã. Da extração das antocianinas via planejamento fatorial, obteve-se um teor de 438,55 mg/100g quando combinamos os fatores 2h de extração, 75% de solvente orgânico e 60°C de temperatura. Da ANOVA os fatores tempo de extração e proporção de solvente (X1X2) formam os mais significantes do processo. Dos dados obtidos experimentalmente, a partir do método do pH diferencial foi possível verificar boa atividade antioxidante. Os resultados obtidos indicaram a possibilidade da utilização dos resíduos de maçã cv. Gala como fonte de antioxidantes naturais.

Palavras-chave: resíduo orgânico; planejamento fatorial; capacidade antioxidante.

ABSTRACT

In the processing of several fruits to obtain the juice, there is the formation of a large number of residues, these being barks and seeds, in which several substances with antioxidant property are found, among them, anthocyanins, ascorbic acid and phenolic compounds. This study aims to evaluate the antioxidant capacity from the determination of anthocyanins extracted from apple waste. Statistically, a factorial planning of type 23 was carried out randomly comprising 8 experiments to optimize the methodology of extraction of anthocyanins. The independent variables will be: (X1) Extraction time, (X2) Water ratio: ethanol, and, (X3) temperature, which will vary from 1 to 2 h; 25 to 75%, and from 20 to 60 °C, respectively. The response variable for total anthocyanin content obtained from the aqueous extracts of the apple variety. From the extraction of anthocyanins through factorial planning, a content of 438.55 mg/100g was obtained when we combined the factors 2h of extraction, 75% of organic solvent and 60°C of temperature. From ANOVA the factors extraction time and solvent proportion (X1X2) form the most significant of the process. From the data obtained experimentally, from the differential pH method it was possible to verify good antioxidant activity and an acceptable ascorbic acid content. The results indicated the possibility of using apple cv residues. Gala as a source of natural antioxidants.

Keywords: organic waste; factorial planning; antioxidant capacity.



INTRODUÇÃO

Maçãs são frutos que contêm vários micronutrientes essenciais como minerais, vitaminas e fibras, como também, elementos não nutritivos como os polifenóis. Antocianinas são antioxidantes naturais, e, como pigmento, podem retardar ou prevenir a oxidação. São constituídos por antocianinas e glicosídeos, que se diferenciam pela cor, capacidade antioxidante, estabilidade e solubilidade (Castaneda-Ovando *et al.*, 2009).

A maçã é um fruto apreciado mundialmente, onde seu maior consumo é na forma in natura, apresentando altos valores de vitaminas do complexo B, vitaminas C e E, minerais como potássio, além de possuir fibras, fornecendo, principalmente, 10% da ingestão diária recomendada desses nutrientes (Ali *et al.*, 2016).

De acordo com Tsau *et al.* (2005), a maçã apresenta elevados teores de fitonutrientes, sendo flavonoides, polifenóis e ácidos fenólicos, encontrados na polpa e em maior quantidade na casca, fornecendo como benefícios os antioxidantes. Os compostos fenólicos podem, também, contribuir para as características sensoriais do fruto como a cor, sabor e produção de aromas. (Queiji *et al.*, 2010; Sikora & Swieca, 2018).

O processamento de alimentos é essencial para as operações industriais através das quais os alimentos crus são transformados para consumo ou armazenamento. Os consumidores exigem fruta e produtos da horticultura de alta qualidade, mas mudanças drásticas nas propriedades nutricionais e sensoriais podem ocorrer durante o processamento (Nayak *et al.*, 2015).

As antocianinas não são apenas pigmentos vegetais solúveis em água, responsáveis pelas cores brilhantes de muitas frutas e vegetais, mas podem também desempenham um papel significativo como ingrediente alimentar promotor da saúde. Pesquisas atuais sobre estudos epidemiológicos, como também, de estudos específicos de ensaios clínicos em humanos, têm demonstrando o envolvimento de compostos de antocianina (mono e diglicosídeos) em vias metabólicas e atividades enzimáticas responsáveis por doenças cardiovasculares, processos inflamatórios, diabetes tipo 2 e obesidade. Além disso, os seus efeitos potenciais em atrasar ou atenuar o declínio cognitivo relacionado com a idade é outra área de investigação intensiva (Ingram, 2019; Tomas-Barberan e Andres-Lacueva., 2012).

