



Área: Tecnologia de Alimentos

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

Bruna Seguenka*, Natália Ambrósio, Thais Feiden, Juliana Steffens, Eunice Valduga

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

*E-mail: brunaseguenka@hotmail.com

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 flavonoides 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 flavonoides 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 flavonoides nas condições próximas de 48 °C e 75 min de extração.

Palavras-chave: Antioxidantes. Compostos fenólicos. Planejamento experimental. Subproduto. Ultrassom.

1 INTRODUÇÃO

A valorização de subprodutos para obter compostos de alto valor agregado tem sido o foco de uma extensa pesquisa na última década (TORRES-VALENZUELA; BALLESTEROS-GÓMEZ; RUBIO, 2020). Por razões econômicas, as fontes preferidas são os coprodutos do processamento de frutas e hortaliças, pois são baratos e possuem compostos bioativos de interesse (RENARD, 2018).

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 (PLAZA et al., 2016; QUATRIN et al., 2019).

Os flavonoides são encontrados em vegetais, sementes, frutas e bebidas. Mais de 7000 flavonoides foram identificados e considerados substâncias com uma ação benéfica para a saúde humana, particularmente de múltiplos efeitos positivos devido à sua ação antioxidante e de eliminação de radicais livres (CHÁVEZ-GONZÁLEZ et al., 2020).

Os flavonoides isoquercitrina, quercetrina, quercitrina, mirricitrina, quercitina e rutina foram identificadas na *Myrciaria cauliflora* (VASCO; RUALES; KAMAL-ELDIN, 2008; RUFINO et al., 2010). Flavonoides como rutina, quercetina e isoquercetina são considerados inibidores da α -glucosidase. A inibição da α -glucosidase impede a absorção de glicose e consequentemente reduz os níveis de glicose no sangue pós-prandial. Dessa forma, a jabuticaba possui ação antidiabética pela presença destes compostos (CARO-ORDIERES et al., 2020).

Há o interesse da extração de compostos bioativos das cascas da jabuticaba (RODRIGUES et al., 2015) e no desenvolvimento de novos produtos com propriedades antioxidantes (MAZZARINO et al., 2018). A indústria farmacêutica prevê um futuro promissor do uso de flavonoides em doenças inflamatórias, aumentando a porcentagem de pureza dos compostos, otimizando sua formulação, a fim de obter maior estabilização in vivo e visar a biodisponibilidade tecidual, prolongando seu efeito terapêutico (CARO-ORDIERES et al., 2020). Atualmente os agentes antioxidantes sintéticos mais usados como hidroxitolueno butilado e hidroxianisole butilado foram associados a efeitos prejudiciais à saúde humana. Portanto, a busca por antioxidantes eficazes e não tóxicos de origem natural é altamente desejável (MAZZARINO et al., 2018).

Mas para que possam ser usadas como aditivos alimentares, esses compostos exigem um processamento de extração e matéria-prima disponível (VIEIRA et al., 2018). 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 modernas de extração verdes e economicamente viáveis. 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 modernas, 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). Quando o US é aplicado à superfície dos materiais, as bolhas de cavitação colapsam assimetricamente e geram um micro jato rápido em direção à superfície dos materiais. O micro jato produzido pelo colapso de bolhas de cavitação que causa a descamação da superfície, a erosão, a quebra das paredes celulares e a exsudação do conteúdo celular, de modo que vários compostos podem ser extraídos de plantas naturais (WEN et al., 2018; MACHADO et al., 2019) e aumentando o rendimento de extração quando comparado ao método tradicional (TROJANOWSKA et al., 2019).

A capacidade antioxidante e o perfil de compostos bioativos 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 maximizar a extração de flavonoides.

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 de umidade próximos a 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 flavonoides 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 °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 flavonoides ($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$).

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 maximizar a extração.

