

Extração avançada de compostos bioativos de mamacadela: Uma abordagem para um processo eficiente e sustentável

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.023-011>

Jaqueline Ferreira Silva

Departamento de Engenharia de Alimentos,
Universidade Estadual de Maringá, 87020-900, Maringá-PR, Brasil

Luciana Alves da Silva

Departamento de Engenharia de Alimentos,
Universidade Estadual de Maringá, 87020-900, Maringá-PR, Brasil

Suelen Siqueira dos Santos

Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná/Campus Avançado Jandaia do Sul, 86900-000, Jandaia do Sul, Brasil.

E-mail: suelensiqueira@ufpr.br

Grasiele Scaramal Madrona

Departamento de Engenharia de Alimentos,
Universidade Estadual de Maringá, 87020-900, Maringá-PR, Brasil

Diogo Francisco Rossoni

Departamento de Estatística, Universidade Estadual de Maringá, 87020-900, Maringá-PR, Brasil.

Mônica Regina da Silva Scapim

Departamento de Engenharia de Alimentos,
Universidade Estadual de Maringá, 87020-900, Maringá-PR, Brasil

RESUMO

O bioma Cerrado possui inúmeras espécies de frutos pouco conhecidos e explorados, tanto pela população quanto pela indústria, podendo ser uma fonte alternativa de compostos ativos naturais. Este estudo teve como objetivo otimizar o processo de extração de antioxidantes para o fruto da mamacadela (*Brosimum Gaudichaudii* Trécul) utilizando a metodologia de superfície de resposta. As variáveis foram: temperatura (30 - 60 °C), tempo (30 - 60 min), água ou etanol e uso ou não de equipamento de banho ultrassônico. A quantificação da capacidade antioxidante foi feita pelos métodos: ABTS, DPPH, FRAP e teor de fenólicos totais. Na otimização da extração foi possível identificar que o extrato com maior capacidade antioxidante estava com o uso de água como solvente a 60°C e com o menor tempo de extração de 30 minutos, e sem a utilização de banho de ultrassom. Assim, é importante a realização de mais estudos sobre o potencial antioxidante da mamacadela, buscando a exploração agroindustrial, além de agregar valor aos produtos alimentícios.

Palavras-chave: Antioxidantes, Compostos bioativos, Desenho experimental.

1 INTRODUÇÃO

As frutas nativas do Cerrado brasileiro são muito utilizadas pela população local, principalmente na forma natural, ocupam lugar de destaque no ecossistema do Cerrado, sendo comercializadas em feiras regionais e com grande aceitação popular. A caracterização de compostos bioativos em frutos do Cerrado é de grande relevância para a busca de fontes alternativas e que possam agrupar atributos desejáveis (propriedades antioxidantes, antimicrobianas, anticancerígenas, antidegenerativas e retardantes de envelhecimento). Uma das tendências de mercado hoje é a busca do consumidor por produtos com qualidades sensoriais e nutricionais que proporcionem saudabilidade e bem-estar, o que fez com que as indústrias alimentícias se adaptassem a esses segmentos de mercado, buscando novas formulações e produtos alimentícios inovadores [1–5].

Mamacadela (*Brosimum Gaudichaudii Trécul*) é uma fruta também conhecida como "mamacadela", "mamica-de-cadela" ou "inharé", encontrada no cerrado, pouco conhecida, e pertence à família Moraceae. Esta família possui 53 gêneros e cerca de 1.500 espécies identificadas, com predominância tropical, com mais de 50% dos gêneros presentes na região Neotropical, principalmente na América do Sul. As espécies de Moraceae são encontradas dentro ou perto de florestas úmidas. *Artocarpus*, *Brosimum*, *Ficus* e *Morus* estão entre os gêneros mais conhecidos, que correspondem às fruteiras amplamente conhecidas e consumidas de grande importância nutricional e econômica, como Jaqueira, noqueira, figo e amora-preta [6,7].