A complexa interação entre as antocianinas alimentares e o microbioma intestinal vem ganhando atenção da comunidade científica, uma vez que o papel

central do microbioma intestinal na manutenção da saúde e do bem-estar é aceito. Desenvolvimentos significativos na química analítica e, subsequentemente, na análise de antocianina, por exemplo, por extração em fase sólida, a ionização por electrospray, bem como a espectrometria de ressonância magnética de massa e nuclear tornaram estes avanços possíveis (Wright *et al.*, 2020).

As antocianinas são encontradas amplamente nos alimentos de origem vegetal, sendo pigmentos hidrossolúveis responsáveis pela coloração vermelha, azul e roxa dos frutos e vegetais. Este corante natural é bioativo por possuir a capacidade antioxidante e também propiciar a fotoproteção e a estabilidade das membranas celulares. Elas podem ser utilizadas em alimentos como aditivos ao substituir corantes sintéticos (GOUVÊA, *et al.*, 2013).

As antocianinas, que são abundantes em frutos silvestres, são susceptíveis à degradação em muitas condições de processamento e armazenamento. Alterações no pH, temperatura, luz e disponibilidade de oxigênio afetam negativamente a estrutura deste composto (Yousuf *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2012; CUNHA, 2014). É importante minimizar a perda de antocianinas durante o processamento, pois, são diretamente relevantes diversas propriedades organolépticas, nutricionais e fitoterápicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção da Matéria-prima

O experimento foi realizado com frutas de maçã da cultivar Gala e adquirida em comércio local. Em seguida, as amostras foram armazenadas em freezer doméstico, à -15°C, até serem analisadas. Realizou-se um pré-tratamento em estufa à temperatura de 80°C por 10 minutos, a fim de inativar as enzimas peroxidase e polifenoxidação, segundo metodologia descrita por Valderrama, Maranfoni e Clemente (2001). Em seguida, as amostras foram secas a 45°C por 4 horas e trituradas em moinho.

Extração das antocianinas

2 g de material vegetal seco foram pesados e colocados em um Erlenmeyer com volume de 250 mL. Um volume de 100 mL de solvente (água: etanol) foi adicionado em conformidade com planejamento experimental da Tabela 1, para as extrações. Os extratos foram recolhidos e filtrados com auxílio de papel filtro qualitativo. O filtrado foi utilizado para a determinação do conteúdo de antocianinas totais. Todas as extrações foram

realizadas em triplicata. O rendimento da extração foi calculado e seu resultado (%) expresso em peso seco.

Planejamento experimental

Neste estudo, um planejamento fatorial do tipo 2^3

foi realizado aleatoriamente compreendendo 8 experimentos. As variáveis independentes foram: (X_1) Tempo de extração, (X_2) Proporção de etanol, e, (X_3) temperatura, os quais variaram de 1 à 2 h; 25 a 75%, e, de 20 à 60 °C, respectivamente (Tabela 1). A variável-resposta foi o teor de teor de antocianinas totais.

Tabela 1. Planejamento fatorial: Níveis reais e codificados dos fatores.

(X_1) Tempo de extração (h)	(X_2) Proporção de etanol (%)	(X_3) Temperatura (°C)
2 (1)	75 (1)	60 (1)
1(-1)	25(-1)	20 (-1)
2 (1)	25 (-1)	60 (1)
1(-1)	75 (1)	60 (1)
2 (1)	25 (-1)	20 (-1)
2 (1)	75 (1)	20 (-1)
1 (-1)	75 (1)	20 (-1)
1 (-1)	25 (-1)	60 (1)

Determinação das Antocianinas Monoméricas Totais (AMT)