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 flavonoides de cada amostra foi determinado pelo método espectrofotométrico (GARRIDO; ORTIZ; POZO, 2013). Uma alíquota de 0,5 mL das amostras, diluídas 1:5 (v/v) foram transferidas para tubos de ensaio, onde adicionou-se 4,3 mL de etanol a 70 % (v/v), 0,1 mL de nitrato de alumínio a 10 % (m/v) e 0,1 mL de acetato de potássio a 10 % (m/v). O branco foi realizado com etanol 70 % e nitrato de alumínio 10 %. As amostras permanecem em repouso por 40 min, ao abrigo da luz, a 22°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (marca PRÓ-ANÁLISE, modelo UV-1600 Epectrophotometer) a 415 nm. A quantificação foi baseada em curva padrão de quercetina (10 a 200 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ de quercetina) e os resultados foram expressos em mg equivalente de quercetina por 100 g de extrato seco.

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 flavonoides ($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$) obtidas a partir da extração por US. A maior concentração de flavonoides foi de 945,21 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ (Ensaio 3), com tempo de extração de 30 min e temperatura de 48 °C.



Tabela 1 - Matriz do delineamento composto central rotacional (DCCR) 2² (valores codificados e reais) e resposta em flavonoides totais.

Ensaio	VARIÁVEIS INDEPENDENTES*		RESPOSTA
	X ₁	X ₂	Flavonoides (mg.100g ⁻¹)
1	-1 (30)	-1 (22)	333,51
2	+1 (120)	-1 (22)	429,26
3	-1 (30)	+1 (48)	945,21
4	+1 (120)	+1 (48)	923,94
5	0 (75)	0 (35)	664,63
6	0 (75)	0 (35)	657,54
7	0 (75)	0 (35)	661,85
8	-1,41 (11,55)	0 (35)	388,15
9	+1,41 (138)	0 (35)	638,15
10	0 (75)	-1,41 (16,67)	374,14
11	0 (75)	+1,41 (53,3)	796,55

*X₁= tempo (min), X₂= Temperatura (°C). Variáveis independentes fixas: concentração massa:etanol pH 1,0 (1:25 g:ml), granulometria da casca de jabuticaba (1,00 mm - 16 Mesh) e potência do ultrassom (52,8 W).

Os resultados dos flavonoides (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 flavonoides 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.

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

	Efeitos	Erro padrão	t(2)	p
Média	660,90	2,06	320,66	0,000010
(1) Tempo (min) (L)*	107,06	2,52	42,34	0,000557
Tempo (Q)	-93,61	3,01	-31,03	0,001037
(2) Temperatura (°C) (L)*	426,76	2,52	168,81	0,000035
Temperatura (Q)	-20,98	3,01	-6,95	0,020041
1L,2L	-58,51	3,56	-16,38	0,003702

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

$$F = 660,90 + 53,53X_1 - 46,80X_1^2 + 213,38X_2 - 10,49X_2^2 - 29,25X_1 \cdot X_2 \quad (1)$$

Onde, F: Flavonoides (mg.100 g⁻¹), X₁: tempo (min) e X₂: Temperatura (°C).

Analisando a superfície de resposta e curvas de contorno (Figura 1) verifica-se a existência de uma região ótima para extração de flavonoides, próxima a 75 min e temperatura maior que 48 °C. A faixa ótima de temperatura para extração dos flavonoides 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 flavonoides. Desta forma, novos ensaios foram realizados empregando maiores temperaturas (48, 55, 60 e 65 °C) e fixando o tempo (75 min), sendo que os teores de flavonoides são apresentados na Tabela 3. Observou-se que o aumento da temperatura reduziu o teor de flavonoides, sendo que na temperatura de 55 °C a concentração de flavonoides foi 41 % 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.



