



EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM DE COMPOSTOS FENÓLICOS DA POLPA DE BURITI (*Mauritia flexuosa* L. F.)

ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION OF PHENOLIC COMPOUNDS FROM BURITI (*Mauritia flexuosa* L. F.) PULP

Nara Rúbia Rodrigues do Nascimento-Silva*¹ • Rodrigo Barbosa Monteiro Cavalcante *² • Rafael Cosme Machado*³ • Flávio Alves Silva*⁴

Resumo

Pouco tem sido discutido sobre o conteúdo e perfil de compostos fenólicos do buriti. Os poucos estudos encontrados na literatura científica divergem sobre esses níveis. Assim, visando propor uma padronização no método de extração de compostos fenólicos da polpa de buriti e facilitar a comparação entre os resultados, este trabalho objetivou validar a metodologia de extração desses compostos por meio de um delineamento fatorial assimétrico. As condições ótimas para extração de compostos fenólicos na polpa de buriti foram avaliadas em um estudo fatorial assimétrico com três fatores (solvente, número de extrações e tempo). O procedimento de extração consistiu em adicionar o solvente específico à amostra e submetê-la a um banho de ultrassom por diferentes períodos de tempo. Concluímos que o melhor tratamento foi a extração com acetona em três etapas de 30 minutos cada, relação sólido-líquido de 1:10 (g:mL, m/v), utilizando um banho de ultrassom à temperatura ambiente. Este é um estudo preliminar, extremamente necessário para padronizar técnicas de extração e permitir a comparação entre resultados de diferentes estudos.

Palavras-chave: Alimento funcional, Polifenóis, Composição proximal, Nutrientes.

Abstract

Little has been discussed about the content and profile of phenolic compounds from buriti. The few studies found in the scientific literature diverge about these levels. So, aiming to propose a standardization in the method of extraction of phenolic compounds from buriti pulp and to facilitate the comparison between the results, this work aimed to validate the methodology of extraction of these compounds through an asymmetric factorial design. The optimal conditions for extraction of phenolic compounds in buriti pulp were evaluated in an asymmetric factorial study with three factors (solvent, number of extractions, and time). The extraction procedure consisted of adding the specific solvent to the sample and submitting it to an ultrasound bath for different times. We concluded that the best treatment was the extraction with acetone in three steps of 30 min each, solid-liquid ratio of 1:10 (g:mL, m/v), using an ultrasonic bath at room temperature. This is a primary study, extremely necessary to standardize extraction techniques and allow comparison among results from different studies.

Keywords: Functional food, Polyphenol, Proximal Composition, Nutrients.

✉ Nara Rúbia R. Nascimento-Silva, nara.n.nutri@gmail.com

¹Departamento de Engenharia de Alimentos, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Rodovia GO-462, km zero, Campus Samambaia, Goiânia, Goiás, Brasil. CEP: 74690-900. ORCID ID 0000-0003-1318-9298 – nara.n.nutri@gmail.com

²Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Goiás, Rua 227 Viela Quadra 68 S/N - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, Brasil. CEP: 74605-080. ORCID ID 0000-0003-2649-6588 – rodrigobarbosa@ufg.br

³Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Goiás. Praça bloco B - R. 240, 406 - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, 74605-170. ORCID ID 0000-0002-2050-3487 – rafaelcosmegyn@hotmail.com

⁴Departamento de Engenharia de Alimentos, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Rodovia GO-462, km zero, Campus Samambaia, Goiânia, Goiás, Brasil. CEP: 74690-900. ORCID ID 0000-0002-3619-755X – flaviocamp@ufg.br

Manuscrito recebido:

Aceito para publicação:

Introdução

O buriti é o fruto da *Mauritia flexuosa* L. f., que é uma palmeira da família *Arecaceae*. Habita regiões alagadas e nascentes, frequentemente em baixas altitudes, margeando rios, córregos e lagos. Esta palmeira está distribuída por toda a América do Sul e pode ser encontrada no Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guianas, Peru, Venezuela e Trinidad e Tobago. É considerada a palmeira mais abundante no Brasil (EMBRAPA, 2006).

O fruto pode ser consumido na forma de suco, doce, sorvete e óleo, ou utilizado na produção de artesanato, material de construção, cosméticos e produtos farmacêuticos. Muitas comunidades ribeirinhas e indígenas utilizam esta

palmeira para sustento, e algumas dedicam-se à comercialização do fruto ou de artesanato feito a partir de outras partes da palmeira, como as folhas e fibras do caule (Virapongse *et al.*, 2017).

