



AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE SOLVENTES EUTÉTICOS NA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DO GUARANÁ (*Paullinia Cupana* Kunth)

Denilson M. Nogueira¹, Isabelle V. de Oliveira¹, Celio M. A. Macalia¹, Adriano S. Carolino¹ e Edgar A. Sanches¹

¹UFAM – Universidade Federal do Amazonas
Email: denilsonmagalhaes42@gmail.com

RESUMO

Este trabalho avaliou a eficiência de solventes eutéticos naturais (NADES) na extração de compostos bioativos da casca do guaraná (*Paullinia cupana* Kunth), um resíduo agroindustrial rico em compostos antioxidantes. Foram sintetizados cinco sistemas de solventes eutéticos: cloreto de colina: ácido láctico (1:2), cloreto de colina: sorbitol (4:1), cloreto de colina: glicerol (1:2), sorbitol: ácido láctico (1:2) e glicerol: ácido láctico (1:2). As extrações foram conduzidas com 0,5 g de amostra e 10 mL de solvente e 10% (v/v) de água, a 50 °C por 40 min. Os extratos foram avaliados quanto ao teor de compostos fenólicos totais (método de Folin-Ciocalteu) e atividade antioxidante (DPPH e FRAP). Os resultados demonstraram que os sistemas contendo cloreto de colina apresentaram maior eficiência extrativa que os solventes convencionais (etanol e metanol). O sistema cloreto de colina:glicerol (1:2) apresentou o maior teor de compostos fenólicos (405,83 mg EAG/g), enquanto o sistema cloreto de colina:sorbitol (4:1) apresentou maior atividade antioxidante no DPPH (1407,42 µmol Trolox/mL) e o cloreto de colina:ácido láctico (1:2) destacou-se no FRAP (1937,78 µmol Fe(II)/mL). Os resultados indicam que os solventes eutéticos naturais são alternativas verdes promissoras para a extração de compostos bioativos de resíduos vegetais, contribuindo para o aproveitamento de subprodutos regionais e a promoção da sustentabilidade.

Palavras-chave: Solventes verdes; Guaraná; Compostos fenólicos; Antioxidantes.

INTRODUÇÃO

O reaproveitamento de resíduos agroindustriais tem se mostrado uma estratégia relevante para a promoção da sustentabilidade e da economia circular. No caso do guaraná (*Paullinia cupana* Kunth), amplamente cultivado na região Amazônica, as cascas correspondem a cerca de 20% do fruto e são geralmente descartadas (Lima, 2024; SUFRAMA, 2003). Tradicionalmente, esses subprodutos são descartados, o que representa uma perda significativa de biomassa e de compostos de alto valor agregado. Estudos recentes, no entanto, têm evidenciado que as cascas do guaraná são ricas em compostos bioativos, como compostos fenólicos e flavonoides, que apresentam reconhecido potencial antioxidante e diversas aplicações industriais (Alves et al., 2023; Ristivojević et al., 2024).

A extração desses compostos tem despertado crescente interesse científico, visto que os bioativos naturais podem contribuir para o desenvolvimento de produtos funcionais e sustentáveis, alinhados às novas demandas do mercado consumidor. Entretanto, métodos convencionais de extração utilizam solventes tóxicos, como etanol ou hexano, que impactam o meio ambiente e a saúde humana (Tomé; Mecerreyes, 2020). Essas limitações têm impulsionado a busca por alternativas mais seguras e sustentáveis, capazes de preservar a



integridade dos compostos de interesse e reduzir o impacto ambiental dos processos. Nesse contexto, os solventes eutéticos profundos (DEs), especialmente os derivados de compostos naturais (NADES), têm emergido como alternativas verdes promissoras, por apresentarem características como biodegradabilidade, baixa toxicidade, fácil síntese, economia de energia e alta seletividade na extração de compostos bioativos (Verma; Saini; Maken, 2024).

Diante disso, a aplicação de solventes eutéticos na valorização de resíduos agroindustriais, como as cascas do guaraná, representa uma alternativa inovadora e alinhada aos preceitos da sustentabilidade. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes sistemas de solventes eutéticos na extração de compostos bioativos da casca do guaraná, determinando o teor de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante dos extratos obtidos.

