



EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM DE COMPOSTOS FENÓLICOS DA CASCA DE BOCAIUVA (*ACROCOMIA ACULEATA*)

Ultrasound-assisted extraction of compounds Phenolics from bocaiuva peel (Acrocomia aculeata)

Bruno Marques GOMES¹, Luan Gustavo dos SANTOS², Gisele Fernanda da SILVA², Vilásia Guimarães MARTINS^{1,2}

RESUMO

A palmeira de bocaiuva (*Acrocomia aculeata*) é uma espécie nativa das florestas tropicais, comumente encontrada no cerrado brasileiro, onde, o interesse econômico é voltado à exploração de seus frutos. A casca da bocaiuva representa 20% da massa total do fruto e pode ser considerada como um resíduo de grande potencial alimentar devido à presença de compostos bioativos. A técnica de ultrassom é amplamente aplicada em processos de extração, de modo a reduzir o tempo e custo de extração dos compostos bioativos de matriz vegetal. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência do tempo de extração dos compostos fenólicos da casca de bocaiuva aplicando a técnica assistida de ultrassom. Para isso, as cascas da bocaiuva foram secas e moídas em mesh 42, homogeneizadas em álcool etílico 50%, obtendo os extratos fenólicos a partir da exposição da mistura em um banho ultrassônico em diferentes tempos de extração (15, 30, 45 e 60 min). Os extratos foram avaliados quanto aos teores de compostos fenólicos totais e, a atividade antioxidante, determinada pelos métodos de ABTS e DPPH. Assim, foi observado que o extrato obtido em 45 min de exposição ao ultrassom apresentou maior teor de compostos fenólicos (5,46 mg EAG.g⁻¹) e, conseqüentemente, atividades antioxidantes de 83,89 mg TEAC.g⁻¹ e 99,24 mg TEAC.g⁻¹ pelos métodos ABTS e DPPH, respectivamente. A partir dos resultados obtidos neste estudo, foi possível determinar que o tempo ideal para a extração de compostos fenólicos da casca de bocaiuva por meio do ultrassom é de 45 min.

Palavras-chave: Compostos bioativos. Atividade antioxidante. Resíduo de alimentos. Biodiversidade.

ABSTRACT

Bocaiuva palm (*Acrocomia aculeata*) is a specie native from tropical forests, commonly found in the Brazilian cerrado, where the economic interest is focused on the exploration of its fruits. The peel of bocaiuva represents 20% of the total mass of the fruit and can be considered as a residue of great food potential due to the presence of bioactive compounds. The ultrasound technique is widely applied in extraction processes, in order to reduce the time and cost of extraction of bioactive compounds from plant matrix. The present work aims to evaluate the influence of the extraction time of the phenolic compounds from the bocaiuva peel using the assisted ultrasound technique. For this, the peels of bocaiuva were dried and ground in mesh 42, homogenized in 50% ethyl alcohol, obtaining the phenolic extracts from the exposure of the mixture in an ultrasonic bath at different extraction times (15, 30, 45 and 60 min). The extracts were evaluated for the contents of total phenolic compounds and, the antioxidant activity, determined by the ABTS and DPPH methods. Thus, it was observed that the extract obtained in 45 min of exposure to ultrasound had a higher content of phenolic compounds (5.46 mg EAG.g⁻¹) and, consequently, antioxidant activities of 83.89 mg TEAC.g⁻¹ and 99.24 mg TEAC.g⁻¹ by ABTS and DPPH methods, respectively. From the results obtained in this study, it was possible to determine that the ideal time for the extraction of phenolic compounds from the bocaiuva bark using ultrasound is 45 min.

Key words: Bioactive compounds. Antioxidant activity. Food waste. Biodiversity.

* Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/04/2021; aprovado em 05/06/2021

¹ Universidade Federal do Rio Grande, Furg, Rio Grande, gbruno95@gmail.com

² Universidade Federal do Rio Grande, Furg, luan_ocz@live.com

³ Universidade Federal do Rio Grande, Furg, giferalves@hotmail.com

² Universidade Federal do Rio Grande, Furg, vilasiamartins@gmail.com

INTRODUÇÃO

Partindo do contexto social e custo produtivo, sabe-se que o desperdício e a geração de resíduo de alimentos estão entre um dos maiores problemas enfrentados pelo Brasil (REVELLO, 2014). Milhões de toneladas de alimentos são produzidos anualmente gerando grandes quantidades de resíduos, os quais, podem ser aplicados na elaboração de novos produtos voltados a alimentação humana, devido ao seu grande potencial alimentar (GONDIN et al., 2005). O cerrado brasileiro é um dos biomas que apresenta maior biodiversidade do mundo, o qual, representa cerca de 23% do território nacional (REIS; SCHMIELE, 2019). A palmeira de bocaiuva (*Acrocomia aculeata*) é uma espécie nativa das florestas tropicais, comumente cultivada nas regiões do cerrado brasileiro, onde, o principal interesse econômico é voltado à exploração de seus frutos (SOUZA et al., 2018).