O conteúdo total de antocianina dos extratos foi determinado pelo método de pH diferencial. Diluições do mesmo extrato foram preparadas em soluções tampão de pH 1 e pH 4,5. A absorbância foi medida nos comprimentos de onda 540 e 700 nm usando um espectrofotômetro de absorção molecular (Merck Spectroquant Prove 600, Darmstadt, Germany). O conteúdo de antocianina foi calculado utilizando-se as fórmulas:

$$\text{Abs} = [(A_{\lambda_{\text{max}}} - A_{700})_{\text{pH } 1,0} - (A_{\lambda_{\text{max}}} - A_{700})_{\text{pH } 4,5}] \quad (1)$$

$$\text{AMT} = \text{Abs} \times 562,5 \times f_d \times 100/29,500 \quad (2)$$

onde, Abs, foi a absorbância dos extratos medidos nas duas soluções tampão. AMT, o teor de antocianinas monoméricas totais em mg/100g. O coeficiente de extinção molar da malvidina 3-glicosídeo (29,500) e o peso molecular de 562,5 $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ foram utilizados nos cálculos do teor de antocianinas monoméricas totais. Os resultados serão expressos em mg de equivalentes de malvidina 3-glicosídeo por 100 g de extrato.

Análises dos dados

Todas as análises foram feitas em triplicata e os valores apresentados como médias das réplicas. A significância estatística dos dados foi avaliada por meio da Análise de Variância (ANOVA) e do Teste de Tukey ($p < 0,05$). O software Origin Pro 8.5 (versão SR1-B161) foi utilizado para determinar a significância dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação das Antocianinas Monoméricas Totais (AMT)

Os teores de antocianinas totais foram obtidos através do método do pH diferencial avaliando-se a eficiência da extração via técnica espectrofotométrica. Neste estudo (resultados apresentados na Tabela 2) verificou-se um forte efeito combinado entre todas as variáveis, bem como uma eficiência na extração nas condições experimentais representadas por: tempo de extração: 2 h; proporção de etanol: 75 %; temperatura de extração: 60 °C. Nestas condições, a maior proporção de solvente orgânico na mistura (etanol + água), combinado à alta temperatura e à um maior tempo de extração foi suficiente para promover o melhor rendimento na extração de antocianinas.

Tabela 2. Planejamento fatorial: Níveis reais e codificados dos fatores.

Experimentos	(X ₁) Tempo de extração (h)	(X ₂) Proporção de etanol (%)	(X ₃) Temperatura (°C)	Teor de antocianinas (mg/100g)*
1	2 (1)	75 (1)	60 (1)	438,55
2	1(-1)	25(-1)	20 (-1)	50,72
3	2 (1)	25 (-1)	60 (1)	43,58
4	1(-1)	75 (1)	60 (1)	19,06
5	2 (1)	25 (-1)	20 (-1)	38,13
6	2 (1)	75 (1)	20 (-1)	278,40
7	1 (-1)	75 (1)	20 (-1)	57,20
8	1 (-1)	25 (-1)	60 (1)	60,23

*(n=3)

Estimativa do modelo estatístico

O ajuste do modelo estatístico do planejamento fatorial é verificado pelo coeficiente de determinação

(R²). Dos dados da Tabela 3, o coeficiente encontrado foi: R² = 0,9992 (R²_{adj} = 0,9987) indicando que o modelo foi adequado. Da ANOVA (Tabela 3) são apresentados os valores de F e p que mostram a significância dos fatores no processo de extração de antocianinas estudado.

Tabela 3. Análise de variância (ANOVA) dos resultados experimentais.

Parâmetros	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos quadrados	Teste F	Valor de p
Modelo	443687,79405	3	147895,93135	72,4E-11	6,4484E-11
X ₁	140268,931	1	140268,931	8,96371	0,00669
X ₂	135193,56934	1	135193,56934	8,51386	0,00797
X ₃	29445,89972	2	14722,94986	0,67938	0,51773
X ₁ X ₂	168225,2937	1	168225,2937	82,36426	1,57522E-8
X ₁ X ₃	51521,15908	2	25760,57954	2,25268	0,13393
X ₂ X ₃	19385,95647	2	9692,97824	0,5424	0,59056
Erro	40849,09875	20	2042,45494		
Cor. Total	484536,8928	23			
	R ² = 0,9992	R ² _{aj.} = 0,9987			

X₁ = tempo de extração, X₂ = proporção de etanol e X₃ = temperatura. Cor. Total (Correlação Total). Os números em negrito indicam os fatores significativos, identificados pela análise de variância ao nível de confiança de 95%.

