

EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM DE ANTOCIANINAS DA CASCA DE JABUTICABA SABARÁ (*Myrciaria cauliflora* (Vell.) O. Berg)

B. SEGUENKA¹, N. AMBRÓSIO², T. FEIDEN¹, J. STEFFENS¹, E. VALDUGA¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, Erechim, RS

² Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharias e Ciências da Computação, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, Erechim, RS

RESUMO – A *Myrciaria cauliflora* (Vell.) O. Berg é nativa do Brasil e fornece um fruto conhecido como jabuticaba e sua casca apresenta alto teor de compostos fenólicos. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a extração de antocianinas da casca de Jabuticaba aplicando extração assistida por ultrassom (US). Empregou-se a metodologia de planejamento de experimentos visando maximizar a extração pelo US de antocianinas variando o tempo (11,55 a 138 min) e a temperatura (16,67 a 53,3 °C) de extração, mantendo fixas a amplitude da potência (40%), relação sólido-etanol (1:25, m/v), quantidade de cascas liofilizadas (10 g, umidade de ~3,5%), granulometria (1 mm) e volume de etanol acidificado pH 1 (250 mL). Um modelo codificado de segunda ordem permitiu maximizar a extração assistida por US obtendo-se um teor máximo de 700,94 mg.100g⁻¹ de antocianinas totais nas condições próximas de 48 °C e 75 min de extração.

Palavras-chave: Compostos fenólicos, Maximização, Recuperação, Pigmento natural.

ABSTRACT – *Myrciaria cauliflora* (Vell.) O. Berg is native to Brazil and provides a fruit known as jabuticaba and its bark has a high content of phenolic compounds. In this context, the objective of the present work was to evaluate the extraction of anthocyanins from the bark of Jabuticaba using ultrasound-assisted (US) extraction. The experiment planning methodology was used in order to maximize the extraction of anthocyanins by US, varying the extraction time (11.55 to 138 min) and temperature (16.67 to 53.3 °C), keeping the potency amplitude fixed. (40%), solid-ethanol ratio (1:25, m/v), quantity of freeze-dried husks (10 g, ~3.5% moisture), particle size (1 mm) and acidified ethanol volume pH 1 (250 mL). A second-order coded model allowed us to maximize the US-assisted extraction, obtaining a maximum content of 700.94 mg.100g⁻¹ of total anthocyanins in conditions close to 48 °C and 75 min of extraction.

Keywords: Phenolic Compounds, Maximization, Recuperation, Natural pigment.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos ou subprodutos da indústria de processamento de alimentos são excelentes candidatos para a produção comercial de uma gama diversificada de compostos nutraceuticos, que contribuem para a redução de resíduos (NAZIR et al., 2019). Recentemente, atenção especial foi apontada para esses subprodutos e o desenvolvimento de novos produtos com valor de mercado (CASTRO-MUÑOZ et al., 2020; TORRES-VALENZUELA; BALLESTEROS-GÓMEZ; RUBIO, 2020).

A *Myrciaria cauliflora* (Vell.) O. Berg é nativa do Brasil e fornece um fruto típico conhecido como jabuticaba que é amplamente consumido principalmente na parte sudeste deste país. Essa fruta tem sido chamada de “super fruta”, principalmente na indústria de alimentos (BAILÃO et al., 2015). A casca de jabuticaba é um subproduto e apresenta alto teor de compostos bioativos, como ácidos fenólicos, flavonoides e antocianinas, normalmente considerados como resíduo alimentar (BARROS et al., 2019). Embora não sejam extensivamente consumidas, os principais polifenóis da jabuticaba concentram-se na casca, dentre os quais encontram-se a cianidina-3-O-glucósido e delphinidina-3-O-glucósido, principais antocianinas encontradas nesta fruta (QUATRIN et al., 2019).

Para que as antocianinas possam ser usadas como aditivos alimentares, a casca da jabuticaba precisa ser processada, sendo necessária a extração dos compostos fenólicos para facilitar a sua aplicação (SANTOS; VEGGI; MEIRELES, 2010). O procedimento de extração é de grande importância (PATIL et al., 2009), pois o crescente interesse em polifenóis derivados de plantas estimula a busca contínua por técnicas não convencionais de extração. Até o momento, o desenvolvimento de um método padrão único para a extração eficiente e rápida de polifenóis, a partir de matrizes vegetais, ainda é um desafio, devido às limitações de vários métodos convencionais de extração. As técnicas não convencionais, representam abordagens promissoras para superar essas limitações, permitindo aplicações de amplo alcance e em escala industrial, em mercados globais emergentes (AMEER; SHAHBAZ; KWON, 2017).