A determinação e quantificação dos compostos fenólicos da casca de bocaiuva é de grande relevância uma vez que a mesma apresenta propriedades antioxidantes. Os frutos da bocaiuva, que, também é conhecido como macaúba, são do tipo circular com diâmetro de 2,5 a 5,0 cm, carnosos e de coloração que varia do amarelo ao alaranjado (VIEIRA et al., 2012). Sua composição é de um mesocarpo mucilaginoso e fibroso, endocarpo duro e denso presente em torno da polpa (SANJINEZ-ARGANDOÑA E CHUBA, 2011).

Os frutos apresentam aproximadamente 20% de casca, 40% de polpa, 33% de endocarpo e 7% de amêndoa (MORAIS et al., 2017). Segundo Zanatta (2015) na casca de bocaiuva encontra-se grande quantidade de compostos fenólicos e tetraterpenos, como o β -caroteno. De acordo com Damodaran e Parkin (2018) o β -Caroteno é um carotenoide que tem ação antioxidante por meio da desativação do oxigênio singlete, radical hidroxila e superóxido, assim como por reação com o radical peroxil.

Por outro lado, os compostos fenólicos apresentam um papel vital na saúde e nutrição humana, prevenindo doenças degenerativas, sendo precursor da vitamina A (SULERIA et al., 2020). Estes compostos apresentam mais de 8.000 mil estruturas químicas, sendo caracterizados de acordo com a sua conformação de grupos hidroxilas e ligações a anéis aromáticos onde, destaca-se, os fenóis simples, ácidos fenólicos e os flavonoides devido às suas atividades bioativas (BEHLING et al., 2004). Estes compostos bioativos são responsáveis por regular as funções estruturais, crescimento e pigmentos de plantas, auxiliando na proteção ao ataque de diversos patógenos (ANGELO; JORGE, 2007).

A extração dos compostos fenólicos pode ser realizada a partir de diversos métodos, tais como aquecimento, fervura, refluxo e maceração (ANAYA-ESPARZA et al., 2018). Porém, métodos convencionais demandam de grande tempo de extração, gerando oxidações dos compostos pela exposição a temperatura, luz e oxigênio, reduzindo os teores destes biocompostos e ineficiência ao fim da extração (BHUYAN, BASU, 2017). Tecnologias verdes, como a assistida por ultrassom, vêm demonstrando grande eficácia na extração de compostos fenólicos de matriz vegetal (LI et al., 2019). O ultrassom é uma tecnologia que tem como fundamento a aplicação de ondas ultrassônicas, provocando um processo de cavitação, formação e colapso de bolhas na parede celular de

matérias, aumentando a taxa de extração de compostos em curtos períodos de tempo (FLORES- JIMÉNEZ et al., 2019).

Além dos fatores que interferem na extração, como temperatura, pressão e solvente, uma melhor recuperação de compostos bioativos pode ser obtida por meio da otimização de parâmetros referentes ao funcionamento do ultrassom, tais como frequência, potência, distribuição das ondas ultrassônicas e tempo de extração (WANG e WELLER, 2006). O estudo de Liu et al. (2013) na avaliação de extração de compostos fenólicos de cascas de *Euryale ferox* utilizando ultrassom, demonstraram que o tempo de extração de 20 min obteve percentual de extração de 13,5% de biocompostos, enquanto o tempo de 30 min apresentou teores de apenas 9,0%, demonstrando que um menor tempo de extração via ultrassom, apresenta extração mais eficiente dos compostos fenólicos em relação a tempos mais prolongado de exposição.

Portanto, o presente estudo tem por objetivo obter extratos hidroalcóolicos da casca de bocaiuva em banho de ultrassom em intervalos de 15, 30, 45 e 60 min de exposição, avaliando seus conteúdos de compostos fenólicos totais e atividades antioxidantes pelos métodos ABTS e DPPH, determinando o tempo ideal para a extração dos biocompostos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de bocaiuva foram cedidos por comerciantes da região de Campo Grande – MS, os quais foram direcionados ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) da Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Estes então foram despulpados manualmente, separando a casca da polpa (Figura 1). Em seguida, as cascas foram dispostas em bandejas e secas em estufa de circulação de ar por 24 h a 45°C. Por fim, as cascas secas foram submetidas ao processo de moagem em blender até mesh 42, obtendo-se a farinha da casca de bocaiuva (FCB).