Estudos indicam que o fruto se destaca por suas altas concentrações de lipídios, principalmente ácido oleico e ácido palmítico, e consideráveis teores de açúcar e fibras, especialmente pectina (Berni *et al.*, 2019; Lescano *et al.*, 2018; Mesquita *et al.*, 2020; Nascimento-Silva; Silva; Silva, 2020; Parente *et al.*, 2020; Schiassi *et al.*, 2018). No entanto, o que tem chamado a atenção dos pesquisadores é o seu grande potencial bioativo.

Está bem estabelecido na literatura que a polpa de buriti se destaca por seus teores de carotenoides (349,9 a 632,2 µg/g), principalmente β-caroteno (Cândido; Silva; Agostini-Costa, 2015; Godoy; Rodriguez-Amaya, 1994; Nascimento-Silva; Silva; Silva, 2020; Rosso; Mercadente, 2007). Estudos relatam níveis consideráveis de polifenóis (360,1 a 495,9 mg GAE/100g) neste fruto (Cândido; Silva; Agostini-Costa, 2015; Nascimento-Silva; Silva; Silva, 2020). No entanto, poucos estudos foram encontrados sobre o conteúdo e perfil de compostos fenólicos na polpa de *M. flexuosa*. Pesquisadores descreveram métodos de extração muito divergentes. Alguns realizaram a extração em liquidificador, outros em almofariz e pistilo, micro-ondas, ultrassom ou até mesmo em equipamento Soxhlet (Abreu-Naranjo *et al.*, 2020; Bataglion *et al.*, 2014; Gomes *et al.*, 2016; Tauchen *et al.*, 2016).

Métodos para extrair metabólitos secundários, como polifenóis, têm sido desenvolvidos ao longo dos anos. As técnicas mais antigas compreendem a simples maceração de alimentos em contato com um solvente (água, álcool, óleo, etc.), que é escolhido devido à semelhança de polaridade com o composto a ser extraído e cinética de interação com a matriz alimentar. Enquanto as técnicas mais recentes requerem equipamentos como ultrassom, micro-ondas e centrífuga. Esses equipamentos podem acelerar o processo, economizar tempo e recursos e aumentar o rendimento (Lefebvre; Destandau; Lesellier, 2021).

Para a determinação de compostos fenólicos totais, o ensaio de Folin-Ciocalteu tem sido amplamente empregado, baseado na redução do complexo fosfato-wolframato-fosfomolibdato por compostos fenólicos em um produto de reação

azul. A espectrofotometria é a principal técnica utilizada para a quantificação de diferentes classes de fenólicos devido à sua simplicidade e baixo custo. No entanto, a principal desvantagem dos ensaios colorimétricos é que eles apenas estimam o conteúdo fenólico total sem medição quantitativa de compostos individuais (Ge; Li; Lisak, 2020).

O primeiro estudo a identificar e quantificar os compostos fenólicos presentes na polpa madura de buriti foi realizado por Bataglion *et al.* (2014). Os pesquisadores adicionaram ácido vanílico e isorhamnetina a 500 g de polpa e extrairam os compostos com 500 mL de metanol em um liquidificador de vidro por 15 minutos. Em seguida, a solução resultante foi centrifugada (4000 rpm por 5 minutos) e o sobrenadante foi separado da matéria sólida. Os extratos foram então concentrados em um evaporador rotativo e suspensos em metanol.

Apenas outros três estudos sobre a identificação de compostos fenólicos na polpa de *Mauritia flexuosa* foram encontrados. Gomes *et al.* (2016) realizaram a extração de compostos da polpa de buriti liofilizada com 3,0 mL de solvente (ácido clorídrico: metanol; 1:99; v/v) em um almofariz, e submeteram à micro-ondas (450 W, por 30 segundos). A extração foi concluída em um banho de ultrassom a 25 °C, com frequência constante de 35 kHz, por 15 minutos. Em seguida, as amostras foram mantidas por uma hora à temperatura ambiente e então o sobrenadante foi coletado após centrifugação (3500 rpm, 20 minutos). A matéria sólida foi novamente submetida a todas as etapas quinze vezes, e o sobrenadante foi misturado com o primeiro extrato.

