

PRODUÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE AMIDO DE FEIJÃO-CAUPI POR ULTRASSONICAÇÃO

Stefani G. D. LIMA¹; Ivo H. P. ANDRADE²; Lorena L. D. SANTANA²; Geany P. CAMILLOTO³; Renato S. CRUZ^{3*}

¹ Bolsista PIBIC/CNPq, Universidade Estadual de Feira de Santana

²Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia

³Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana

*E-mail para correspondência: cruz.rs@uefs.br

RESUMO: A obtenção e modificação física de amidos de leguminosas, como o feijão-caupi, tem despertado interesse científico devido ao potencial de aplicação de estruturas nanométricas. A redução de amidos à nanoescala possibilita sua utilização para uma gama de aplicações, graças à sua elevada área de superfície específica, maior reatividade e mínimas limitações de difusão. Neste estudo, objetivou-se produzir nanopartículas de amido (NPA) por ultrassonicação e avaliar suas propriedades. O amido nativo foi processado em suspensão aquosa (0,5% m/v) por 30 minutos a 40% de potência, utilizando sonificador de ponteira. As NPA foram caracterizadas quanto à morfologia, tamanho, polidispersidade, estabilidade térmica e estrutura molecular por FTIR-ATR. As nanopartículas apresentaram dimensões entre 11,63 e 268,49 nm, com tamanho médio de 50,40 nm e morfologia predominantemente oval e elipsoidal. A análise de FTIR-ATR confirmou que a modificação ocorreu por processo físico, sem formação de novos grupos funcionais. A termogravimetria indicou discreta redução na estabilidade térmica em relação ao amido nativo. As reduzidas dimensões e a preservação da estrutura química conferem às NPA potencial para aplicação em sistemas alimentícios, atuando como substitutos de gordura, carreadores de compostos bioativos e agentes de reforço.

Palavras-chave: Nanoamido; Nanotecnologia; Cavitação acústica; *Vigna unguiculata*.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) é uma leguminosa cultivada em diversas partes do mundo e é uma fonte não-convencional de amido, com teor que pode chegar à 66% (Oyeyinka et al., 2021). Outra vantagem adicional da produção de amido a partir de leguminosas reside no aproveitamento de sementes de feijão-verde descartadas durante o processamento industrial, contribuindo na valorização destes subprodutos (Andrade et al., 2025).

Os amidos de leguminosas vêm ganhando maior destaque quando tratados por métodos físicos como o ultrassom (Monu et al., 2025). A ultrassonicação é uma tecnologia 100% física, que proporciona a fragmentação de amidos da micro para a nanoescala, ou seja, partículas com tamanho menor que 1000 nm, por meio do fenômeno da cavitação (Marta et al., 2023). A produção de nanopartículas de amido (NPA) tem despertado crescente interesse devido à sua elevada área de superfície específica, maior reatividade e mínimas limitações de difusão, características diretamente associadas ao seu reduzido tamanho. Ademais, trata-se de materiais biodegradáveis e atóxicos (Zuo et al., 2024).

O presente estudo teve como objetivos a produção de nanopartículas de amido de feijão-caupi por meio de processo assistido por ultrassom, a caracterização destas nanoestruturas e suas possíveis aplicações tecnológicas.

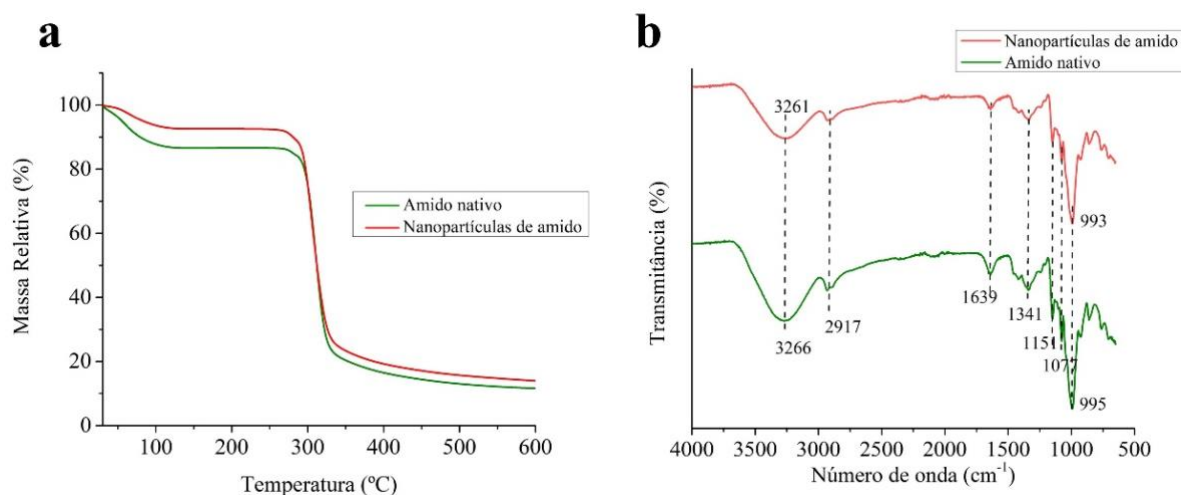


Partículas menores que 200 nm são mais indicadas como carreadores, por prolongarem o tempo de circulação dos bioativos (Wang et al., 2025). Nesse contexto, as dimensões obtidas neste estudo conferem às nanopartículas potencial para aplicação como sistemas de liberação controlada. Além disso, nanopartículas de menores dimensões oferecem maior área de superfície para interação com cadeias poliméricas, o que resulta em uma região interfacial mais extensa e em ligações mais fortes (Zare et al., 2025). Assim, as nanoestruturas produzidas apresentam também potencial para aplicação como materiais de reforço em compósitos.