Figure 1. Representação do fruto inteiro (A) casca (B) e polpa (C) da bocaiuva



OBTENÇÃO DOS EXTRATOS

Os extratos da casca de bocaiuva foram obtidos utilizando o solvente etanol etílico 50% (v/v) na proporção 1:40 (m:v). Resumidamente, tubos de ensaio contendo FCB e solvente extrator foram imersos em banho ultrassônico (Q1.8/40, ECO-SONICS) com temperatura controlada de 25°C e frequência ultrassônica padrão de 40KHZ. A extração foi realizada em triplicata e nos intervalos de 15 (T15), 30 (T30), 45 (T45) e 60 (T60) min. Após a extração em banho ultrassônico, a solução obtida foi filtrada em papel filtro e o sobrenadante obtido, armazenado sob refrigeração (5°C). Os extratos foram analisados no mesmo dia da extração.

DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS

A determinação de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com Singleton et al. (1999) onde, uma alíquota de 0,5 mL de extrato foi homogeneizada em tubos contendo 2,5 mL de carbonato de sódio 7% (m/v) e 2,0 mL de Folin-Ciocalteu 10% (v/v). Posteriormente, a solução foi incubada por 15 min a 45°C e obtida a absorvância a 760 nm em espectrofotômetro (KASUAKI, IL592). O teor de compostos fenólicos totais foi determinado através de uma curva padrão de ácido gálico (0 a 65 µg mL⁻¹).

CAPACIDADE DO SEQUESTRO DE RADICAL ABTS⁺ E DPPH

A capacidade do sequestro do radical ABTS⁺ (2,2'-azinobis-3etilbenzoatiazolina-6-ácido sulfônico) foi obtido pelo método espectrofotométrico conforme Torres et al. (2017), onde, alíquotas de 20 µL do extrato e 280 µL da solução do radical ABTS⁺ foram dispostas em microplacas e incubadas por 30 min a 35°C. Por meio de leitora de microplaca Polaris (Celer Biotecnologia S/A), foram determinadas as absorvâncias das amostras no comprimento de onda de 734 nm.

A avaliação do potencial de sequestro do radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) dos extratos da FCB foram determinados conforme metodologia descrita por Pires et al. (2017). Então, foi homogeneizado 20 µL do extrato da casca de bocaiuva em 280 µL da solução de DPPH (80 µM) em poços de leitora de microplaca, sendo incubada por 30 min a 35°C e lida a 734 nm.

Os resultados da capacidade antioxidante dos extratos de bocaiuva pelas técnicas ABTS e DPPH foram expressas por mg equivalente ao Trolox por g de FCB (mg TEAC.g⁻¹) através de uma curva padrão de Trolox com concentrações de 0 a 12 µM. mL⁻¹.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

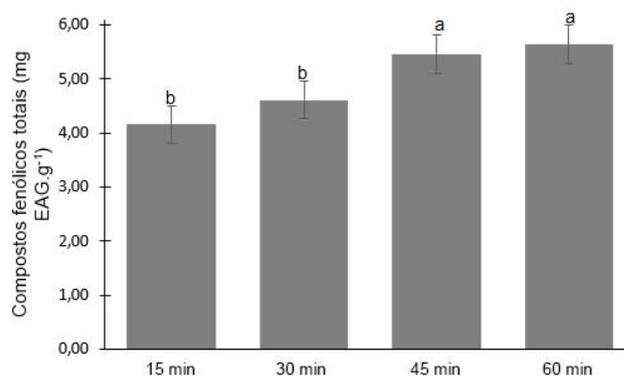
Todos os experimentos foram elaborados em triplicata e os resultados submetidos à Análise de Variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey com nível de 95% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os teores de compostos fenólicos totais encontrados nos extratos da casca de bocaiuva em diferentes tempos de extração. É possível observar que os

extratos T15 e T30 não apresentam diferença estatística entre si ($p > 0,05$), sendo os extratos com menores teores de compostos fenólicos totais (4,16 e 4,61 mg EAG.g⁻¹, respectivamente). No entanto, os extratos obtidos durante 45 e 60 min apresentaram os maiores teores destes biocompostos, sendo 5,46 mg EAG.g⁻¹ para T45 e 5,64 mg EAG.g⁻¹ para T60. Além disso, T45 e T60 não apresentaram diferença estatística entre si ($p > 0,05$), podendo afirmar que, dentro da faixa de tempo de extração avaliada neste estudo, 45 min é o tempo suficiente para a extração dos compostos fenólicos totais da FCB.