As folhas, cascas e raízes da mamacadela têm usos etnofarmacológicos no tratamento de várias doenças autoimunes da pele, especialmente o vitiligo [8,9]. O chá de casca de raiz é usado em banhos e o suco de raiz moída é usado como um componente adicional em pomadas e loções [10]. Mesmo que as folhas e raízes já sejam utilizadas, há poucas informações sobre a extração da polpa, sobre a presença e capacidade antioxidante dos compostos bioativos desse fruto, portanto, o presente trabalho é inovador avaliando pela primeira vez o uso de um processo avançado de extração para a polpa de mamacadela. Vale ressaltar que o rendimento da extração depende do tipo de solvente, com polaridade variável, tempo de extração, temperatura de extração e relação amostra-solvente. Assim, a MSR (metodologia de superfície de resposta) também é útil para reduzir o número de ensaios experimentais e determinar os efeitos da interação entre variáveis. Definir condições ótimas no processo de extração é essencial para aumentar a eficácia da extração de compostos bioativos [11–13]. Assim, este trabalho tem como objetivo otimizar o processo de extração de antioxidantes da polpa de mamacadela.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 EXTRATOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os frutos (aproximadamente 5 kg) foram coletados na zona rural, na fazenda Felicidade, em Jussara-Goiás - Brasil, com as seguintes coordenadas geográficas Longitude: 50 52' 9" Oeste. Após

lavada, sanitizada e separação das sementes, a polpa foi congelada (-18 °C) e transportada para a Universidade Estadual de Maringá, onde permaneceu congelada até o momento da análise.

Para a extração antioxidante, a polpa congelada foi submetida à secagem a 50 °C em estufa com circulação de ar. Para otimização, foram pesados 10 g de amostra seca e adicionados 25 mL de etanol (+1) ou água destilada (-1) durante 30 (-1) ou 60 (+1) minutos a uma temperatura de 30 (-1) ou 60 (+1) (°C) sob luz, em banho Dubnoff (-1) (Modelo TE-053 25 5 rpm) ou com o uso de banho ultrassônico (+1) (Modelo único USC-1600^a, 100 W, 40 KHz). Após os procedimentos acima, cada extrato foi filtrado em filtro de papel qualitativo 80G, funil de porcelana Chiarotti de 90 mm de diâmetro e 90 mm de diâmetro e, em seguida, o sobrenadante foi armazenado em frasco âmbar e armazenado sob congelamento em um abrigo de luz para posterior análise. Os extratos foram submetidos à análise de capacidade antioxidante, e analisados em triplicatas. As variáveis independentes testadas (Tabela 1) foram temperatura de extração, tempo de extração, solvente (concentração de etanol em solução aquosa) e uso de equipamento de banho ultrassônico. As variáveis dependentes foram: a capacidade antioxidante quantificada pelos métodos de sequestro do radical DPPH, ABTS e FRAP e o teor de compostos fenólicos.

Tabela 1. Níveis reais e codificados de variáveis.

Nível	-1	+1
Temperatura de extração (°C)	30	60
Tempo de extração (min)	30	60
Solvente	Água	Etanol
Usando o banho ultrassônico	Não	Sim

2.2 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSTOS FENÓLICOS

ABTS: Uma alíquota de 30 µL de extrato foi adicionada aos tubos, juntamente com 3 mL de reagente ABTS•+ já diluído [14]. As amostras foram incubadas por 6 min, protegidas da luz à temperatura ambiente e a leitura foi feita em um comprimento de onda de 734 nm no espectrofotômetro FEMTO (Cirrus 80MB). A capacidade antioxidante do extrato de mamacadeira foi determinada a partir da curva padrão Trolox (2 mol/L) e expressa em mg Trolox/g de amostra. O extrato foi diluído na concentração de 200 mg/mL para que os valores de ABTS ficassem dentro da curva padrão ($y = -0,0003x + 0,6603 / R^2 = 0,9953$).

DPPH: Uma alíquota de 150 µL das amostras foi adicionada a 2,85 mL de uma solução metanólica de DPPH, homogeneizada e mantida por 1 hora sob abrigo de luz. Em seguida, os valores de absorvância foram medidos no comprimento de onda de 515 nm no espectrofotômetro FEMTO (Cirrus 80 MB), o solvente metanol foi usado como branco [15]. A curva analítica foi preparada a partir de soluções etanólicas de Trolox em concentrações que variam de 0 µmol/L a 900 µmol/L. A resposta foi expressa em equivalentes de Trolox em mg por grama de amostra. Os resultados foram

calculados usando a curva padrão de Trolox e expressos em mg Trolox/g de amostra ($y = 0,1140x - 0,1125/R^2 = 0,9991$).

