OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS MICROENCAPSULADOS A PARTIR DA INFUSÃO DE FARINHA DA COROA DE ABACAXI

1 Esther M. Antonio (IC-UNIRIO); 1,2 Ana B. Koifman (PIBIC, atual mestrado-CNPq); 2 Talita B. B. Nogueira (doutorado-CNPq); 2 Matheus G. O. Carvalho (técnico); 2,3 Ana Elizabeth C. Fai (pesquisadora); 1,2 Mariana S. L. Ferreira (orientadora).

1- Departamento de Ciência de Alimentos; Escola de Nutrição; Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, UNIRIO.

2- Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN), UNIRIO.

3- Departamento de Nutrição Básica e Experimental; Instituto de Nutrição; Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Apoio Financeiro: FAPERJ, CNPq, UNIRIO.

Palavras-chave: chá; microencapsulação; capacidade antioxidante; resíduos agroindustriais.

Introdução

O abacaxi (*Ananas comosus*) é a terceira fruta mais produzida no Brasil, contribuindo com cerca de R$ 2,22 bilhões para o PIB agrícola (EMBRAPA, 2022; Statista, 2024). Cerca de 56,4% do fruto, incluindo a coroa, miolo e casca, é considerado resíduo. A produção em larga escala de abacaxi gera uma quantidade significativa de resíduos agroindustriais, provenientes tanto das perdas pós-colheita quanto da indústria alimentícia (Aili Hamzah et al., 2021; Awasthi et al., 2022; Roda & Lambri, 2019). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10) busca minimizar esses resíduos, promovendo o reaproveitamento e reciclagem. Estudos recentes indicam que partes não comestíveis, como a coroa, possuem elevado valor nutricional e capacidade antioxidante, além de ser rica em fibras como lignina, celulose e hemicelulose (Braga et al., 2015; Brito et al., 2021). A farinha da coroa de abacaxi pode ser usada para obter infusões com propriedades bioativas, que podem ser preservadas por meio da microencapsulação, protegendo compostos sensíveis em uma barreira física eficaz (Baltrusch et al., 2022). Entre as técnicas utilizadas, destacam-se a secagem por *spray drying* e a liofilização, que, embora operem em condições distintas, ambas afetam a morfologia e estabilidade dos compostos bioativos encapsulados, oferecendo aplicações promissoras na indústria alimentícia (Eun et al., 2020; Yamashita et al., 2017).

Objetivo

O objetivo foi comparar a eficácia dos métodos de encapsulação spray drying e liofilização, caracterizar o perfil antioxidante das amostras por métodos espectrofotométricos, e quantificar os compostos fenólicos nas amostras microencapsuladas e na infusão utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

Metodologia

Coroas de abacaxi da cultivar Pérola (n=12), coletadas e cedidas após o descarte em feira livre na zona sul da cidade do Rio de Janeiro, foram desfolhadas, higienizadas e submetidas a um processo de secagem em três etapas: 6 h em estufa ventilada a 65 °C, corte das folhas e mais 6 horas de secagem (65 ºC), e, por fim, 1 h a 90 °C para garantir estabilidade microbiológica (Brito et al., 2020). O material seco foi moído em moinho de bola (SL-38, Solab, Brasil) por 1 minuto, resultando na farinha de coroa de abacaxi (FCA). Para a preparação da infusão, 4 g de FCA foram adicionados a 100 mL de água a 90 °C por 10 min, conforme testes preliminares. Após a infusão, a mistura foi filtrada e armazenada a -10 °C para análises subsequentes (Moraes et al., 2020). Para a produção das microcápsulas, 5 g de maltodextrina (Inlab 5318, Brasil) foram adicionados a 100 mL da infusão em agitador magnético por 10 min a 1300 rpm (Santiago-Adame et al., 2015). As soluções foram secas por duas técnicas: liofilização e *spray drying*. Na liofilização, as soluções foram congeladas a -80 °C por 24 h e secas em liofilizador a 0 ± 0,3 Pa. No *spray dryer*, as soluções foram secas com temperatura de entrada de 150 °C e de saída de 100 °C, com vazão de alimentação de 7 mL/min e aspirador a 100%. Os pós resultantes foram armazenados a -20 °C para análises posteriores. A eficiência de encapsulação foi avaliada a partir da extração dos compostos encapsulados e não encapsulados, utilizando o método descrito por Selamat et al. (2009). As microcápsulas foram submetidas a dois processos de extração: uma

para quantificação dos compostos no interior e outra para os compostos na superfície. As análises de capacidade antioxidante, incluindo capacidade redutora total (CRT) pelo método de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999), atividade sequestrante do radical DPPH (Furlan et al., 2015), redução do ferro (FRAP) (Furlan et al., 2015), e capacidade de absorção dos radicais de oxigênio (ORAC) (Zulueta et al., 2009), foram realizadas nas microcápsulas e nos extratos obtidos. A caracterização do perfil de compostos fenólicos foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC-DAD), conforme Gomes e Torres (2016). Todos os resultados foram analisados por ANOVA com teste post-hoc de Tukey HSD, utilizando um nível de significância de 5% ($p < 0,05$) e o software disponível no site Astatsa.com (Lumivero, 2024).