A extração assistida por ultrassom é uma técnica de extração aprimorada, eficiente e passível de automação. Sua aplicação permite tempos de extração mais curtos, consumo reduzido de solventes orgânicos, economia de energia e redução de custos (PLAZA et al., 2016; GALLEGO; BUENO; HERRERO, 2019; QUATRIN et al., 2019). A excepcional eficiência de extração do US está relacionada ao fenômeno chamado cavitação acústica, que se refere à criação, progressão e quebra de bolhas (AZMIR et al., 2013; CHÁVEZ-GONZÁLEZ et al., 2020; LAMEIRÃO et al., 2020).

Os compostos fenólicos podem ser consideravelmente afetados pelas condições de extração como temperatura, pressão, frequência, tempo de sonicação e potência ultrassônica. A otimização dessas variáveis é importante para garantir o maior rendimento de extração com o menor custo e consumo de energia possíveis (ESCLAPEZ et al., 2011; GIL-CHÁVEZ et al., 2013; YAHYA; ATTAN; WAHAB, 2018).

Baseado no exposto, o objetivo foi otimizar a extração da casca da Jabuticaba Sabará (*Myrciaria cauliflora* (Vell.) O. Berg) pelo método de ultrassom, avaliando os efeitos das variáveis de processo (tempo e temperatura) visando a máxima recuperação de antocianinas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A jabuticaba da cultivar Sabará, espécie *Myrciaria cauliflora* (Vell.) O. Berg foi adquirida de diferentes produtores da região Noroeste do RS/Brasil, coletadas nos meses de dezembro de 2018 e janeiro de 2020. Os frutos foram despulpados manualmente. As cascas (300 g) foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade (espessura de 10 μm , marca Premium Pack), seladas à vácuo (-740 mmHg) e armazenadas em *ultra-freezer* (marca SANYO, modelo: MDF-U3086S) à temperatura de -80°C . As cascas congeladas foram distribuídas em bandejas do liofilizador (marca Edwards, modelo Modulyo), onde permaneceram sob o abrigo de luz por aproximadamente 5 dias, atingindo valores médios de umidade de 3,5%. As cascas de jabuticaba na forma de pó foram armazenadas em frasco de vidro âmbar com tampa veda rosca e acondicionado a temperatura ambiente, sob abrigo da luz.

No processo de extração de antocianinas da casca da jabuticaba foi utilizado um banho ultrassônico (marca UNIQUE, modelo USC-1800A), com frequência de 40 kHz, potência máxima do US de 123 W e volume máximo de 3,8 L. Realizaram-se extrações com US empregado metodologia de planejamento de experimentos – Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) 2^2 , onde as variáveis independentes de estudo foram o tempo (11,55 a 138 min) de ultrassom e a temperatura (16,87 a $53,3^{\circ}\text{C}$) e os respectivos níveis foram baseados em dados da literatura (HENTZ, 2015; PAULETTO, 2016) e testes preliminares. As variáveis independentes fixas foram a concentração massa:etanol pH 1 (1:25 g:mL), granulometria da casca de jabuticaba (1 mm – 16 Mesh) e potência do ultrassom (52,8 W), ambas definidas por testes preliminares. A variável dependente (resposta) foi a concentração de antocianinas ($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$).

Baseado nos resultados do planejamento de experimentos, novos ensaios foram realizados deslocando os níveis de temperatura (55, 60 e 65°C), tempo de contato de 75 min, potência do ultrassom de 52,8 W, concentração de 1:25 (g:mL) e granulometria de 1 mm, visando a máxima recuperação de antocianinas.

Após as extrações as amostras foram submetidas à filtração a vácuo em papel filtro 26-44 μm (0,2 mm). O filtrado foi removido e reservado em refrigerador (marca Electrolux, modelo DC47) em frasco de vidro âmbar, ao abrigo da luz (não ultrapassando 24 h após extração).