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

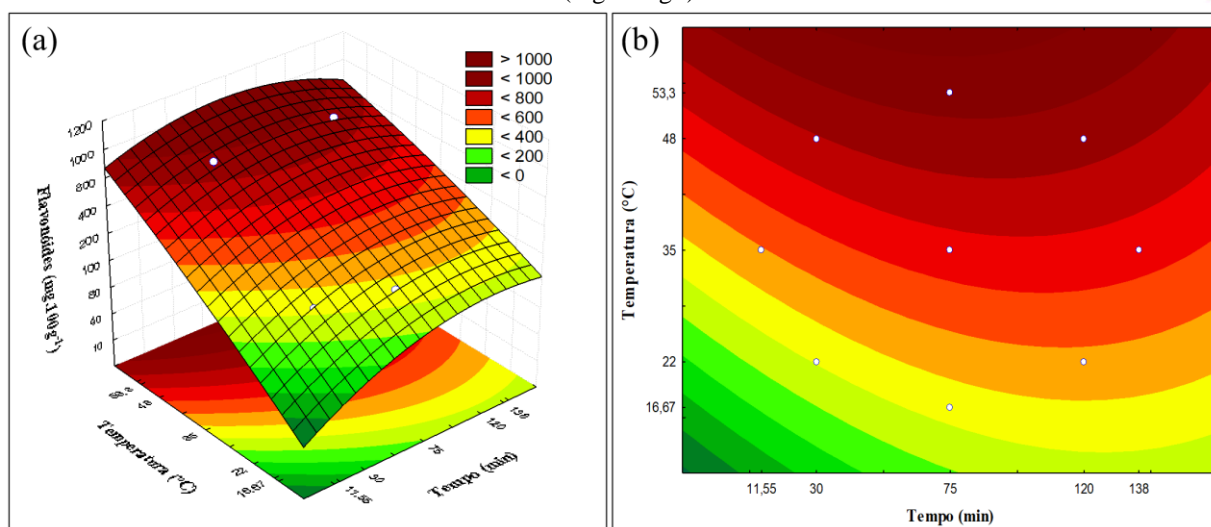


Tabela 3 – Teor de flavonoides obtidos na extração assistida por ultrassom nas temperaturas de 48, 55, 60 e 65 °C e tempo de 75 min.

Temperatura (°C)	Flavonoides** ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)
48*	945,21 ^a ± 3,76
55	557,32 ^b ± 2,16
60	359,76 ^d ± 3,29
65	457,46 ^c ± 1,52

*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.

A quercetina é um dos flavonoides presentes na casca da jabuticaba (CARO-ORDIERES et al., 2020). A degradação térmica da quercetina foi estudada por Wang; Zhao (2016), com valores de $0,245\text{ h}^{-1}$ a 50 °C e $1,42\text{ h}^{-1}$ a 65 °C (pH 6,8), indicando que na temperatura de 65 °C, a taxa de degradação foi 6 vezes maior que à 50 °C.

Haminiuk et al. (2011) para extrair compostos fenólicos da jabuticaba, aplicaram o método convencional por agitação em um misturador rotativo e extraíram apenas $31,6\text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, uma concentração de flavonoides quase 97 % menor que ao obtido no presente estudo ($945,21\text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), indicando que o sistema ultrassônico é eficaz na extração de compostos fenólicos.

Lenquiste et al. (2015) utilizando 70 % de metanol e tempo de sonicação de 10 min, na extração de flavonoides da casca da jabuticaba, obteve uma concentração de flavonoides de $759,00\text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, uma concentração aproximadamente 33 % inferior aos resultados do presente estudo ($945,21\text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$).

O uso de etanol acidificado (pH 1,0) como solvente auxiliou no aumento da taxa de extração de flavonoides. Segundo Anand David; Arulmoli; Parasuraman (2016) a quercetina é insolúvel em água fria, pouco solúvel em água quente e altamente solúvel em álcool e lipídios. Buchner et al. (2006) demonstraram que ocorre uma forte degradação de flavonoides sob condições básicas e oxidativas fracas, também, identificaram que em pH ácido, os flavonoides mantêm-se estáveis e resistentes à degradação térmica. Segundo Momić et al. (2007), a quercetina, um dos flavonoides majoritários da casca de jabuticaba, encontra-se na sua forma neutra ou com carga elétrica positiva, em pH inferior a 5,0. Altemimi et al. (2017) ressaltam que os solventes utilizados na extração devem ter a mesma polaridade do soluto de interesse.

4 CONCLUSÃO

A máxima extração de flavonoides da casca da jabuticaba obtida por processo assistido com ultrassom foi de $945,21\text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, 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.

5 AGRADECIMENTOS



Agradecimentos à URI Erechim, CAPES, CNPq e FAPERGS pelo apoio financeiro.