Pelo resultado da análise de variância do ajuste linear do modelo, temos que valores mais altos de F associados a valores baixos de p (<0,05) demonstram que o modelo gerado é estatisticamente significativo (Karabegovic et al., 2013).

Valores de p são usados para confirmar a significância de cada coeficiente, ou seja, o menor valor de p está no maior efeito (Zhao et al., 2011). De acordo com os valores de F e p (Tabela 3), o fator com o maior efeito está na concentração de ferro (X₃, p = 9,88.10⁻⁸); entretanto esta análise indica que apenas a interação tempo de irradiação x concentração de ferro (X₁X₃) foi significativa (p = 0,0439).

Análise das superfícies de resposta

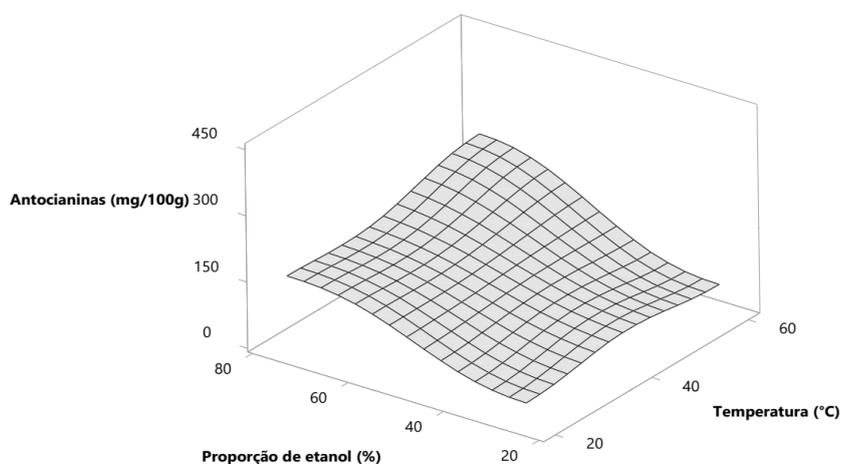
Gráficos de superfície de resposta são muito úteis quando se quer visualizar os efeitos de dois fatores sobre a resposta, assim como a identificação dos valores ótimos, para obtenção da resposta máxima (Silva, Azevedo e Rezende, 2016).

Metodologia da superfície de resposta (RSM) é um método estatístico que utiliza dados quantitativos de um planejamento fatorial para determinar equações multivariadas. Diferente dos métodos empíricos convencionais, a RSM gera um modelo matemático,

levando em conta as possíveis inter-relações entre as variáveis de teste, minimizando o número de experimentos (SONG et al., 2011). Os efeitos das variáveis independentes (fatores) e suas interações sobre a resposta podem ser observados em três dimensões por meio da análise da superfície de resposta (Silva, Landgraf

e Rezende, 2017). As Figuras 1, 2 e 3 mostram as principais interações do processo: tempo de extração x proporção de etanol; tempo de extração x temperatura e proporção de etanol x temperatura. Os gráficos foram plotados usando o eixo z (teor de antocianina em mg/100 g) contra duas variáveis independentes.

Figura 1. Gráfico de superfície de resposta mostrando os efeitos das variáveis proporção de etanol (%) x temperatura (°C) sobre a resposta, teor de antocianinas (mg/100g).