Resultados

Houve alta eficiência de encapsulação para ambas as amostras determinada pela CRT, com 97% para a seca por *spray-dryer* (SD) e 98,7% para a liofilizada (LIO), destacando excelente retenção do material bioativo, superando os 72% relatados por Nori et al. (2011). Este resultado indica eficácia do método de encapsulação, corroborada pela baixa presença de compostos redutores na superfície das microcápsulas. Mahdavi et al. (2016) consideram um método eficiente quando a retenção do material do núcleo é alta, o que foi confirmado aqui. Embora Saikia et al. (2015) tenham encontrado maior eficiência nas amostras liofilizadas, este estudo não apresentou diferenças significativas entre as técnicas. A análise da capacidade antioxidante revelou maior capacidade redutora total (CRT) na amostra SD, sem diferenças significativas na atividade antioxidante entre as amostras, determinadas por FRAP e ORAC. Laureanti et al. (2023) indicam que a técnica de *spray-drying* preserva melhor compostos bioativos, suportado pelos dados de CRT. Entretanto, o teste de DPPH não foi conclusivo para as amostras solubilizadas em água, devido à precipitação causada pela maltodextrina. Quanto aos extratos obtidos para avaliação da eficiência de encapsulação, os extratos do interior mostraram maior atividade antioxidante, por FRAP e DPPH, indicando melhor retenção e proteção dos compostos, e pouca atividade nos extratos da superfície, corroborando os resultados obtidos no cálculo da eficiência. Nas amostras microencapsuladas, HPLC-DAD identificou ácidos p-cumárico, transferúlico e cafeico, corroborando o perfil de compostos fenólicos previamente identificados por Brito et al. (2021) por espectrometria de massas. A amostra SD apresentou maiores concentrações de ácido p-cumárico e cafeico, e a LIO maior teor de ácido transferúlico. Steingass et al. (2015) também descreve a presença desses compostos na coroa de abacaxi, reconhecidos por suas propriedades farmacológicas. Embora o estudo revele um perfil interessante de compostos fenólicos, limitações nos padrões disponíveis e na seletividade do método de extração impediram uma identificação completa. Análises mais detalhadas, como a espectrometria de massas, poderiam oferecer um perfil mais abrangente dos compostos presentes.

Conclusões

Este projeto aponta avanços na encapsulação de compostos bioativos a partir da infusão de farinha de coroa de abacaxi, alcançando alta eficiência de encapsulação e resultados promissores em atividade antioxidante e compostos fenólicos. A pesquisa aprimorou técnicas de encapsulação, demonstrando a superioridade do *spray-dryer* na retenção e proteção dos compostos bioativos em comparação com a liofilização. Os resultados confirmam a eficácia das metodologias, superando estudos anteriores e sugerindo novas aplicações futuras. O estudo reforça a importância de continuar explorando novas estratégias de encapsulação e metodologias para melhorar a extração, preservação e aplicação de compostos bioativos, contribuindo significativamente para o avanço das técnicas de microencapsulação.

Referências

AILI HAMZAH, A. F. et al. Recent Updates on the Conversion of Pineapple Waste (Ananas comosus) to Value-Added Products, Future Perspectives and Challenges. Agronomy, [s. l.], v. 11, n. 11, p. 2221, 2021. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4395/11/11/2221. Acesso em: 6 nov. 2023.

AKHAVAN MAHDAVI, S. *et al.* Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. **International Journal of Biological Macromolecules**, [*s. l.*], v. 85, p. 379–385, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813016300083. Acesso em: 6 jun. 2024.

AWASTHI, M. K. et al. Microbial biotechnology approaches for conversion of pineapple waste in to emerging source of healthy food for sustainable environment. International Journal of Food Microbiology, [s. l.], v. 373, p. 109714, 2022.

BALTRUSCH, K. L. *et al.* Spray-drying microencapsulation of tea extracts using green starch, alginate or carrageenan as carrier materials. **International Journal of Biological Macromolecules**, [*s. l.*], v. 203, p. 417–429, 2022. Disponível em :https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813022001441. Acesso em: 26 abr. 2024.

BRAGA, R. M. et al. The energetic characterization of pineapple crown leaves. Environmental Science and Pollution Research, [s. l.], v. 22, n. 23, p. 18987–18993, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11356-015-5082-6. Acesso em: 25 maio 2024.