Figure 2. Conteúdo de compostos fenólicos totais



Fonte: Próprio autor

Em extratos hidroalcoólicos da amêndoa e polpa de bocaiuva obtidos por extração convencional em shaker por 60 min, Aragão (2014) obteve teores de compostos fenólicos totais entre 1,94 e 6,45 mg EAG.g⁻¹. Já o extrato da polpa de bocaiuva obtido por agitador automático durante 60 min por, Rocha et al. (2013) apresentou teores de compostos fenólicos totais de 6,08 mg EAG.g⁻¹. Salienta-se que o percentual de compostos fenólicos presente em matérias vegetais da mesma cultivar pode variar de região e tempo de maturação (BEHLING et al., 2004).

Assim, a casca de bocaiuva, um resíduo alimentício, apresenta teores de compostos fenólicos similares a produtos de maior valor, tais como, a amêndoa e a polpa do fruto. Além disso, a extração por ultrassom foi efetiva, já que reduziu o tempo de extração em 15 min, quando comparado a outras técnicas de extração relatadas na literatura.

A extração de compostos bioativos por meio da aplicação do ultrassom se deve as modificações provocadas no meio extrator. Estas modificações são promovidas pelas ondas ultrassônicas a qual promove a cavitação, formando bolhas que, ao entrar em colapso em matrizes, provoca a quebra da membrana celular, aumentando a difusão e exposição dos compostos do interior da matéria (FLORES-JIMÉNEZ et al., 2019).

Em relação a atividade antioxidante dos extratos, a Tabela 1 apresenta a capacidade antioxidante dos extratos da FCB pelos métodos de captura do radical ABTS e DPPH. Observa-se que em relação ao método ABTS, a extração de 60 min apresentou a maior capacidade antioxidante, mostrando que os extratos T60 apresentam maiores teores de compostos hidrofílicos e lipofílicos, em relação aos demais extratos, visto que estes compostos apresentam maior interação com o radical ABTS (SUCUPIRA, et al., 2012).

Por outro lado, a capacidade antioxidante obtida pelo método de DPPH, apresentou valores superiores em todos os extratos quando comparados aos de ABTS. Isso ocorre devido a extração dos compostos bioativos serem realizados em meio orgânico, auxiliando na extração de compostos lipofílicos, os quais, são mais reativos com o radical DPPH.

Segundo Zanatta (2015) e Rocha (2013), o β -caroteno é um dos principais micronutrientes presentes na composição do fruto bocaiuva, o qual, apresenta funções antioxidantes e, principalmente, atua como precursor da vitamina A. Vale ressaltar que de acordo com método de DPPH, os extratos T45 e T60 apresentaram as maiores capacidade antioxidantes, não apresentando diferença significativa entre si ($p > 0,05$), comportamento decorrente dos maiores teores de compostos fenólicos presentes nestes extratos.

Portanto, relacionando o tempo de extração com os teores de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante de cada extrato da FCB, presume-se que T45 é o extrato que apresenta maiores teores de compostos fenólicos totais, melhores atividades antioxidantes e adequado tempo e/ou custo de extração assistida por ultrassom.

Tabela 1 – Determinação do sequestro do radical ABTS e DPPH dos extratos de FCB.

Extrato	ABTS	DPPH
	(mg TEAC.g ⁻¹)	(mg TEAC.g ⁻¹)
15 min	83,13 ± 1,29 ^b	97,98 ± 0,64 ^b
30 min	81,13 ± 1,59 ^b	96,94 ± 1,84 ^b
45 min	83,89 ± 1,81 ^b	99,24 ± 0,29 ^a
60 min	89,87 ± 2,37 ^a	102,57 ± 2,10 ^a

Fonte: Próprio autor

CONCLUSÕES

- Os extratos obtidos pela exposição ao ultrassom durante 45 min e 60 min apresentam maior quantidade de compostos fenólicos;
- O tempo de 45 min pode proporcionar maior capacidade antioxidante em menor tempo de extração, ou seja, melhor custo-benefício.

REFERÊNCIAS

ANAYA-ESPARZA, L. M.; RAMOS-AGUIRRE, D.; ZAMORA-GASGA, V. M.; YAHIA, E.; MONTALVO-GONZÁLEZ, E. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from *Justicia spicigera* leaves. *Food Science and Biotechnology*, 27(4), 1093–1102, 2012.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: Uma breve revisão. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 66(1), 1–9, 2007.