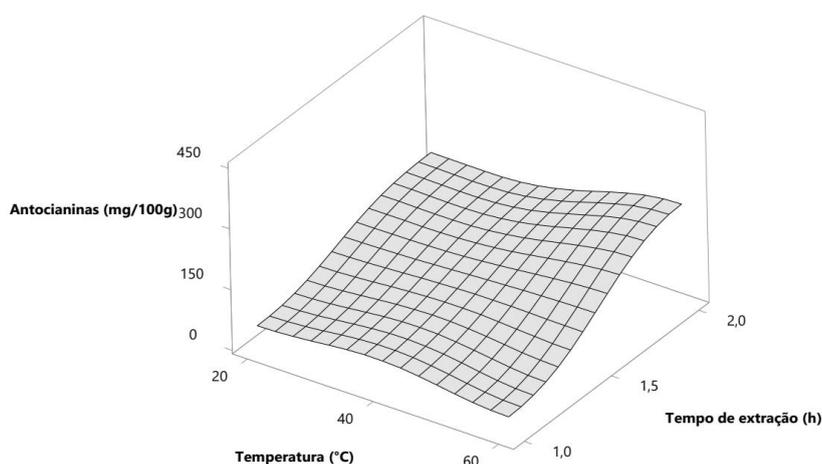


A Figura 1 mostra a interação entre a proporção de etanol e a temperatura sobre a extração de antocianinas. Combinando-se a maior proporção de etanol na mistura de solvente e a extração à uma temperatura maior, o rendimento na extração de antocianinas é satisfatório.

As antocianinas são moléculas polares, portanto

os solventes mais comuns usados nas extrações são misturas aquosas de etanol, metanol ou acetona (Kahkonen et al., 2001; Dai et al., 2009). A polaridade da solução extratora exerce um importante papel na extração seletiva das diferentes famílias de flavonoides (Shahidi & Naczki, 1995), bem como no rendimento da extração de antocianinas.

Figura 2. Gráfico de superfície de resposta mostrando os efeitos das variáveis temperatura (°C) x tempo de extração (h) sobre a resposta, teor de antocianinas (mg/100g).

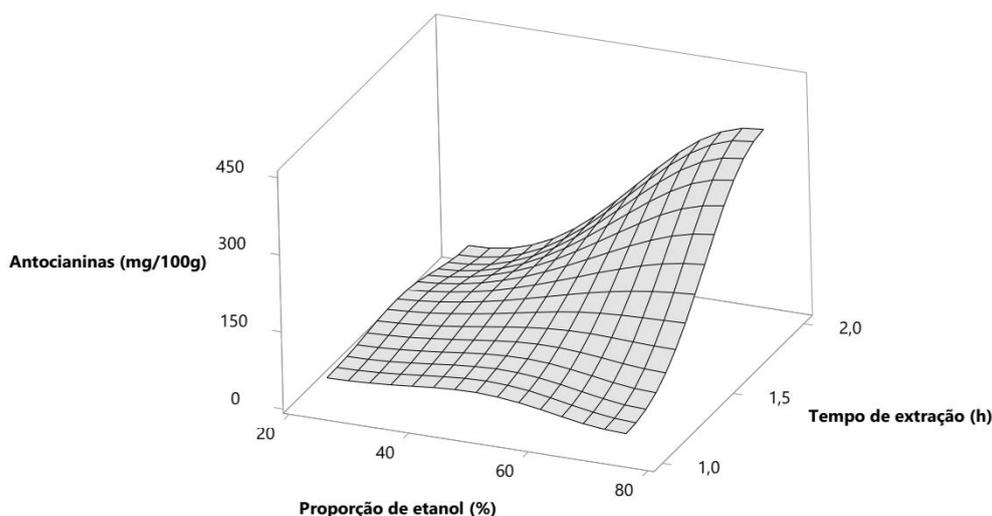


A Figura 2 mostra a interação entre a temperatura e o tempo de extração sobre a extração de antocianinas. A combinação da temperatura mais alta (segundo planejamento) com o maior tempo de extração, promoveu o melhor rendimento.

De acordo com Silva et al. (2012) em um estudo

com extratos vegetais concluíram que todos os extratos etanólicos acidificados extraídos em alta temperatura apresentaram elevados teores de compostos fenólicos e concluíram que o aumento da temperatura promoveria um aumento da reatividade do etano, facilitando o processo extrativo das fibras vegetais.

Figura 3. Gráfico de superfície de resposta mostrando os efeitos das variáveis proporção de etanol (%) x tempo de extração (h) sobre a resposta, teor de antocianinas (mg/100g).



A Figura 3 mostra a interação entre a proporção de etanol e o tempo de extração. O tempo de extração e fatores relacionados também influenciam a extração de compostos fenólicos de materiais vegetais. Prolongados tempos de extração aumentam a chance de oxidação dos fenólicos, a menos que agentes redutores sejam adicionados ao sistema solvente. Além disso, a razão amostra/solvente também influencia diretamente a recuperação de compostos fenólicos de plantas (NACZK e SHAHIDI, 2004).