FRAP: O reagente FRAP foi preparado usando a solução tampão de acetato 0,3 mol/L TPTZ 10 mol/L cloreto férrico 20 mol/L na proporção 10:1:1 (v:v). A solução tampão de acetato de sódio 300 mol/L foi realizada adicionando 3,1 g de acetato de sódio anidro em 16 mL de ácido acético glacial suplementado com água destilada até um volume de 1000 mL. A preparação da solução de TPTZ 10 mol/L (solução de 2, 4, 6 tripiridil-s-triazina) foi realizada adicionando-se a massa de 0,312 g de TPTZ em 5 mL de HCl (ácido clorídrico) 40 mol/L. Após a preparação da solução de cloreto de ferro a 20 mol/l [16]. A nova solução de trabalho foi preparada misturando 25 mL de tampão acetato, 2,5 ml de solução de TPTZ e 2,5 mL de solução de cloreto de ferro 20 mol/L. Aliquota de 90 µl de extracto de amostra, com 270 µl de água destilada e 2,7 ml de solução de FRAP por incubação de 30 min de luz abrigada a uma temperatura de 37 oC. O reagente FRAP foi usado como branco, as leituras foram de 595 nm no espectrofotômetro FEMTO Cirrus 80MB. O padrão Trolox foi utilizado para o desenvolvimento da curva de calibração (0-700 µmol/L; $y = 0,0013x + 0,0059 / R^2 = 0,9995$), os resultados foram expressos em mg de Trolox/g de amostra.

Compostos fenólicos: O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu [17]. Em tubos de ensaio à prova de luz, foram colocados 125 µl de extrato e pipetados 125 µl de Folin 50%. Em seguida, 2250 µl de carbonato de sódio foram adicionados. Para o branco, foi utilizado o mesmo processo, apenas substituindo a amostra por água destilada. As soluções foram incubadas no escuro por 30 minutos para reação completa do reagente e leituras a 725 nm, a análise foi realizada em triplicata. O ácido gálico foi utilizado para o desenvolvimento da curva de calibração (0-300 µmol/L), os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente por 100 g de amostra em base seca (mg EAG.100 g-1 base seca). Para essa análise do teor de compostos fenólicos, os extratos foram diluídos na concentração de 200 mg/mL ($y = 0,0018x - 0,0182/ R^2 = 0,998$).

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey para diferença mínima significativa ($p < 0,05$) entre as médias utilizando o programa estatístico Sisvar 5.6.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados de DPPH, FRAP, ABTS e compostos fenólicos para mamacadela.

Tabela 2. Análises DPPH, FRAP, ABTS expressas em (μg Trolox/g amostra) e teor de compostos fenólicos (mg EAG/g amostra) para mamacadela.