O conteúdo de antocianinas de cada amostra foi determinado pelo método diferencial de pH proposto por Jiang et al. (2018) e De Oliveira et al. (2018). Uma alíquota de amostra de antocianina foi misturada com tampão pH 1,0 (mistura das soluções de cloreto de potássio $0,2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ e ácido clorídrico $0,2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$) e uma alíquota misturada com tampão pH 4,5 (mistura das soluções de acetato de sódio $2,0\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ e ácido clorídrico $0,2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$), atingindo o volume total de diluição desejado para a amostra. As leituras da absorbância das amostras do extrato de jabuticaba Sabará foram medidas em 2 pHs (1,0 e 4,5) para dois comprimentos de onda distintos (520 nm e 700 nm).

Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente através da metodologia de planejamento de

experimentos e pela análise de variância (ANOVA), seguidos de teste de *Tukey* e/ou teste de *t'student* ($p \leq 0,05$), com auxílio do *software Statistica*, versão 5.0 (StatSoft, Inc., USA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a matriz (valores reais e codificados) do planejamento DCCR 2^2 com as variáveis independentes estudadas (tempo e temperatura) e resposta em antocianinas totais ($\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$) obtidas a partir da extração por US. A maior concentração de antocianinas foi de $700,94 \text{ mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ (Ensaio 3), com tempo de extração de 30 min e temperatura de 48°C .

Tabela 1 - Matriz do delineamento composto central rotacional (DCCR) 2^2 (valores codificados e reais) e resposta em antocianinas totais

ENSAIOS	VARIÁVEIS INDEPENDENTES*		RESPOSTA
	X_1	X_2	Antocianinas Totais ($\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$)
1	-1 (30)	-1 (22)	152,96
2	+1 (120)	-1 (22)	186,69
3	-1 (30)	+1 (48)	700,94
4	+1 (120)	+1 (48)	570,43
5	0 (75)	0 (35)	538,96
6	0 (75)	0 (35)	538,54
7	0 (75)	0 (35)	538,12
8	-1,41 (11,55)	0 (35)	308,09
9	+1,41 (138)	0 (35)	495,12
10	0 (75)	-1,41 (16,67)	349,42
11	0 (75)	+1,41 (53,3)	685,49

* X_1 = tempo (min), X_2 = Temperatura ($^\circ\text{C}$). Variáveis independentes fixas: concentração massa:etanol pH 1,0 (1:25 $\text{g} \cdot \text{mL}$), granulometria da casca de jabuticaba (1,00 mm - 16 Mesh) e potência do ultrassom (52,8 W).

Os resultados das antocianinas totais (Tabela 1) foram tratados estatisticamente e a Tabela 2 os efeitos das variáveis. A Equação 1 apresenta o modelo codificado de segunda ordem, que descreve o teor de antocianinas em função das variáveis independentes (tempo e temperatura). O modelo foi validado pela análise de variância, onde se obteve um coeficiente de correlação de 0,92 e F calculado 1,21 vezes maior que o valor do F tabelado (5,05), o qual permitiu também a construção da superfície de resposta e/ou curva de contorno, apresentadas na Figura 1.

$$AT = 538,76 + 20,93X_1 - 83,15X_1^2 + 176,22X_2 - 24,87X_2^2 - 41,06X_1 \cdot X_2 \quad (1)$$

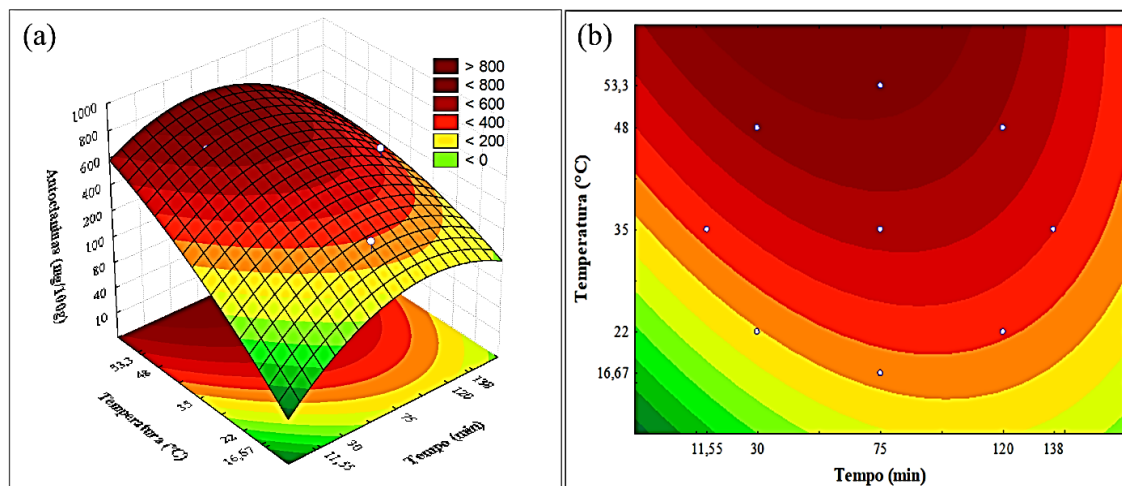
Onde, AT é o teor de antocianinas totais ($\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$), X_1 é o tempo (min) e X_2 a temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Tabela 2 - Efeitos das variáveis, erro padrão, t(2) e p do DCCR 2² para extração de antocianinas totais