Tauchen *et al.* (2016) extraíram compostos fenólicos da polpa de buriti liofilizada em um equipamento Soxhlet com etanol a 70%, durante 3 ciclos de 7 minutos cada, a 130 °C, seguido de resfriamento a 50 °C. Em um estudo mais recente, Abreu-Naranjo *et al.* (2020), adicionaram 20 mL de solução metanol:água (80:20, v/v) a 2,0 g de polpa liofilizada, e mantiveram a agitação à temperatura ambiente por 2 horas. Finalmente, o sobrenadante foi coletado após os extratos serem centrifugados (1000 rpm, 10 °C, por 10 minutos).

Com o objetivo de propor uma padronização no método de extração de compostos fenólicos da polpa de buriti e facilitar a comparação entre os resultados, este trabalho

buscou validar a metodologia de extração desses compostos por meio de um delineamento fatorial assimétrico.

Material e Métodos

Amostras

O buriti foi coletado em dezembro de 2019 em Caldazinha, Goiás, Brasil. Os frutos (Fig. 1) foram colhidos durante o período de safra, sendo selecionados de acordo com o ponto de maturidade ótima e suas condições morfológicas. O ponto de maturação para a colheita foi estabelecido pelo fruto natural, que se solta do cacho. Em seguida, foram higienizados com hipoclorito de sódio e manualmente descascados com uma faca de aço inoxidável, embalados a vácuo em embalagens de polietileno de baixa densidade, protegidos da luz e armazenados até o momento da análise a -20°C.



Figura 1. Exocarpo e mesocarpo do fruto de buriti.

Procedimento de Extração

Os procedimentos de extração foram realizados com base em Chisté *et al.* (2011) e Escarpa e González (2000), com modificações. Para 1,0 g de polpa de buriti foram adicionados 10,0 ml de diferentes solventes (metanol; ou metanol:acetona, 50:50, v/v; ou acetona). Em seguida, os tubos de teflon contendo o analito foram submetidos a um banho de ultrassom (UNIQUE - UltraSonic Cleaner - USC 2800) a 23 °C em diferentes tempos (30, 60, 90 e 120 minutos). O sobrenadante foi coletado e transferido para um balão volumétrico de 25,0 mL. O volume foi completado com o solvente em questão. Para avaliar a necessidade de extrações adicionais, a matéria sólida foi submetida a uma ou

duas extrações adicionais, de acordo com o delineamento experimental (Tabela 1).

Fatorial Assimétrico

As condições ótimas para extração de compostos fenólicos no buriti foram avaliadas em um estudo fatorial assimétrico com três fatores (solvente, número de extrações e tempo) distribuídos em 3 e 4 níveis (Tabelas 1 e 2). O desenho experimental permite testar um determinado fator em um determinado nível várias vezes, combinando os diferentes fatores, enquanto a otimização simplex testa o fator e seus níveis apenas uma vez. O número de ensaios escolhido para um desenho experimental é baseado na resolução desejada. Em um desenho fatorial, pode-se estudar os efeitos principais, bem como as interações entre os fatores (Oles, 1993). Fatoriais mistos, geralmente envolvem vários fatores, cada um com um pequeno número de níveis e poucos fatores com mais níveis (Mukerjee; Wu, 2006). Portanto, é útil projetar réplicas balanceadas para inferência de pesquisas estratificadas (Whu; Zang; Wang, 1992).

Todo desenho fatorial fracionário requer a análise de alguns ou todos os efeitos dos fatores. Assim, a seleção correta e cuidadosa do conjunto de fatores que serão analisados em conjunto é essencial para a análise assertiva do efeito desses fatores (Gunst; Mason, 2009).

Compostos fenólicos totais

Para a determinação dos compostos fenólicos totais, foi realizada a análise com Folin-Ciocalteu (Ge; Li; Lisak, 2020). Uma alíquota de 0,25 mL do extrato foi misturada com 0,25 mL de reagente de Folin-Ciocalteu e 2,0 mL de água destilada. Após 3 minutos à temperatura ambiente, adicionou-se 0,25 mL de solução de carbonato de sódio a 10% (Na_2CO_3) à mistura. As soluções foram mantidas à temperatura ambiente por 60 minutos. A leitura foi realizada a 750 nm utilizando um espectrofotômetro (Genovese *et al.*, 2008). Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (EAG)/100 g de amostra fresca (p.f.).

Tabela 1. Modelo experimental: níveis das variáveis independentes (original e codificado).

Variável independente (Fator)	Resposta	Níveis			
		-1	0	+1	+2
Solvente	X ₁	Metanol	Mehanol:Acetona, 1:1, v/v	Acetona	
Número de extrações	X ₂	1	2	3	
Tempo	X ₃	30	60	90	120

Tabela 2. Modelo experimental e concentração total de compostos fenólicos na polpa de buriti.