Tratamento	Parâmetros de extração				Capacidade antioxidante			
	T ($^{\circ}\text{C}$)	Tempo (min)	Resolva.	USD	DPPH	FRAP	ABTS	Computador pessoal
1	30	30	Água	Não	1,77c \pm 0,14	3,04de \pm 0,17	38,51c \pm 1,58	0,69EF \pm 0,08
2	60	30	Água	Não	2,87ab \pm 0,20	5,00c \pm 0,18	43,93b \pm 0,60	0,44f \pm 0,23
3	60	60	Água	Não	2,47b \pm 0,04	6,61b \pm 0,25	11,56EF \pm 0,00	0,71EF \pm 0,02
4	60	60	Etanol	Não	0,95de \pm 0,03	3,63d \pm 0,06	18,31d \pm 0,65	0,43f \pm 0,03
5	60	60	Etanol	Sim	0,55efg \pm 0,05	2,12EF \pm 0,09	13,77e \pm 0,46	2,40d \pm 0,06
6	60	60	Água	Sim	0,98d \pm 0,05	2,00gh \pm 0,03	13,33h \pm 1,34	0,53EF \pm 0,22
7	60	30	Etanol	Sim	0,52efg \pm 0,02	0,81gh \pm 0,04	8,90f \pm 0,18	2,45d \pm 0,07
8	30	60	Etanol	Sim	0,26fg \pm 0,03	0,41h \pm 0,15	0,79h \pm 0,20	3,44b \pm 0,12
9	30	60	Etanol	Não	0,22fg \pm 0,01	0,38h \pm 0,02	1,90h \pm 0,60	3,46b \pm 0,08
10	30	30	Água	Sim	0,56efg \pm 0,02	1,11 gh \pm 0,05	4,60h \pm 0,90	0,53EF \pm 0,26
11	30	30	Etanol	Não	0,24fg \pm 0,01	0,95gh \pm 1,09	6,83fg \pm 0,36	2,99c \pm 0,10
12	30	60	Água	Não	0,82de \pm 0,06	2,20fgh \pm 0,03	21,73gh \pm 0,19	0,78EF \pm 0,10
13	30	60	Água	Sim	1,01d \pm 0,03	2,61fg \pm 0,06	18,83gh \pm 0,67	0,92e \pm 0,21
14	60	30	Etanol	Não	0,64def \pm 0,03	1,22gh \pm 0,19	4,80h \pm 0,38	4,27a \pm 0,13
15	60	30	Água	Sim	3,09a \pm 0,20	9,00a \pm 0,83	52,63a \pm 1,79	0,55EF \pm 0,04
16	30	30	Etanol	Sim	0,23g \pm 0,03	0,58gh \pm 0,02	8,78f \pm 0,54	3,52b \pm 0,20

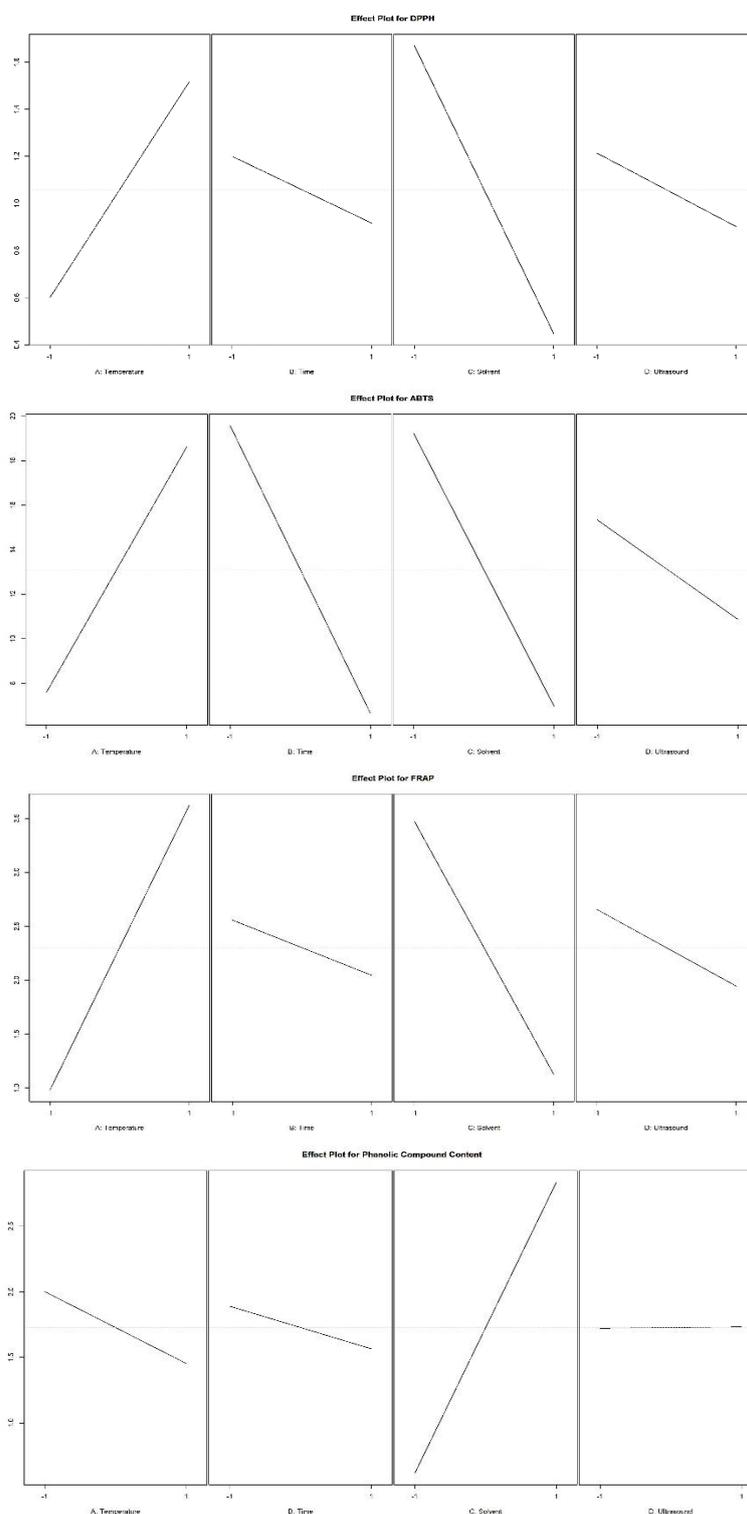
* Letras na mesma coluna indicam que há uma diferença significativa ($p < 0,05$). Os valores são o desvio padrão médio de 3 repetições. T: temperatura ($^{\circ}\text{C}$); Resolver: solvente; USD: banho de ultrassom; PC: compostos fenólicos.