	Efeitos	Erro padrão	t(2)	p
Média	538,76	0,241	2235,29	0,0000001
(1) Tempo (min) (L)*	20,92	0,147	141,59	0,0000500
Tempo (Q)	-83,14	0,176	-471,39	0,0000050
(2) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (L)*	176,22	0,147	1192,13	0,0000010
Temperatura (Q)	-24,87	0,176	-141,03	0,0000500
1L.2L	-41,05	0,208	-196,70	0,0000260

*Fatores estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Figura 1- Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) em função do tempo e da temperatura para a extração com ultrassom de antocianinas totais ($\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$).



Analisando a superfície de resposta e curvas de contorno (Figura 1) verifica-se a existência de uma região ótima para extração de antocianinas, próxima a 75 min e temperatura maior que 48°C . A faixa ótima de temperatura para extração das antocianinas encontra-se no limite superior estudado.

Para validar a tendência do aumento da temperatura apresentado no modelo, o qual sugere que aumentando a temperatura aumentar-se-ia a concentração de antocianinas, novos ensaios foram realizados empregando maiores temperaturas ($48, 55, 60$ e 65°C) e fixando o tempo (75 min), sendo que os teores de antocianinas são apresentados na Tabela 3. Observou-se que o aumento da temperatura reduziu o teor de antocianinas, sendo que na temperatura de 55°C a concentração de antocianinas foi 21% menor, quando comparado a 48°C . A partir dos resultados obtidos nos testes adicionais de validação, fixou-se a temperatura na faixa próxima a 48°C e tempo de 75 min, como recomendada nos

ensaios do planejamento.

Tabela 3 - Teor de antocianinas totais obtidos na extração assistida por ultrassom nas temperaturas de 48, 55, 60 e 65 °C e tempo de 75 min.

Temperatura (°C)	Antocianinas totais** (mg.100g ⁻¹)
48*	700,94 ^a ± 4,13
55	547,16 ^b ± 1,27
60	169,48 ^c ± 0,83
65	52,59 ^d ± 0,83

*Ensaio 3: melhor condição de extração (Tabela 3). ** média ± desvio padrão; letras diferentes em uma mesma coluna correspondem à diferença significativa ($p < 0,05$) pelo Teste de *Tukey*.

Em comparação aos métodos convencionais de extração de antocianinas da jabuticaba, utilizando etanol como solvente, estudados por Haminiuk et al. (2011), Hentz (2015) e Pauletto (2016), a concentração de antocianinas obtida pelo método de extração estudado neste trabalho foi 51%, 53% e 80% maior, respectivamente. Comparando com os estudos de Hentz (2015) e Rufino et al. (2010), que usaram metanol como solvente, a extração por ultrassom extraiu 37% e 91% mais antocianinas.

Métodos de extração simples que alcançaram uma concentração de antocianinas da jabuticaba maior a obtida na melhor condição deste trabalho (700,94 mg.100g⁻¹): Leite-Legatti et al. (2012) (4%) e Zhang et al. (2018) (29%), alcançaram o seu alto teor de antocianinas em 12 h e 24 h de extração, respectivamente. O elevado tempo de extração é o que torna esses métodos menos eficientes que a extração por ultrassom (tempo de extração 75 min) segundo Trojanowska et al. (2019), que afirma que uma extração eficiente tem por vantagem a redução do tempo de extração diminuindo também o consumo de energia. A diminuição do tempo de extração causada pelo uso do ultrassom reduz o dano causado as antocianinas durante o processo (CHEN et al., 2017).