Corrida	Variáveis independentes			Total de compostos fenólicos (mg of EAG /100 g) ¹
	X ₁	X ₂	X ₃	
1	-1	-1	-1	103,31 ± 0,25
2	-1	-1	0	103,14 ± 0,05
3	-1	-1	+1	102,38 ± 0,07
4	-1	-1	+2	103,04 ± 0,05
5	-1	0	-1	196,30 ± 0,03
6	-1	0	0	233,07 ± 0,32
7	-1	0	+1	237,60 ± 0,29
8	-1	0	+2	236,36 ± 2,49
9	-1	+1	-1	248,27 ± 0,49
10	-1	+1	0	248,08 ± 0,42
11	-1	+1	+1	246,80 ± 0,20
12	-1	+1	+2	249,09 ± 0,13
13	0	-1	-1	114,50 ± 0,38
14	0	-1	0	110,77 ± 0,48
15	0	-1	+1	107,65 ± 0,05
16	0	-1	+2	108,30 ± 0,34
17	0	0	-1	233,93 ± 1,31
18	0	0	0	242,27 ± 0,32
19	0	0	+1	250,13 ± 0,56
20	0	0	+2	238,70 ± 0,68
21	0	+1	-1	255,25 ± 0,08
22	0	+1	0	266,24 ± 0,17
23	0	+1	+1	258,42 ± 3,34
24	0	+1	+2	257,04 ± 0,82
25	+1	-1	-1	107,22 ± 0,20
26	+1	-1	0	117,94 ± 0,36
27	+1	-1	+1	119,52 ± 1,19
28	+1	-1	+2	115,75 ± 1,65
29	+1	0	-1	243,61 ± 0,89
30	+1	0	0	255,44 ± 1,26
31	+1	0	+1	249,93 ± 0,89
32	+1	0	+2	250,98 ± 0,85
33	+1	+1	-1	267,44 ± 0,63
34	+1	+1	0	254,58 ± 0,87
35	+1	+1	+1	254,40 ± 0,35
36	+1	+1	+2	255,74 ± 0,59

¹ Os valores são apresentados como média ± desvio padrão. Para melhor compreensão, consulte a Tabela 1.

Análise estatística

Os dados foram previamente analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett) para definir uma análise estatística inferencial paramétrica ou não paramétrica. Os resultados foram analisados comparando o número de extrações e o tempo de extração para cada solvente, em seguida, os melhores resultados de cada solvente foram comparados para avaliar o melhor desempenho. Os dados que apresentaram distribuição normal e homogeneidade foram avaliados por Análise de Variância (ANOVA) com pós-teste de Tukey, enquanto os resultados que não apresentaram distribuição normal e homogeneidade foram realizados usando o teste de Kruskal-Wallis com pós-teste de Dunn e método de ajuste de Bonferroni (Figura 2). Todos os testes estatísticos foram realizados em um nível de significância de 0,05 ($\alpha = 5\%$). Os dados foram analisados usando o Graphpad Prism versão 6.0.0 (Graphpad Software).

Resultados e Discussão

No presente estudo, foi aplicada a extração sólido-líquido, através da qual os solutos presentes na matriz alimentar migram para o solvente de extração de acordo com suas propriedades físico-químicas. Assim, o solvente desempenha o papel mais importante nesses procedimentos de extração, devido à sua alta seletividade (Lefebvre; Destandau; Lesellier, 2021). Além disso, outros fatores podem influenciar o rendimento do extrato, como a relação entre a massa do produto e o volume do solvente, número de etapas e pH (Dorta; Lobo; González, 2013).

O tempo de extração varia entre 45 e 60 minutos, dependendo do estudo e da matriz alimentar. Múltiplas extrações são aplicadas para melhorar as condições de extração (banho ultrassônico, solvente e tempo), que podem apresentar um rendimento que varia entre 52 e 70%, 21 e 41% e 3 e 14%, na primeira, segunda e terceira extrações, respectivamente (Escarpa; González, 2000).