Os maiores valores encontrados para a capacidade antioxidante foram para o tratamento 15, que utiliza temperatura mais alta (60°C), menor tempo (30 minutos), água como solvente e ultrassom. No entanto, para a extração do composto fenólico, os maiores valores foram para o tratamento 14, que utiliza maior temperatura (60°C), menor tempo (30 minutos), etanol como solvente e sem uso de ultrassom.

A capacidade antioxidante encontrada para mamacadela (Tabela 2) pode ser influenciada por fatores como maturidade, espécie, práticas de cultivo, origem geográfica, estágio de crescimento, condições de cultivo e processo de armazenamento, bem como método de preservação e tipo de agente carreador [18–20]. Água como solvente, temperaturas mais altas e o uso de banho ultrassônico foram citados anteriormente como ótimos parâmetros para a extração de compostos antioxidantes de frutas [11,21–23].

A Figura 1 mostra os efeitos dos parâmetros de extração para quantificação do teor de DPPH, ABTS, FRAP e compostos fenólicos. Os dados obtidos mostram várias interferências durante o processo de extração. Enquanto a temperatura teve um efeito positivo, o uso de etanol teve um efeito inverso na extração antioxidante da mamacadela, para todos os métodos utilizados para quantificação.

Figura 1. Efeitos dos parâmetros de extração para quantificação do teor de DPPH, ABTS, FRAP e compostos fenólicos. Temperatura -1 = 30°C e +1 = 60°C; Tempo -1 = 30 min e +1 = 60 min; Solvente -1 = água e +1 = etanol; Ultrassom -1 = não; +1 = sim.