Lenquiste et al. (2015) estudou a extração simples aquosa, que utiliza como solvente apenas a água fervente, para extrair antocininas da casca da jabuticaba. O tempo de extração deste método é baixo (30 min) e é considerado ambientalmente seguro por usar apenas água para extração. Mas mesmo sendo um método a se considerar, ele extraiu 42% menos antocianinas da casaca da jabuticaba que o ultrassom aplicado neste trabalho (700,94 mg.100g⁻¹). Esse efeito também foi identificado por Oancea; Stoia; Coman (2012) que obtiveram maior teor de antocianinas com etanol a 50% (148,51 mg.100g⁻¹), enquanto o menor foi obtido com água (3,24 mg.100g⁻¹). Outras desvantagens do método aquoso são o alto consumo de água, numa proporção de 1:50 (m:v) e a taxa de degradação das antocianinas a 100 °C (14,64.10⁻² min⁻¹) (TURTURICĂ et al., 2018).

A extração assistida por ultrassom também foi mais eficiente na extração de antocianinas que outras tecnologias como a extração supercrítica com CO₂ e a extração enzimática, já estudadas, e consideradas avançadas para extração de compostos bioativos. A concentração de antocianinas da jabuticaba obtida pelo método utilizando ultrassom empregado neste estudo foi 50% maior, que às da

extração supercrítica com CO₂ supercrítico (BOHN et al., 2014; PIES, 2017 e VEGGI; SANTOS; MEIRELES, 2011). A extração enzimática, também, foi menos eficiente que o ultrassom, onde Miranda (2019) conseguiu extrair apenas 216,76 mg.100g⁻¹ de antocianinas da casca da jabuticaba empregando a enzima celulase por 3 h de extração, quase 70% menos que as extraídas por ultrassom.

4. CONCLUSÃO

A máxima a extração de antocianinas totais da casca da jabuticaba obtida por processo assistido com ultrassom foi de 700,94 mg.100g⁻¹, na potência de 40%, granulometria da casca de 1mm, proporção massa seca/solvente (etanol acidificado em pH 1,0) de 1:25 (g:mL), tempo de extração de 75 min e temperatura de 48 °C.

A extração assistida por ultrassom é uma técnica de extração promissora para recuperação de compostos fenólicos da casca de jabuticaba, permitindo tempos de extração curtos e agregando valor a um subproduto abundante no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à URI Erechim, CAPES, CNPq e FAPERGS pelo apoio financeiro.

5. REFERÊNCIAS

AMEER, K.; SHAHBAZ, H. M.; KWON, J. H. Green Extraction Methods for Polyphenols from Plant Matrices and Their Byproducts: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 295–315, 2017.

AZMIR, J.; ZAIDUL, I. S. M.; RAHMAN, M. M.; SHARIF, K. M.; MOHAMED, A.; SAHENA, F.; JAHURUL, M. H. A.; GHAFOR, K.; NORULAINI, N. A. N.; OMAR, A. K. M. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 117, n. 4, p. 426–436, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>>

BAILÃO, E. F. L. C.; DEVILLA, I. A.; DA CONCEIÇÃO, E. C.; BORGES, L. L. Bioactive compounds found in Brazilian cerrado fruits. **International Journal of Molecular Sciences**, [s. l.], v. 16, n. 10, p. 23760–23783, 2015.

BARROS, H. D. F. Q.; BASEGGIO, A. M.; ANGOLINI, C. F. F.; PASTORE, G. M.; CAZARIN, C. B. B.; MAROSTICA-JUNIOR, M. R. Influence of different types of acids and pH in the recovery of bioactive compounds in Jabuticaba peel (*Plinia cauliflora*). **Food Research International**, [s. l.], n. January, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.010>>

BOHN, A.; KUHN, F.; TOMAZELLI JÚNIOR, O.; SCAPINELLO, J.; MAGRO, J. D. Produção de microcápsulas do extrato supercrítico de jabuticaba (*Plinia trunciflora*) através da atomização em

spray dryer. **In: Anais do XX COBEQ (Congresso Brasileiro de Engenharia Química)**, Florianópolis, v. 1, n. 2, 2014.