6 REFERÊNCIAS

- ALTEMIMI, A. et al. Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts. **Plants**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 42, 2017.
- 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.
- ANAND DAVID, A. V.; ARULMOLI, R.; PARASURAMAN, S. Overviews of biological importance of quercetin: A bioactive flavonoid. **Pharmacognosy Reviews**, [s. l.], v. 10, n. 20, p. 84–89, 2016.
- AZMIR, J. et al. 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. et al. 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. et al. Influence of different types of acids and pH in the recovery of bioactive compounds in Jaboticaba peel (*Plinia cauliflora*). **Food Research International**, [s. l.], n. January, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.010>>
- BUCHNER, N. et al. Effect of thermal processing on the flavonols rutin and quercetin. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, [s. l.], v. 20, p. 3229–3235, 2006. Disponível em: <<https://doi.org.ez116.periodicos.capes.gov.br/10.1002/rcm.2720>>
- CARO-ORDIERES, T. et al. The Coming Age of Flavonoids in the Treatment of Diabetic Complications. **Journal of Clinical Medicine**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 346, 2020.
- CHÁVEZ-GONZÁLEZ, M. L. et al. Conventional and Emerging Extraction Processes of Flavonoids. **Processes**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 434, 2020.
- ESCLAPEZ, M. D. et al. 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.
- GARRIDO, G.; ORTIZ, M.; POZO, P. Fenoles y flavonoides totales y actividad antioxidante de extractos de hojas de *Lampaya medicinalis* F. Phil. **Journal of Pharmacy and Pharmacognosy Research**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 30–38, 2013.
- GIL-CHÁVEZ, G. J. et al. 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. et al. 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.
- HE, B. et al. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from blueberry (*Vaccinium ashei*) wine pomace. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 204, p. 70–76, 2016.
- HENTZ, R. **Otimização da extração de antocianinas da casca da jaboticaba (*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.
- LAMEIRÃO, F. et al. 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.
- LENQUISTE, S. A. et al. 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>>
- MACHADO, A. P. D. F. et al. Extraction of polyphenols and antioxidants from pomegranate peel using ultrasound: influence of temperature, frequency and operation mode. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 54, n. 9, p. 2792–2801, 2019.
- MAZZARINO, L. et al. Jaboticaba (*Plinia peruviana*) extract nanoemulsions: development, stability, and in vitro antioxidant activity. **Drug Development and Industrial Pharmacy**, [s. l.], v. 44, n. 4, p. 643–651, 2018.
- MOMIĆ, T. et al. Protolytic equilibria and photodegradation of quercetin in aqueous solution. **Collection of Czechoslovak Chemical Communications**, [s. l.], v. 72, n. 11, p. 1447–1460, 2007.
- PATIL, G. et al. 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.



- PLAZA, M. et al. 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. et al. 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, Wu n. June 2018, p. 59–74, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.01.018>>
- RENARD, C. M. G. C. Extraction of bioactives from fruit and vegetables: State of the art and perspectives. **Lwt**, [s. l.], v. 93, n. March, p. 390–395, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.063>>
- RODRIGUES, S. et al. Ultrasound extraction of phenolics and anthocyanins from jaboticaba peel. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 69, p. 400–407, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.059>>
- RUFINO, M. do S. M. et al. 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. et al. 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>>
- VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 111, n. 4, p. 816–823, 2008.
- VIEIRA, G. S. et al. Influence of nanofiltration membrane features on enrichment of jussara ethanolic extract (*Euterpe edulis*) in anthocyanins. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 226, p. 31–41, 2018.
- WANG, J.; ZHAO, Xi. H. Degradation kinetics of fisetin and quercetin in solutions affected by medium pH, temperature and co-existing proteins. **Journal of the Serbian Chemical Society**, [s. l.], v. 81, n. 3, p. 243–253, 2016.
- WEN, C. et al. Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops – A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [s. l.], v. 48, p. 538–549, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.07.018>>
- WU, S. B.; LONG, C.; KENNELLY, E. J. Phytochemistry and health benefits of jaboticaba, an emerging fruit crop from Brazil. **Food Research International**, [s. l.], v. 54, n. 1, p. 148–159, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.021>>
- 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 Bioproducts Processing**, [s. l.], v. 112, p. 69–85, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.09.002>>