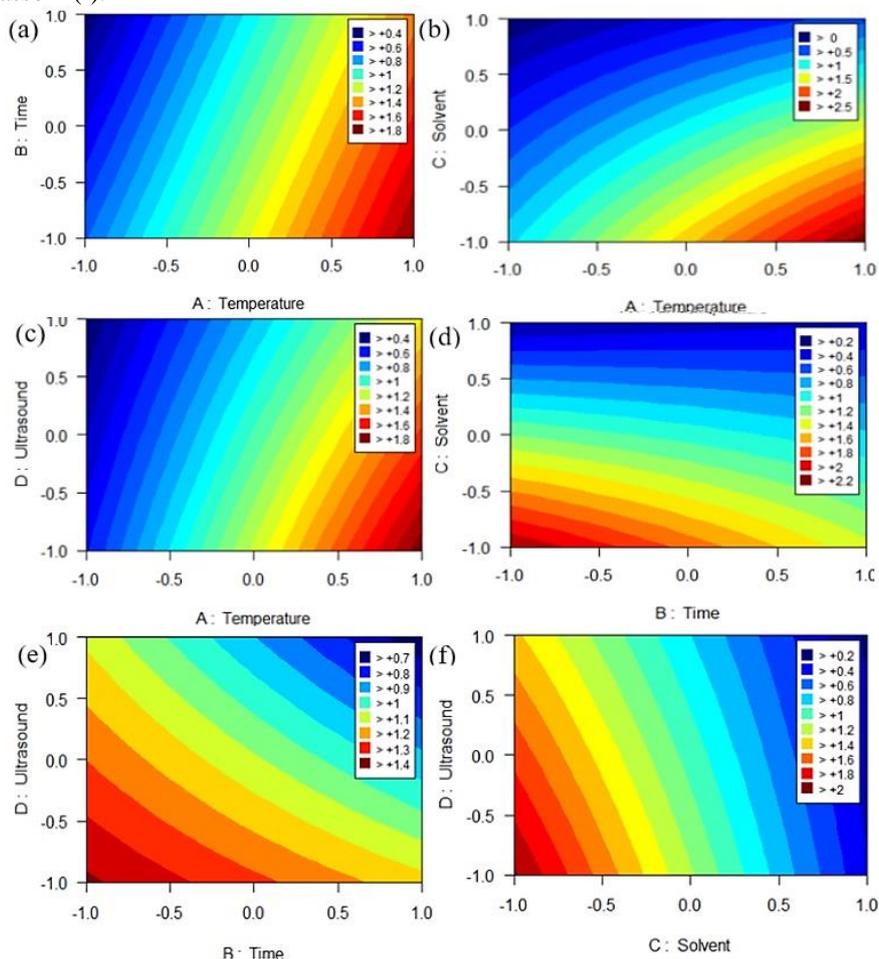
O fator tempo teve um efeito negativo na extração de compostos fenólicos e antioxidantes. Para o fator do tipo solvente, a água foi a que extraiu a maior quantidade de compostos antioxidantes. No entanto, para o teor de compostos fenólicos o etanol apresentou melhores resultados.

Na análise do DPPH, o parâmetro que mais interferiu na quantificação da variável resposta foi o uso ou não de etanol, onde o uso de água apresentou o maior resultado. Portanto, os compostos antioxidantes mamacadela podem ser extraídos usando um solvente verde sustentável, facilitando sua extração e reduzindo o custo de ser um solvente barato e de fácil disponibilidade.

Para a metodologia ABTS, a interação entre tempo e água como solvente apresentou maior significância, o aumento do tempo de extração resultou em diminuição dos compostos antioxidantes presentes nos extratos. A análise de FRAP mostrou uma relação positiva entre o aumento da temperatura de extração e o aumento de compostos antioxidantes.

A Figura 2 mostra a metodologia de superfície de resposta da análise DPPH, representando todas as outras análises que mostraram resultados semelhantes. Foram analisadas interações duplas: temperatura versus tempo, temperatura versus solvente, temperatura versus ultrassom, tempo versus solvente, tempo versus ultrassom e solvente versus ultrassom.

Figura 2. Superfície de resposta para a análise de DPPH em frutos de mamacadela. Interação temperatura versus tempo (a), temperatura versus solvente (b), temperatura versus ultrassom (c), tempo versus solvente (d), tempo versus ultrassom (e) e solvente versus ultrassom (f).



Em todas as análises antioxidantes, a temperatura máxima apresentou resultados mais significativos (Figura 1 e 2) Esse resultado pode estar relacionado ao aumento das taxas de difusão e solubilidade dos analitos e à diminuição da viscosidade e tensão superficial dos solventes. No entanto, em alguns casos, pode-se observar uma diminuição no rendimento da extração, uma vez que alguns compostos, como os fenólicos, podem ser degradados quando submetidos a altas temperaturas [24–27].

A composição química e os compostos fitoquímicos contidos nos materiais vegetais têm diferentes propriedades de solubilidade em diferentes solventes, o solvente ideal para extração dependerá dos materiais vegetais específicos e dos compostos que devem ser isolados [24,28]. Além disso, o uso do ultrassom é uma tecnologia promissora para o processo de extração [24,29–31].