A aplicação de ultrassom no procedimento de extração de compostos fenólicos não aumenta o rendimento do extrato. No entanto, reduz significativamente o tempo de extração, além de diminuir o consumo de solvente. O processo de

cavitação aumenta o número de células quebradas e proporciona um acesso mais rápido aos componentes acessíveis para extração, diminuindo assim a relação entre a massa da amostra e o volume do solvente necessário para extração (Chemat; Zill-e-Huma; Khan, 2011; Chen et al., 2007). Além disso, é sabido que o uso de ultrassom pode aumentar a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos, gerando radicais OH- através da cavitação acústica das moléculas de água (Ashokkumar, 2015). Por esses motivos, o ultrassom tem sido cada vez mais utilizado para melhorar os métodos de extração de polifenóis de diferentes matrizes alimentares.

Dorta; Lobo e González (2013) relataram que o uso de micro-ondas não influenciou o rendimento final de extratos de compostos fenólicos em sementes de manga. No entanto, concluíram que o maior rendimento foi observado nos extratos obtidos após três etapas, com uma mistura de solvente (acetona:água, 50:50, v/v), relação entre massa da amostra e solvente de 1:30 (m/v) e pH de 8,0.

Não houve diferença estatística no rendimento de compostos fenólicos (*p*-valor >0,05), que foram extraídos em metanol e que passaram por duas ou três extrações para todos os tempos de extração (30, 60, 90 e 120 minutos). No entanto, o valor absoluto foi maior nos extratos que passaram por três extrações. A extração realizada com metanol, em três etapas, por um tempo de 120 minutos, mostrou o maior rendimento absoluto ($249,09 \pm 0,13$ mg EAG/100 g), apesar de ser estatisticamente igual (*p*-valor >0,05) à maioria dos processos de extração nos tempos de 30, 60 e 90 minutos. Assim, não há maior rendimento no conteúdo total de compostos fenólicos com extrações nos tempos de 60, 90 e 120 minutos, sendo preferível realizar a extração no menor tempo, 30 minutos (Figura 3).

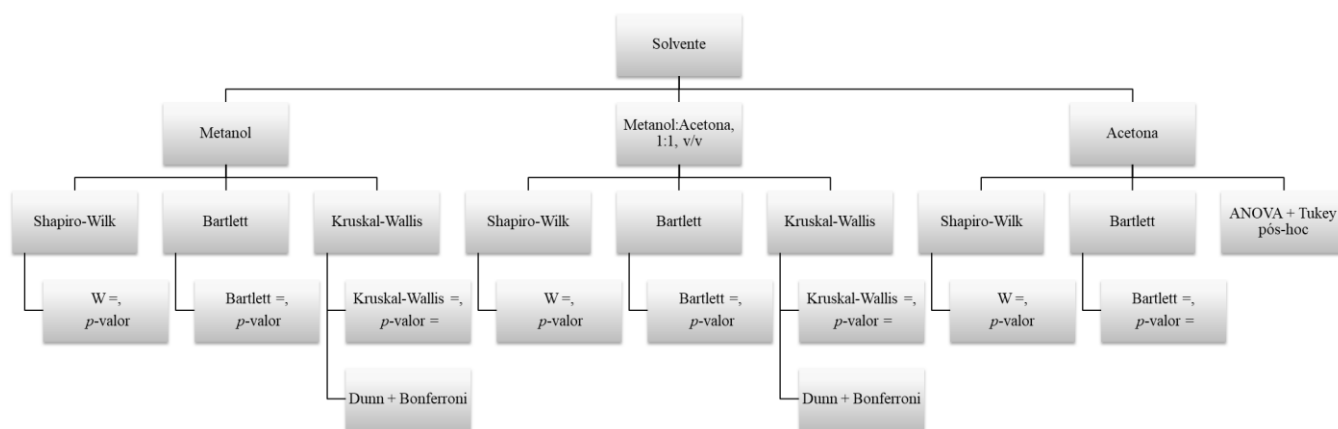


Figura 2. Diagrama de fluxo realizado na análise estatística.