De um modo geral, as plantas estão muito presentes na indústria de cosméticos, uma vez que é possível extrair compostos bioativos com ação benéfica para a saúde, tais como, função despigmentante, hidratante, antimicrobiana, antienvhecimento, fotoprotetora contra a radiação UV, entre outras (Krigas et al., 2015; Mwinga et al., 2019).

Relativamente ao mercado dos cosmeceúticos na Europa e na Ásia, é possível notar um enorme crescimento devido ao elevado interesse dos

consumidores, sendo que os principais compostos bioativos utilizados nas formulações são os polifenóis, os carotenoides, a vitamina C e o colagénio (Hernandez et al., 2020).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos via planejamento experimental nos permitiram inferir que: a maior proporção de solvente associado a uma maior temperatura de extração, não afetaram significativamente o conteúdo de antocianinas totais das cascas de maçã (cv. Gala), confirmando, assim boa atividade antioxidante pelo método do pH diferencial. De forma qualitativa, o conteúdo de antocianinas extraídas, confirmam a capacidade antioxidantes dos resíduos de maçã neste estudo. Os resultados obtidos indicam a possibilidade da utilização de resíduos de maçã cv. Gala como fonte de antioxidantes naturais.

REFERÊNCIAS

- ALI, S., KHAN, A. S., & MALIK, A. U. Postharvest L-cysteine application delayed pericarp browning, suppressed lipid peroxidation and maintained antioxidative activities of litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 121, p. 135–142, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.07.015>
- CASTANEDA-OVANDO, A., DE LOURDES PACHECO-HERNANDEZ, M., PAEZ-HERNANDEZ, M. E., RODRIGUEZ, J. A., & GALAN-VIDAL, C. A. Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, v. 113, p. 859–871, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>
- CUNHA, K. D. et al. Estabilidade de ácido ascórbico em sucos de frutas frescos sob diferentes formas de armazenamento. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 17, n. 2, p. 139-145, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/bjft.2014.016>
- DAI, J; GUPTE, A; GATES, L & MUMPER, R. J. A comprehensive study of anthocyanin-containing extracts from selected blackberry cultivars: Extraction methods, stability, anticancer properties and mechanisms. *Food and Chemical Toxicology*, v. 47, p. 837-847, 2009. DOI: [10.1016/j.fct.2009.01.016](https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.01.016)
- EINHELLIG, F. A. An integrated view of allelochemicals amid multiple stresses. *In: INDERJIT, I.; DAKSHINI, K. M. M.; FOY, C. L. (Ed.). Principles and practices in plant ecology: allelochemical interactions. Boca Raton: CRC Press, 479-494, 1999.*
- GOUVÊA, A. C. M. S.; SANTIAGO, M. C. P. A.; OLIVEIRA, L. M.; GODOY, R. L. O; PEIXOTO, F. M; PACHECO, S; BORGUINI, R. G. Fontes naturais de antocianinas para a obtenção de padrões para análise de frutos vermelhos e seus produtos. *Revista Higiene Alimentar*, v.27, n. 218/219, 2013.
- HERNANDEZ, D. F., CERVANTES, E. L., LUNA-VITAL, D. A., & MOJICA, L. Food-derived bioactive compounds with anti-aging potential for nutraceutical and cosmetic products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, p. 1–16, 2020. DOI: [10.1080/10408398.2020.1805407](https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1805407)
- INDERJIT, I. Plant phenolics in Allelopathy. *The Botanical Review*, 62 (2), 186-202, 1996.
- INDERJIT, I.; NISHIMURA, H. Plant phenolics and terpenoid: transformation, degradation, and potential of allelopathic interactions. *In: INDERJIT, I.; DAKSHINI, K. M. M.; FOY, C. L. (Ed.). Principles and practices in plant ecology: allelochemical interactions. Boca Raton: CRC Press, 255-266, 1999.*
- INGRAM, D.K. Blue versus gray: potential health benefits of blueberries for successful aging. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, v. 74, p. 965–966, 2019. DOI: [10.1093/geron/igx004.5007](https://doi.org/10.1093/geron/igx004.5007)
- KAHKONEN, MP; HOPIA, AI & HEINONEN, M. Berry Phenolics and Their Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, 4076-4082, 2001. DOI: [10.1021/jf010152t](https://doi.org/10.1021/jf010152t)
- KRIGAS, N., LAZARI, D., MALOUPA, E., & STIKOUDI, M. Introducing Dittany of Crete (*Origanum dictamnus* L.) to gastronomy: A new culinary concept for a traditionally used medicinal plant, *International Journal of Gastronomy and Food Science*. AZTI-Tecnalia, 2(2), pp. 112, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2015.02.001>
- NAYAK, B., LIU, R. H., & TANG, J. Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55, 887–918, 2015. DOI: [10.1080/10408398.2011.654142](https://doi.org/10.1080/10408398.2011.654142)
- MWINGA, J. L., MAKHAGA, N.S., AREMU, A.O., OTANG-MBENG, W. Botanicals used for cosmetic purposes by Xhosa women in the Eastern Cape, South Africa, *South African Journal of Botany*. Elsevier B.V., 126, pp. 4–10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.03.038>
- QUEJI, M. D.; WOSIACKI, G.; CORDEIRO G. A.; PERALTA-ZAMORA, P. G.; NAGATA N. Determination of simple sugars, malic acid and total phenolic compounds in apple pomace by infrared spectroscopy and PLSR. *International Journal of Food Science & Technology*, v.45, n.3, p.602-609, 2010. DOI: [10.1111/j.1365-2621.2010.02173.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02173.x)