METODOLOGIA

Cinco sistemas de solventes eutéticos naturais (NADES) foram sintetizados a partir da combinação de cloreto de colina, ácido láctico, glicerol e sorbitol, em diferentes proporções molares, conforme metodologia de Kumar et al. (2024) e Chen et al. (2024). A síntese ocorreu a 80 °C, sob agitação até solução homogênea e translúcida. As cascas de guaraná foram lavadas, secas e submetidas à extração com 0,5 g de amostra, 10 mL de solvente eutético e 10% (v/v) de água, sob aquecimento a 50 °C por 40 min, com agitação manual (Koh et al., 2024).

Os extratos obtidos foram analisados quanto ao teor de compostos fenólicos totais, pelo método de Folin-Ciocalteu (Velioglu et al., 1998), e expresso em mg EAG/g. A atividade antioxidante foi avaliada pelos métodos DPPH (Rufino et al., 2007) e FRAP (Benzie & Strain, 1996), expressos em $\mu\text{mol Trolox/mL}$ e $\mu\text{mol Fe(II)/mL}$, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas contendo cloreto de colina apresentaram desempenho superior aos solventes convencionais (etanol e metanol) na extração de compostos bioativos, corroborando achados de Cegledi et al. (2024) e Gao et al. (2024), que relataram alta eficiência dos NADES na extração de biocompostos. O sistema cloreto de colina:glicerol (1:2) exibiu o maior teor de fenóis (405,83 mg EAG/g), indicando elevada afinidade por compostos polares.

No ensaio DPPH, o sistema cloreto de colina:sorbitol (4:1) apresentou a maior capacidade antioxidante (1407,42 $\mu\text{mol Trolox/mL}$), seguido por cloreto de colina:ácido láctico (1016,58 $\mu\text{mol Trolox/mL}$). No FRAP, cloreto de colina:ácido láctico (1:2) destacou-se (1937,78 $\mu\text{mol Fe(II)/mL}$), evidenciando alta capacidade redutora.

A diferença entre os teores de fenóis e a atividade antioxidante pode estar relacionada à diferença estrutural e reatividade dos compostos, visto que nem todos os fenóis apresentam a mesma capacidade de doação de elétrons ou hidrogênios (Rao et al., 2024). Esses resultados corroboram estudos recentes que demonstram o alto potencial dos solventes eutéticos naturais como alternativas sustentáveis e eficientes na extração de compostos bioativos, especialmente em matrizes vegetais ricas em antioxidantes (Stanisz; Stanisz; Cielecka-Piontek, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os solventes eutéticos naturais demonstraram alta eficiência na extração de compostos fenólicos e antioxidantes das cascas de guaraná, superando os solventes convencionais. O sistema cloreto de colina:glicerol (1:2) apresentou o melhor desempenho para



compostos fenólicos, enquanto os sistemas cloreto de colina:sorbitol (4:1) e cloreto de colina:ácido láctico (1:2) se destacaram nos ensaios DPPH e FRAP, respectivamente.

Esses resultados evidenciam que os NADES formados a partir de cloreto de colina são sistemas promissores para a extração de compostos fenólicos e antioxidantes de matrizes vegetais, representando uma alternativa verde, segura e eficiente aos solventes tradicionais. Além de contribuir para o aproveitamento sustentável dos resíduos agroindustriais do guaraná, este estudo reforça o potencial dos solventes eutécticos como ferramentas alinhadas aos princípios da química verde e da economia circular.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pelo suporte institucional e pela oferta de um ambiente acadêmico propício ao desenvolvimento científico e tecnológico. Agradecem, também, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais (PPGCEM), pelo incentivo à pesquisa e pela formação de excelência voltada à inovação e à sustentabilidade. Ao Grupo de Pesquisa do Laboratório de Polímeros Nanoestruturados (NANOPOL) da UFAM, pelo apoio técnico, pelas discussões científicas e pela colaboração durante as etapas experimentais. Por fim, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pelo fomento e incentivo à pesquisa, que tornaram possível a execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVES, Ingrid R.F.S. *et al.* Waste generation in Brazil: municipal, agricultural, and industrial wastes. *In: WASTE MANAGEMENT AND RESOURCE RECYCLING IN THE DEVELOPING WORLD*. [S. l.]: Elsevier, 2023. p. 3–20. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780323904636000294>.