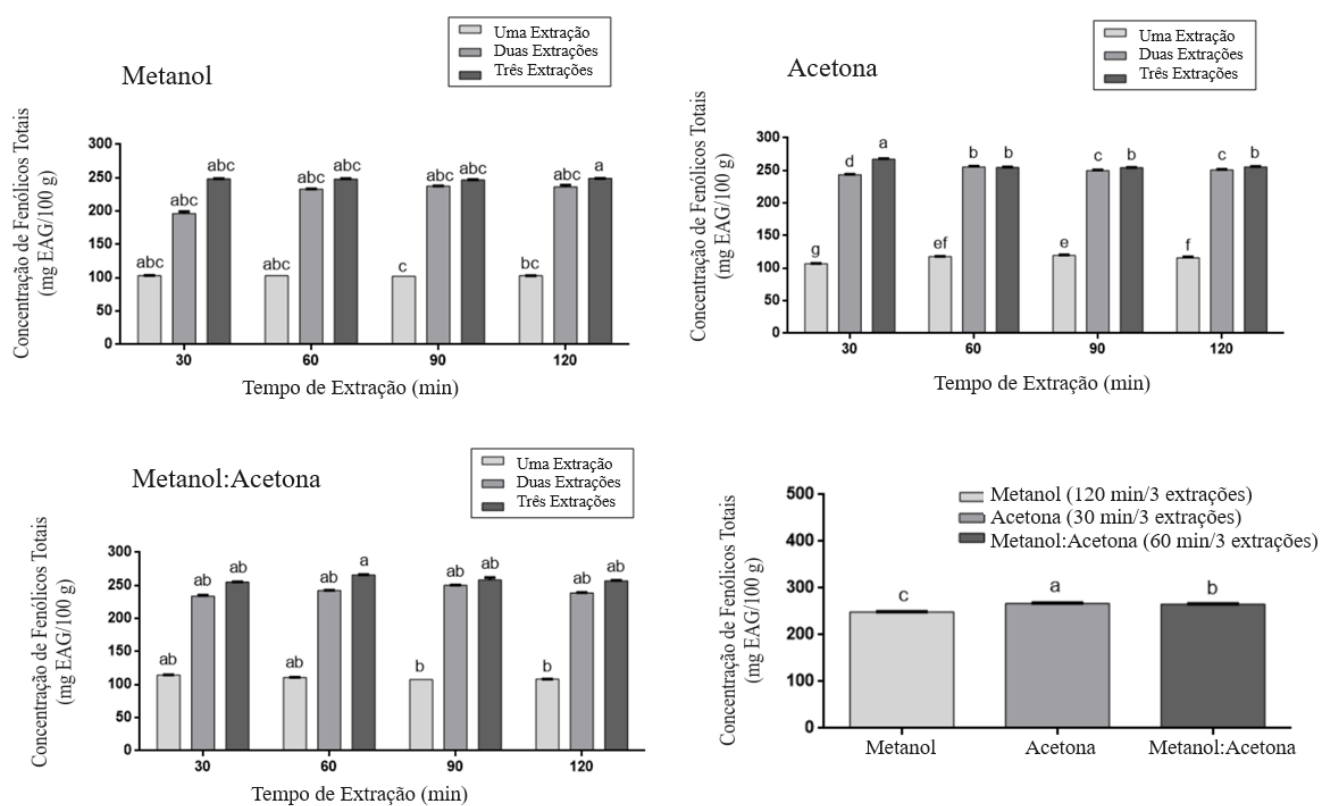


Figura 3. Conteúdo total de compostos fenólicos da polpa de buriti extraídos através da associação de três diferentes variáveis independentes (número de extrações, tempo e solvente). Letras diferentes para a mesma série representam diferenças significativas entre os tratamentos (p -valor < 0,05).

Em relação aos extratos obtidos com uma mistura de solventes (metanol:acetona, 1:1, v/v), a extração em três etapas, por um tempo de 60 minutos, apresentou o maior rendimento absoluto ($266,24 \pm 0,17$ mg EAG/100g), mas foi estatisticamente igual (p -valor $>0,05$) entre os tempos 30, 60, 90 e 120 minutos. Para os procedimentos em apenas uma extração, nos tempos de 90 e 120 minutos, foi possível observar um baixo rendimento na concentração total de polifenóis quando comparado ao rendimento da melhor extração (60 minutos em 3 ciclos de extração). Mais uma vez, não foi possível observar uma diferença estatística entre duas ou três extrações, embora o valor absoluto de compostos fenólicos é ligeiramente maior após a realização em três etapas do processo (Figura 3). De acordo com Escarpa e González (2000), a terceira etapa extrai de 3 a 14% do conteúdo total de compostos fenólicos. Assim, como essa concentração pode ser muito baixa, não é suficiente para demonstrar diferença estatística.

Por outro lado, os extratos obtidos a partir do uso de acetona como solvente orgânico mostraram um resultado melhor entre os outros extratos, destacando-se com significância estatística (p -valor $<0,05$). Portanto, é recomendado extrair polifenóis com acetona através de três extrações consecutivas de 30 minutos cada ($267,44 \pm 0,63$ mg EAG/100 g) (Figura 3).