BRITO, T. B. N. *et al.* Antimicrobial, antioxidant, volatile and phenolic profiles of cabbage-stalk and pineapple-crown flour revealed by GC-MS and UPLC-MSE. **Food Chemistry**, [*s. l.*], v. 339, p. 127882, 2021. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814620317441. Acesso em: 29 ago. 2023.

BRITO, T. B. N. *et al.* Chemical composition and physicochemical characterization for cabbage and pineapple by-products flour valorization. **LWT**, [*s. l.*], v. 124, p. 109028, 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643820300165. Acesso em: 18 ago. 2023.

EMBRAPA. Abacaxi - Portal Embrapa. [S. l.], 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/abacaxi. Acesso em: 26 abr. 2024.

EUN, J.-B. *et al.* A review of encapsulation of carotenoids using spray drying and freeze drying. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [*s. l.*], v. 60, n. 21, p. 3547–3572, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1698511. Acesso em: 5 maio 2024.

FURLAN, C. M. *et al.* Flavonoids and antioxidant potential of nine Argentinian species of Croton (Euphorbiaceae). **Brazilian Journal of Botany**, [*s. l.*], v. 38, n. 4, p. 693–702, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s40415-014-0115-9. Acesso em: 30 ago. 2023.

GOMES, S.; TORRES, A. G. Optimized extraction of polyphenolic antioxidant compounds from Brazil nut (Bertholletia excelsa) cake and evaluation of the polyphenol profile by HPLC. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [*s. l.*], v. 96, n. 8, p. 2805–2814, 2016. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.7448. Acesso em: 28 maio 2024.

LAUREANTI, E. J. G. *et al.* Microencapsulation of bioactive compound extracts using maltodextrin and gum arabic by spray and freeze-drying techniques. **International Journal of Biological Macromolecules**, [*s. l.*], v. 253, p. 126969, 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813023038667. Acesso em: 13 jun. 2024.

MORAES, T. V. de *et al.* Atividade antioxidante e conteúdo de compostos fenólicos do chá do caule da Pereskia aculeata Miller fresco e armazenado sob congelamento. **Research, Society and Development**, [*s. l.*], v. 9, n. 5, p. e34953140–e34953140, 2020. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3140. Acesso em: 30 ago. 2023.

NORI, M. P. *et al.* Microencapsulation of propolis extract by complex coacervation. **LWT - Food Science and Technology**, [*s. l.*], v. 44, n. 2, p. 429–435, 2011. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643810003129. Acesso em: 30 ago. 2023.

RODA, A.; LAMBRI, M. Food uses of pineapple waste and by-products: a review. International Journal of Food Science & Technology, [s. l.], v. 54, n. 4, p. 1009–1017, 2019. Disponível em: https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ijfs.14128. Acesso em: 19 maio 2024.

SAIKIA, S.; MAHNOT, N. K.; MAHANTA, C. L. Optimisation of phenolic extraction from *Averrhoa carambola* pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray and freeze drying. **Food Chemistry**, [*s. l.*], v. 171, p. 144–152, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614012795. Acesso em: 21 jun. 2024.

SANTIAGO-ADAME, R. *et al.* Spray drying-microencapsulation of cinnamon infusions (*Cinnamomum zeylanicum*) with maltodextrin. **LWT - Food Science and Technology**, [*s. l.*], v. 64, n. 2, p. 571–577, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815004478. Acesso em: 26 abr. 2024.

SELAMAT, S. N.; MUHAMAD, Ida Idayu; SARMIDI, M. R. Encapsulation of tocopherol and tocotrienol in vitamin-e using spray drying technique. [*s. l.*], p. 143–147, 2009. Disponível em: https://www.semanticscholar.org/paper/Encapsulation-of-tocopherol-and-tocotrienol-in-Selamat-Muhamad/75bccaeff78059576e8695373739c4063b750eec. Acesso em: 4 jun. 2024.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *In*: METHODS IN ENZYMOLOGY. [*S. l.*]: Academic Press, 1999. (Oxidants and Antioxidants Part A). v. 299, p. 152–178. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0076687999990171. Acesso em: 23 ago. 2023.

STEINGASS, C. B. *et al.* Studies into the phenolic patterns of different tissues of pineapple (Ananas comosus [L.] Merr.) infructescence by HPLC-DAD-ESI-MSnand GC-MS analysis. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, [*s. l.*], v. 407, n. 21, p. 6463–6479, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00216-015-8811-2. Acesso em: 21 jun. 2024

STATISTA. Global pineapple production 2022. [S. l.], 2024. Disponível em: https://www.statista.com/statistics/298505/global-pineapple-production/. Acesso em: 18 maio 2024.

YAMASHITA, C. et al. Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (Rubus spp.) by-product extract by freeze-drying. LWT, [s. l.], v. 84, p. 256–262, 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002364381730378X. Acesso em: 20 maio 2024.