CASTRO-MUÑOZ, R.; BARRAGÁN-HUERTA, B. E.; FÍLA, V.; DENIS, P. C.; RUBY-FIGUEROA, R. Current Role of Membrane Technology: From the Treatment of Agro-Industrial by-Products up to the Valorization of Valuable Compounds. **Waste and Biomass Valorization**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 513–529, 2018.

CHÁVEZ-GONZÁLEZ, M. L.; SEPÚLVEDA, L.; VERMA, D. K.; LUNA-GARCÍA, H. A.; RODRÍGUEZ-DURÁN, L. V.; ILINA, A.; AGUILAR, C. N. Conventional and Emerging Extraction Processes of Flavonoids. **Processes**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 434, 2020.

CHEN, L.; YANG, M.; MOU, H.; KONG, Q. Ultrasound-assisted extraction and characterization of anthocyanins from purple corn bran. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 1–7, 2017.

DE OLIVEIRA, I. R. N.; ROQUE, J. V.; MAIA, M. P.; STRINGHETA, P. C.; TEÓFILO, R. F. New strategy for determination of anthocyanins, polyphenols and antioxidant capacity of Brassica oleracea liquid extract using infrared spectroscopies and multivariate regression. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, [s. l.], v. 194, p. 172–180, 2018.

ESCLAPEZ, M. D.; GARCÍA-PÉREZ, J. V.; MULET, A.; CÁRCEL, J. A. Ultrasonic assisted extraction of natural products. **Food Engineering Reviews**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 108–120, 2011. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12393-011-9036-6>>

GALLEGO, R.; BUENO, M.; HERRERO, M. Sub- and supercritical fluid extraction of bioactive compounds from plants, food-by-products, seaweeds and microalgae – An update. **TrAC - Trends in Analytical Chemistry**, [s. l.], v. 116, p. 198–213, 2019.

GIL-CHÁVEZ, G. J.; VILLA, J. A.; FERNANDO AYALA-ZAVALA, J.; BASILIO HEREDIA, J.; SEPULVEDA, D.; YAHIA, E. M.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Technologies for Extraction and Production of Bioactive Compounds to be Used as Nutraceuticals and Food Ingredients: An Overview. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 5–23, 2013.

HAMINIUK, C. W. I.; PLATA-OVIEDO, M. S. V.; GUEDES, A. R.; STAFUSSA, A. P.; BONA, E.; CARPES, S. T. Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 46, n. 7, p. 1529–1537, 2011.

HENTZ, R. **Otimização da extração de antocianinas da casca da jabuticaba (Myrciaria Cauliflora) e avaliação da capacidade antioxidante**. Dissertação (em Engenharia de Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS, Brasil, 2015.

JIANG, T.; ZHAN, S.; LI, S.; ZHU, Z.; HE, J.; LORENZO, J. M.; BARBA, F. J. From ‘green’ technologies to ‘red’ antioxidant compounds extraction of purple corn: a combined ultrasound–ultrafiltration–purification approach. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 98, n.

13, p. 4919–4927, 2018.

LAMEIRÃO, F.; PINTO, D.; VIEIRA, E. F.; PEIXOTO, A. F.; FREIRE, C.; SUT, S.; DALL'ACQUA, S.; COSTA, P.; DELERUE-MATOS, C.; RODRIGUES, F. Green-sustainable recovery of phenolic and antioxidant compounds from industrial chestnut shells using ultrasound-assisted extraction: Optimization and evaluation of biological activities in vitro. **Antioxidants**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 1–19, 2020.

LEITE-LEGATTI, A. V.; BATISTA, A. G.; DRAGANO, N. R. V.; MARQUES, A. C.; MALTA, L. G.; RICCIO, M. F.; EBERLIN, M. N.; MACHADO, A. R. T.; DE CARVALHO-SILVA, L. B.; RUIZ, A. L. T. G.; DE CARVALHO, J. E.; PASTORE, G. M.; MARÓSTICA, M. R. Jaboticaba peel: Antioxidant compounds, antiproliferative and antimutagenic activities. **Food Research International**, [s. l.], v. 49, n. 1, p. 596–603, 2012.

LENQUISTE, S. A.; MARINELI, R. da S.; MORAES, É. A.; DIONÍSIO, A. P.; BRITO, E. S. De; MARÓSTICA, M. R. Jaboticaba peel and jaboticaba peel aqueous extract shows in vitro and in vivo antioxidant properties in obesity model. **Food Research International**, [s. l.], v. 77, p. 162–170, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.023>>

MIRANDA, B. M. **Extração de Bioativos da Casca de Jaboticaba: Pectina e Antocianinas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Goiânia, Brasil, 2019.