Finalmente, ao comparar os melhores resultados absolutos do rendimento de extratos por diferentes solventes (ensaios 12, 22 e 33), o rendimento que se destacou significativamente foi o do extrato produzido com acetona a partir de três extrações consecutivas de 30 minutos cada (Figura 3).

Assim, nosso trabalho pode comprovar o fato observado por Dorta; Lobo e González (2013), que relataram que a escolha do solvente é o fator que mais influencia o rendimento final do extrato, e que o tempo de extração não altera esse resultado. Além disso, podemos observar a necessidade de realizar três etapas para extrair o conteúdo total dos compostos, como relatado por Escarpa e González (2000).

Resultados similares foram observados por Zachová *et al.* (2018), ao analisar diferentes fatores que afetam o rendimento da extração de estilbenos do caule da uva. Os pesquisadores relataram que os níveis totais do extrato foram

diretamente proporcionais ao aumento do tempo de extração (de 5 a 20 minutos) e ao número de ciclos (1 a 3), apesar dos níveis totais de *trans*-resveratrol serem completamente extraídos após duas extrações. Além disso, os extratos obtidos com acetona apresentaram uma concentração total mais alta dos compostos analisados (*trans*-resveratrol = 66,2 mg/g; *trans*- ϵ -viniferina = 40,6 mg/g; e r2-viniferina = 15,2 mg/g) em comparação com etanol (*trans*-resveratrol = 26,9 mg/g; *trans*- ϵ -viniferina = 17,3 mg/g; e r2-viniferina = 6,2 mg/g) e metanol (*trans*-resveratrol = 20,4 mg/g; *trans*- ϵ -viniferina = 12,8 mg/g; e r2-viniferina = 4,4 mg/g) sob as mesmas condições.

Conclusão

O método proposto para avaliar os diferentes fatores que podem influenciar a extração de compostos fenólicos do buriti foi eficaz para validar a metodologia de extração. Portanto, sugerimos que a extração seja realizada com acetona em três etapas de 30 minutos cada, relação sólido-líquido de 1:10 (g:mL, m/v, em cada extração), utilizando um banho ultrassônico em temperatura ambiente. Ademais, foi possível comprovar que o fator que mais influencia o rendimento final do extrato é a variação dos solventes. Além disso, estudos que avaliem a relação entre os diferentes processos de extração e o rendimento de compostos fenólicos individuais da polpa de buriti são sugeridos.

Referências

ABREU-NARANJO, R.; *et al.* Bioactive compounds, phenolic profile, antioxidant capacity and effectiveness against lipid peroxidation of cell membranes of *Mauritia flexuosa* L. fruit extracts from three biomes in the Ecuadorian Amazon. **Heliyon**, Cambridge, v. 6, e05211, out., 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05211>.

ASHOKKUMAR, M. Applications of ultrasound in food and bioprocessing. **Ultrason. Sonochem.**, Oxford, v. 25, n. 1, p. 17-23, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.08.012>.