4 CONCLUSÃO

Foi possível extrair uma quantidade representativa de antioxidantes dos frutos da mamacadela priorizando um processo mais sustentável, utilizando a água como solvente. No geral, as condições que maximizaram a extração de antioxidantes do fruto mamacadela foram o uso de água como solvente, a 60 °C, com o menor tempo de extração (30 min). Por fim, ressalta-se a importância da realização de mais estudos sobre o potencial antioxidante do fruto mamacadela, para buscar agregar valor a essas espécies e incentivar seu cultivo e melhoramento genético, possibilitando assim a comercialização desses frutos para outras regiões brasileiras, aumentando a renda para a agricultura familiar e fortalecendo a segurança alimentar e nutricional dos brasileiros.

REFERÊNCIAS

- Alves-Silva, G. F., Romani, V. P., & Martins, V. G. (2022). Jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*) pulp films: Properties, antioxidant potential and biodegradability. **Food Packaging and Shelf Life**, *34*.
- Aracava, K. K., Capellini, M. C., Gonçalves, D., Soares, I. D., Margoto, C. M., & Rodrigues, C. E. C. (2022). Valorization of the baru (*Dipteryx alata* Vog.) processing chain: Technological properties of defatted nut flour and oil solubility in ethanol and isopropanol. **Food Chemistry**, *383*.
- Da Cunha, M. C., Machado, P. S., Araújo, A. B. S., & Carvalho, E. E. N., & Vilas Boas, E. V. B. (2020). Impact of processing and packaging on the quality of murici jelly [*Byrsonima crassifolia* (L.) rich] during storage. **Nutrition & Food Science**, *50*(5).
- dos Santos Oliveira, M. O., Dias, B. B., Pires, C. R. F., Freitas, B. C. B., de Aguiar, A. O., da Silva, J. F. M., et al. (2022). Development of Araticum (*Annona crassiflora* Mart.) jams: Evaluation of physical, microbiological, and sensorial stability in different packages. **Journal of Food Science and Technology**, *59*(9).
- Zitha, E. Z. M., Machado, P. S., Junqueira, L. A., João, E. C. B., de Resende, J. V., Carvalho, E. E. N., et al. (2020). Impact of processing, packages, and storage on quality of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) jelly. **Journal of Food Processing and Preservation**, *44*(10).
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., & Cantino, P. D. (1999). **Plant systematics: A phylogenetic approach**. **Systematic Biology**, *48*(4).
- Leite, V. G., Mansano, V. F., & Pádua Teixeira, S. (2018). Floral development of Moraceae species with emphasis on the perianth and androecium. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, *240*.
- Pozetti, G. L. (2005). *Brosimum gaudichaudii* Trecul (Moraceae): da planta ao medicamento. **Revista Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, *26*(3), 159–166. Available from <https://rcfba.fcfar.unesp.br/index.php/ojs/article/view/581>
- Ribeiro, R. V., Geraldini, I., Bieski, C., Balogun, S. O., & Tabajara De Oliveira Martins, D. (2017). Ethnobotanical study of medicinal plants used by Ribeirinhos in the North Araguaia microregion, Mato Grosso, Brazil. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2017.04.023>
- Varanda, E. A., Pozetti, G. L., Lourenço, M. V., Vilegas, W., & Raddi, M. S. G. (2002). Genotoxicity of *Brosimum gaudichaudii* measured by the Salmonella/microsome assay and chromosomal aberrations in CHO cells. **Journal of Ethnopharmacology**, *81*(2).
- Santos, S. S., Magalhães, F. S., Paraíso, C. M., Ogawa, C. Y. L., Sato, F., Santos Junior, O. O., et al. (2023). Enhanced conditions for anthocyanin extraction from blackberry pomace under ultrasound irradiation. **Journal of Food Process Engineering**, *46*(6), 1–12.
- Yang, H., & Li, Q. (2022). Optimization of extraction process and the antioxidant activity spectrum-effect relationship of *Angelica dahurica*. **Biomedical Chromatography**, *36*(4).
- Kayathi, A., Chakrabarti, P. P., Bonfim-Rocha, L., Cardozo-Filho, L., & Jegatheesan, V. (2020). Selective extraction of polar lipids of mango kernel using supercritical carbon dioxide (SC-CO₂) extraction: Process optimization of extract yield/phosphorous content and economic evaluation. **Chemosphere**, *260*, 127639.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, *26*(9–10), 1231–1237.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Hawkins Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, *19*, 669–675.

Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, *239*, 70–76.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, *16*(3), 144–158.