NAZIR, A.; KHAN, K.; MAAN, A.; ZIA, R.; GIORNO, L.; SCHROËN, K. Membrane separation technology for the recovery of nutraceuticals from food industrial streams. **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 86, p. 426–438, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.049>>

OANCEA, S.; STOIA, M.; COMAN, D. Effects of extraction conditions on bioactive anthocyanin content of *Vaccinium corymbosum* in the perspective of food applications. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 42, n. August, p. 489–495, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.440>>

PATIL, G.; MADHUSUDHAN, M. C.; RAVINDRA BABU, B.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Extraction, dealcoholization and concentration of anthocyanin from red radish. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, [s. l.], v. 48, n. 1, p. 364–369, 2009.

PAULETTO, F. B. **Extração e encapsulamento de pigmentos da casca de jaboticaba sabará (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) O. Berg)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS, Brasil, 2016.

PIES, G. **Tecnologia supercrítica aplicada à obtenção de extratos ricos em compostos fenólicos a partir de casca de jaboticaba *Plinia trunciflora* (O. Berg) Kausel**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, 2017.

PLAZA, M.; BATISTA, Â. G.; CAZARIN, C. B. B.; SANDAHL, M.; TURNER, C.; ÖSTMAN, E.; MARÓSTICA JÚNIOR, M. R. Characterization of antioxidant polyphenols from Myrciaria jaboticaba peel and their effects on glucose metabolism and antioxidant status: A pilot clinical study. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 211, p. 185–197, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.142>>

QUATRIN, A.; PAULETTO, R.; MAURER, L. H.; MINUZZI, N.; NICHELLE, S. M.; CARVALHO, J. F. C.; MARÓSTICA, M. R.; RODRIGUES, E.; BOCHI, V. C.; EMANUELLI, T. Characterization and quantification of tannins, flavonols, anthocyanins and matrix-bound polyphenols from jaboticaba fruit peel: A comparison between Myrciaria trunciflora and M. jaboticaba. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 78, n. June 2018, p. 59–74, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.01.018>>

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>>

SANTOS, D. T.; VEGGI, P. C.; MEIRELES, M. A. A. Extraction of antioxidant compounds from Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) skins: Yield, composition and economical evaluation. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 101, n. 1, p. 23–31, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.06.005>>

TORRES-VALENZUELA, L. S.; BALLESTEROS-GÓMEZ, A.; RUBIO, S. Green Solvents for the Extraction of High Added-Value Compounds from Agri-food Waste. **Food Engineering Reviews**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 83–100, 2020.

TROJANOWSKA, A.; TSIBRANSKA, I.; DZHONOVA, D.; WROBLEWSKA, M.; HAPONSKA, M.; JOVANCIC, P.; MARTURANO, V.; TYLKOWSKI, B. Ultrasound-assisted extraction of biologically active compounds and their successive concentration by using membrane processes. **Chemical Engineering Research and Design**, [s. l.], v. 147, p. 378–389, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cherd.2019.05.018>>

TURTURICĂ, M.; STĂNCIUC, N.; MUREAN, C.; RÂPEANU, G.; CROITORU, C. Journal of Food Quality Thermal Degradation of Plum Anthocyanins: Comparison of Kinetics from Simple to Natural Systems. **Journal of Food Quality**, [s. l.], v. 2018, 2018.

VEGGI, P. C.; SANTOS, D. T.; MEIRELES, M. A. A. Anthocyanin extraction from Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) skins by different techniques: economic evaluation. **Procedia Food Science**, [s. l.], v. 1, p. 1725–1731, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.254>>

YAHYA, N. A.; ATTAN, N.; WAHAB, R. A. An overview of cosmeceutically relevant plant extracts and strategies for extraction of plant-based bioactive compounds. **Food and Bioprocess Processing**, [s. l.], v. 112, p. 69–85, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.09.002>>

ZHANG, Y. L.; FANG, Z. Z.; YE, X. F.; PAN, S. L. Identification of candidate genes involved in

anthocyanin accumulation in the peel of jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) fruits by transcriptomic analysis. **Gene**, [s. l.], v. 676, n. July, p. 202–213, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.gene.2018.07.039>>