- BATAGLION, G. A.; *et al.* Simultaneous quantification of phenolic compounds in buriti fruit (*Mauritia flexuosa* L.f.) by ultra-high performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. **Food Res. Int.**, Barking, n. 66, p. 396-400, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.035>.
- BERNI, P.; *et al.* Non-conventional tropical fruits: characterization, antioxidant potential and carotenoid bioaccessibility. **Plant Foods Hum. Nutr.**, Dordrecht, v. 74, n. 1, p. 141-148, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0710-1>.
- CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) from the Cerrado and Amazon Biomes. **Food Chem.**, London, v. 15, n. 177, p. 313-319, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.041>.
- CHEMAT, F.; ZILL-E-HUMA; KHAN, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. **Ultrason. Sonochem.**, Oxford, v. 18, n. 1, p. 813-835. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023>.
- CHEN, F.; *et al.* Optimization of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins in red raspberries and identification of anthocyanins in extract using high-performance liquid chromatography-mass spectrometry. **Ultrason. Sonochem.**, Oxford, v. 14, n.1, p. 767-778, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2006.12.011>.
- CHISTÉ, R. N.; *et al.* Simultaneous extraction and analysis by high performance liquid chromatography coupled to diode array and mass spectrometric detectors of bixin and phenolic compounds from annatto seeds. **J. Chromatogr. A**, Amsterdam, v. 1218, n. 1, p. 57-63, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.10.094>.
- DORTA, E.; LOBO, M. G.; GONZÁLEZ, M. Optimization of factors affecting extraction of antioxidants from mango seed. **Food Bioprocess Technol.**, Ohio, v. 6, n. 1, p. 1067-1081, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0750-0>.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2006). Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil. Brasília: DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320 p. Disponível em: http://www.agabrasil.org.br/_Dinamicos/livro_fru_tas_nativas_Embrapa.pdf.
- ESCARPA, A.; GONZÁLEZ, M.C. Optimization strategy and validation of one chromatographic method as approach to determine the phenolic compounds from different sources. **J. Chromatogr. A**, Amsterdam, v. 897, n.1, p. 161-170, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(00\)00817-7](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(00)00817-7)
- GE, L., LI, S.; LISAK, G. Advanced sensing technologies of phenolic compounds for pharmaceutical and biomedical analysis. **J. Pharm. Biomed. Anal.**, Oxford, v. 179, 112913, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2019.112913>.
- GENOVESE, M. I.; *et al.* Bioactive compounds and antioxidant activity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Sci. Technol. Int.**, London, v. 14, n. 3, p. 207-214, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1082013208092151>.
- GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Occurrence of cis-isomers of provitamin A in Brazilian fruits. **J. Agric. Food Chem.**, Easton, v. 42, n. 1, p. 1306-1313, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf00042a011>.
- GOMES, S. M. C.; *et al.* Flavonoids electrochemical detection in fruit extracts and total antioxidant capacity evaluation. **Talanta.**, London v. 154, n. 1, p. 284-291, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.03.083>.
- GUNST, R. F.; MASON, R. L. Fractional factorial design. **Wiley Interdiscip. Rev. Comput.**, Ohio, v. 1, n. 2, p. 234-244, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wics.027>.

- LEFEBVRE, T.; DESTANDAU, E.; LESELLIER, E. Selective extraction of bioactive compounds from plants using recent extraction techniques: A review. **J. Chromatogr. A**, Amsterdam, v. 1635, 461770, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.461770>.
- LESCANO, C. H.; *et al.* Nutritional and chemical characterizations of fruits obtained from *Syagrus romanzoffiana*, *Attalea dubia*, *Attalea phalerata* and *Mauritia flexuosa*. **J. Food Meas. Charact.**, Berlim, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9742-3>.
- MESQUITA, J. A.; *et al.* Fatty acid profile and physicochemical characterization of buriti oil during storage. **Ciênc. Rural**, Santa Maria, v. 50, p. 11, e20190997, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190997>.
- MUKERJEE, R.; Wu, C. F. J. (2006). A Modern Theory of Factorial Designs. *Springer Series in Statistics*. Springer, New York, NY. 226 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/0-387-37344-6>.
- NASCIMENTO-SILVA, N. R. R.; SILVA, F. A.; SILVA, M. R. Physicochemical composition and antioxidants of buriti (*Mauritia flexuosa* Linn. F.) – pulp and sweet. **J. Bioenergy Food Sci.**, Macapá, v. 7, e2792019JBFS, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18067/jbfs.v7i1.279>.
- ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. **J. Agric. Food Chem.**, Easton, v. 55, n. 1, p. 5062-5072, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf0705421>.
- PARENTE, M. O. M.; *et al.* Effects of the dietary inclusion of babassu oil or buriti oil on lamb performance, meat quality and fatty acid composition. **Meat Science**, v. 160, 107971, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107971>.
- SCHIASSI, M. C. E. V.; *et al.* Fruits from the Brazilian Cerrado region: physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chem.**, Easton, v. 245, n. 1, p. 305-311, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.104>.
- TAUCHEN, J.; *et al.* Phenolic composition, antioxidant and anti-proliferative activities of edible and medicinal plants from the Peruvian Amazon. **Rev. Bras. Farmacogn.**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 728-737, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.03.016>.
- VIRAPONGSE, A.; *et al.* Ecology, livelihoods, and management of the *Mauritia flexuosa* palm in South America. **GECCO**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 70-92, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2016.12.005>.
- WHU, C. F. J.; ZANG, R.; WANG, R. (1992). Construction of asymmetrical orthogonal arrays of the type OA ($s^k, s^m, (s^r)^{n_1} \dots (s^r)^{n_l}$). **Stat. Sin.**, Taiwan, v. 2, n. 1, p. 203-219, 1992. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24304127>.
- ZACHOVÁ, Z.; *et al.* Combining high-pressure methods for extraction of stilbenes from grape cane. **J. Supercrit. Fluids.**, Marseille, v. n. 1, p. 142, 38-44, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.05.021>.