Kim, D. O., Weon, S., & Lee, C. Y. (2003). Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, *81*, 321–326.

Paraíso, C. M., Januário, J. G. B., Mizuta, A. G., Santos, S. S., Santos Magon, T. F., Ogawa, C. Y. L., et al. (2021). Comparative studies on chemical stability, antioxidant and antimicrobial activity from hot and cold hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces tea infusions. **Journal of Food Measurement and Characterization**, *15*(4), 3531–3538. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-021-00936-4>

Santos, S. S., & Paraíso, C. M., & Madrona, G. S. (2020). Blackberry pomace microspheres: An approach on anthocyanin degradation. **Ciência e Agrotecnologia**, *44*, 1–9.

Santos, S. S., Rodrigues, L. M., Costa, S. C., Bergamasco, R. C., & Madrona, G. S. (2017). Microencapsulation of bioactive compounds from blackberry pomace (*Rubus fruticosus*) by spray drying technique. **International Journal of Food Engineering**, *13*(9), 1–11. <http://www.degruyter.com/view/j/ijfe.2017.13.issue-9/ijfe-2017-0047/ijfe-2017-0047.xml>

Paraíso, C. M., dos Santos, S. S., Correa, V. G., Magon, T., Peralta, R. M., Visentainer, J. V., et al. (2019). Ultrasound assisted extraction of hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.) bioactive compounds for application as potential functional ingredient. **Journal of Food Science and Technology**, *56*(10).

Rodrigues, L. M., Romanini, E. B., Silva, E., Pilau, E. J., da Costa, S. C., & Madrona, G. S. (2020). Camu-camu bioactive compounds extraction by ecofriendly sequential processes (ultrasound assisted extraction and reverse osmosis). **Ultrasonics Sonochemistry**, *64*, 105017.

Paraíso, C. M., Santos, S. S., Correa, V. G., Magon, T., Peralta, R. M., Visentainer, J. V., et al. (2019). Ultrasound assisted extraction of hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.) bioactive compounds for application as potential functional ingredient. **Journal of Food Science and Technology**, *56*(10), 4667–4677.

Erdogan, S., Ates, B., Durmaz, G., Yilmaz, I., & Seckin, T. (2011). Pressurized liquid extraction of phenolic compounds from Anatolia propolis and their radical scavenging capacities. **Food and Chemical Toxicology**, *49*(7).

Santos, S. S., Rodrigues, L. M., Costa, S. C., & Madrona, G. S. (2017). Antioxidant compounds Here are the additional references in APA style with continued numbering:

Santos, S. S., Rodrigues, L. M., Costa, S. C., Bergamasco, R. C., & Madrona, G. S. (2017). Microcapsules of blackberry pomace (*Rubus fruticosus*): Light and temperature stability. **Chemical Engineering Transactions**, *57*, 1837–1842. Available from <http://www.aidic.it/cet/17/57/307.pdf>



Santos, S. S., Magalhães, F. S., Paraíso, C. M., Ogawa, C. Y. L., Sato, F., & Santos Junior, O. O. (2022). Enhanced conditions for anthocyanin extraction from blackberry pomace under ultrasound irradiation. *Journal of Food Process Engineering*, *46*(6), e14077. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfpe.14077>

Santos, S. S., Paraíso, C. M., Rodrigues, L. M., & Madrona, G. S. (2021). Agro-industrial waste as a source of bioactive compounds: Ultrasound-assisted extraction from blueberry (*Vaccinium myrtillus*) and raspberry (*Rubus idaeus*) pomace. *Acta Scientiarum. Technology*, *43*, e55564.

Santos, S. S., Magalhães, F. S., Paraíso, C. M., Ogawa, C. Y. L., Sato, F., Santos Junior, O. O., et al. (2022). Enhanced conditions for anthocyanin extraction from blackberry pomace under ultrasound irradiation. *Journal of Food Process Engineering*, *46*(6), e14077. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfpe.14077>

Romanini, E. B., Rodrigues, L. M., Finger, A., Chierrito, T. P. C., Scapim, M. R. S., & Madrona, G. S. (2021). Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from BRS Violet grape pomace followed by alginate-Ca²⁺ encapsulation. *Food Chemistry*, *338*, 128101. Available from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128101>