ARAGÃO, T. F. Caracterização centesimal, potencial antioxidante e compostos fenólicos da polpa e amêndoa. 2014. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em

Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

BEHLING, E. B.; SENDÃO, M. C.; FRANCESCATO, H. D. C.; ANTUNES, L. M. G.; BIANCHI, M. de L. P. Flavonoide quercetina: Aspectos gerais e ações biológicas. *Alimento e nutrição*, 15(3), 285–292, 2004.

BHUYAN, D. J.; BASU, A. Phenolic Compounds Potential Health Benefits and Toxicity. In Quan V. Vuong (Ed.), *Utilisation of Bioactive Compounds from Agricultural and Food Production Waste* (pp. 27–59). CRC Press.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. Química de alimentos de Fennema. Artmed Editora, 2018.

FLORES-JIMÉNEZ, N. T.; ULLOA, J. A.; SILVAS, J. E. U.; RAMÍREZ, J. C. R.; ULLOA, P. R.; ROSALES, P. U. B.; CARRILLO, Y. S.; LEYVA, R. G. Effect of high-intensity ultrasound on the compositional, physicochemical, biochemical, functional and structural properties of canola (*Brassica napus* L.) protein isolate. *Food Research International*, 121, 947–956, 2019.

GONDIN, A. M.; MOURA, V. M. F.; DANTAS, S.A.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição Centesimal e de minerais em cascas de frutas. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.25, n.4, p.825-827, 2005.

LI, W.; GAMLATH, C. J.; PATHAK, R., MARTIN, G. J. O., ASHOKKUMAR, M. Ultrasound – The Physical and Chemical Effects Integral to Food Processing. Reference Module in Food Science. 2019.

LIU, Y.; WEI, S.; LIAO, M. Optimization of ultrasonic extraction of phenolic compounds from *Euryale ferox* seed shells using response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, v. 49, p. 837–843, 2013.

MORAIS, E. C., PATIAS, S. G. O., FERREIRA, N. S. S., PICANÇO, N. F. M., RODRIGUES, E. C., NASCIMENTO, E., & FARIA, R. A. P. G. Bioactive compounds and physicochemical characteristics of in natura and pasteurized *araticum* pulp. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, 2017.

PIRES, J.; TORRES, P. B.; SANTOS, D. Y. A. C.; CHOW, F. Ensaio em microplaca do potencial antioxidante através do método de sequestro do radical livre DPPH para extratos de algas. *Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo*, 6, 2017.

REVELLO, C. Z. P. Avaliação do valor nutricional de resíduos do processamento da macaúba (*Acrocomia aculeata*) e de seus produtos de Bioconversão. 2014. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado (em Ciência e Tecnologia Ambiental) do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal da Grande Dourados. 81f.

ROCHA, M. S.; de FIGUEIREDO, R. W.; ARAÚJO, M. A. da M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. dos R. Caracterização físico-química e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado Piauiense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(4), 933–941, 2013.

SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; CHUBA, C. A. M. Biometrical, physical and chemical characterization of bocaiuva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) lodd. ex mart) palm fruits. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(3), 1023–1028, 2013.

SOUZA, R. S. De; DONADON, J. R.; CÁSSIA, R. De; GUIMARÃES, A. Bioactive compounds in bocaiuva jelly with passion fruit. *Multitemas*, 24(57), 79-94, 2019.

SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B.; COSTA, J. N. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. *Journal of Health Sciences*, v. 14, n. 4, 2012.

SULERIA, H. A. R.; BARROW, C. J.; DUNSHEA, F. R. Screening and characterization of phenolic compounds and their antioxidant capacity in different fruit peels. *Foods*, [s. l.], v. 9, n. 9, 2020.

TORRES, P. B.; PIRES, J.; SANTOS, D. Y. A. C.; CHOW, F. Ensaio do potencial antioxidante de extratos de algas através do sequestro do ABTS•+ em microplaca. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. p. 1-4. 2017.

VIEIRA, S. S.; MAGRIOTIS, Z. M.; SANTOS, N. A. V., CARDOS, M. das G., & SACZK, A. A. Macauba palm (*Acrocomia aculeata*) cake from biodiesel processing: An efficient and low-cost substrate for the adsorption of dyes. *Chemical Engineering Journal*, 183, 152–161, 2012.

WANG, L.; WELLER, C. L. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, v. 17, n. 6, p. 300-312, 2006.

ZANATTA, S., 2015. Caracterização da macaúba (casca, polpa e amêndoa) e análise sensorial através da educação do gosto. Dissertação (Centro de Energia Nuclear na Agricultura), Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP.2015.