BENZIE, Iris FF; STRAIN, J. J. [2] Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *In: Methods in enzymology*. Academic press, 1999. p. 15-27.

CEGLEDI, Ena *et al.* Green Approaches for the Extraction of Banana Peel Phenolics Using Deep Eutectic Solvents. *Molecules*, [s. l.], v. 29, n. 15, p. 3672, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/29/15/3672>.

CHEN, Mingrui *et al.* Exploring the impact of co-extracted cell wall polysaccharides on the stability of blueberry anthocyanins in deep eutectic solvent. *Chemical Engineering Journal*, [s. l.], v. 494, p. 153065, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1385894724045534>.

GAO, Jingyu *et al.* Deep Eutectic Solvents as New Extraction Media for Flavonoids in Mung Bean. *Foods*, [s. l.], v. 13, n. 5, p. 777, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/5/777>.

KOH, Q. Q. *et al.* Formulation and characterization of natural deep eutectic solvents (NADES) for simultaneous phenolics and carotenes extraction from fresh oil palm leaf. *Food and*



Bioproducts Processing, v. 147, p. 459–473, 1 set. 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960308524001482>.

KUMAR, R. *et al.* Optimization of Polyphenol Extraction from Purple Corn Pericarp Using Glycerol/Lactic Acid-Based Deep Eutectic Solvent in Combination with Ultrasound-Assisted Extraction. **Antioxidants**, v. 14, n. 1, p. 9, 25 dez. 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/14/1/9>.

LIMA, Alan Kelbis Oliveira. **Fitossíntese de nanopartículas de prata (AgNPs) utilizando extrato aquoso de partes vegetais de guaraná (Paullinia cupana Kunth): estudo dos parâmetros reacionais, caracterização e atividades biológicas in vitro**. Brasília - DF: [s. n.], 2024.

RISTIVOJEVIĆ, Petar *et al.* Advances in Extracting Bioactive Compounds from Food and Agricultural Waste and By-Products Using Natural Deep Eutectic Solvents: A Circular Economy Perspective. **Molecules**, [s. l.], v. 29, n. 19, p. 4717, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/29/19/4717>.

RAO, Si wei *et al.* Urea-based deep eutectic solvents enzyme system for high efficiency extraction of alkaloids and flavonoids in plants: Zanthoxylum nitidum (Roxb.) DC. as a case. **Microchemical Journal**, [s. l.], v. 199, 2024.

RUFINO, M. do S. M. *et al.* **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 127).

SUFRAMA – SUPERINTENDÊNCIA DA ZONA FRANCA DE MANAUS. **Potencialidades regionais, estudo da viabilidade econômica, guaraná**. Manaus, Suframa, 2003.

STANISZ, Malgorzata; STANISZ, Beata J.; CIELECKA-PIONTEK, Judyta. A Comprehensive Review on Deep Eutectic Solvents: Their Current Status and Potential for Extracting Active Compounds from Adaptogenic Plants. **Molecules**, [s. l.], v. 29, n. 19, p. 4767, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/29/19/4767>.

TOMÉ, Liliana C; MECERREYES, David. Emerging Ionic Soft Materials Based on Deep Eutectic Solvents. **The journal of physical chemistry. B**, [s. l.], v. 124, n. 39, p. 8465–8478, 2020. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32692180>.

VELIOGLU, Y. S. *et al.* Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 46, n. 10, p. 4113–4117, 1998.

VERMA, Sweety; SAINI, Kanhaiya; MAKEN, Sanjeev. Deep eutectic solvents: A long-term approach to chemical synthesis and separation. **Journal of Molecular Liquids**, [s. l.], v. 393, p. 123605, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016773222302411X>.