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, v. 1054, n. 1/2, p. 95-111, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.08.059>

SHAHIDI, F & NACZK, M (1995) *Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications*, 1 ed. Lancaster: Technomic Publishing Co.

SONG, J.H., MARTENS, J., MCCHAREN, B., & AUSBURN, L. Multi-structural relationships among organizational culture, job autonomy, and CTE teacher turnover intention. *Career and Technical Education Research*, v. 36, n. 1, p. 3-26, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5328/cter36.1.3>

SIKORA, M., & SWIECA, M. Effect of ascorbic acid postharvest treatment on enzymatic browning, phenolics and antioxidant capacity of stored mung bean sprouts. *Food Chemistry*, 239, 1160–1166, 2018. DOI: [10.1016/j.foodchem.2017.07.067](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.067)

SILVA, D. F.; REZENDE, M. O. O. Microwave-assisted extraction of phenolic compounds from *Canavalia ensiformis* leaves: preparation and evaluation of prospective bioherbicide on control of soybean weeds. *International Journal of Engineering and Applied Science*, v.3, p.1-6, 2016.

SILVA, V. L.; CERQUEIRA, M. R. F.; LOWINSOHN, D.; MATOS, M. A. C.; MATOS, R. C. Amperometric detection of ascorbic acid in honey using ascorbate oxidase immobilised on amberlite IRA-743. *Food Chemistry*, v.33, p.1050-1054, 2012. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.066>

TOMAS-BARBERAN, F.A., ANDRES-LACUEVA, C. Polyphenols and health: current state and progress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 60, p. 8773–8775, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf300671j>

TSAU, R.; YANG, R.; XIE, S.; SOCKOVIE, E.; KHANIZADEH, S. Which polyphenol compounds contribute to the total antioxidant activities of apple. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.53, n.12, p.4989-4995, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf048289h>

VALDERRAMA, P.; MARANFONI, F.; CLEMENTE, E. Efeito do tratamento térmico sobre a atividade de peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em maçã (*Mallus comunis*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 21, n. 3, p. 321-325, 2001.

WRIGHT, O, R. L.; PAHN, A. D. T.; HONG, H. T.; NETZEL, G. SULTANBAWA, Y.; NETZEL, M. E. Bioactive anthocyanins in selected fruits – A Foodomics Approach. *Comprehensive Foodomics Food Sciences*, p. 77-104, 2020. DOI: [10.1016/B978-0-08-100596-5.22785-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22785-6)

YOUSUF, B.; GUL, K.; WANI, A.A.; SINGH, P. Health Benefits of Anthocyanins and Their Encapsulation for Potential Use in Food Systems: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 56, p. 2223-2230, 2016. DOI: [10.1080/10408398.2013.805316](https://doi.org/10.1080/10408398.2013.805316)