As nanopartículas apresentaram um PDI de $0,34 \pm 0,09$. O valor numérico do PDI varia de 0,0 a 1,0, sendo que valores de 0,1 a 0,5 correspondem a suspensões coloidais relativamente monodispersas (Noman et al., 2023). Os perfis de decomposição térmica do amido nativo e das NPA mostraram um padrão semelhante (Figura 2a). O primeiro estágio de perda de massa no amido nativo ocorreu entre 38-139 °C, e o segundo entre 260-344 °C. Já para as NPA, entre 35-127 °C no primeiro estágio, e 261-341 °C no segundo estágio. As temperaturas ligeiramente mais elevadas do amido nativo indicam uma estabilidade térmica superior em relação às nanopartículas. Isso é atribuído à superfície e estrutura interna mais compactas do amido nativo, exigindo, portanto, mais energia para passar pelas transições térmicas.

Em relação aos espectros FTIR-ATR do amido nativo e das NPA (Figura 2b), não foram observados o aparecimento de novas bandas e nem o desaparecimento das bandas existentes das nanoestruturas em relação ao amido nativo, o que confirma que a modificação ultrassônica foi puramente física, sem introduzir novos grupos funcionais, apenas fragmentando mecanicamente os grânulos e preservando a identidade química do amido. Observou-se a diminuição da intensidade de uma das bandas na região de impressão digital (de 995 cm^{-1} a 993 cm^{-1}), relacionadas às ligações glicosídicas, e em 3261 cm^{-1} , referentes às hidroxilas. Isto sugere enfraquecimento ou rompimento destas ligações (Amira et al., 2025).

Figura 2 – Curvas TG (a) e espectros FTIR-ATR (b) do amido nativo e das NPA.



CONCLUSÃO

O amido nativo foi reduzido à 50,40 nm. O pequeno tamanho das NPA, aliado à natureza física do processo ultrassônico, as torna promissoras em aplicações em sistemas alimentares, em especial como substitutos de gordura e carreadores de bioativos. Apesar da ligeira redução na

estabilidade térmica, a biocompatibilidade conferida pelos grupos hidroxílicos abundantes e as dimensões nanométricas das NPA as qualificam também como potenciais agentes de reforço.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro fornecido pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) à Stefani Gonçalves de Lima como parte de seus estudos de graduação em Engenharia de Alimentos na Universidade Estadual de Feira de Santana.

REFERÊNCIAS

- AMIRA, B. S.; PRANOTO, Y.; SETIOWATI, A. D. Physicochemical and functional properties of jackfruit seed starch nanoparticles obtained via ultrasonication-assisted nanoprecipitation. *Journal of Food Measurement and Characterization*, v. 19, n. 12, p. 9940-9955, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-025-03632-9>.
- ANDRADE, I. H. P. et al. Acoustic Cavitation-Assisted Extraction of Starch Nanoparticles from Green Lablab Bean (*Dolichos lablab*). *Food and Bioprocess Technology*, v. 18, n. 12, p. 10391-10405, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-025-04034-x>.
- BEL HAAJ, S.; MAGNIN, A.; PÉTRIER, C.; BOUFI, S. Starch nanoparticles formation via high power ultrasonication. *Carbohydrate Polymers*, 92(2), 1625-1632, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.11.022>.
- KAUR, J.; KAUR, G.; SHARMA, S. Corn starch nanoparticles: preparation, characterization, and utilization as a fat replacer in salad dressing. *Acta Alimentaria*, v. 48, n. 2, p. 204-212, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1556/066.2019.48.2.8>.
- OYEYINKA, S. A. et al. Infrared heating under optimized conditions enhanced the pasting and swelling behaviour of cowpea starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 184, p. 678-688, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.06.129>.
- MARTA, H. et al. Starch nanoparticles: Preparation, properties and applications. *Polymers*, v. 15, n. 5, p. 1167, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15051167>.
- MONU, C. U. et al. Physicochemical characterization of sprouted cowpea starch by varieties. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, v. 17, n. 1, p. 112-128, 2025. DOI: <https://doi.org/10.15586/qas.v17i1.1520>.
- MINAKAWA, A. F. K. Produção e caracterização de nanopartículas de amido obtidas por ultrassonicação. 2017. 64 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.
- NOMAN, M. et al. Effect of starch-based nanoparticles on the viability and stability of probiotics under adverse conditions. *International Journal of Food Properties*, v. 26, n. 1, p. 1841-1854, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2236316>.
- PRAZERES, K. G. M. D. et al. Extraction and characterization of starch from green-matured cowpea beans (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 97, n. 4, p. e20241171, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202520241171>.
- WANG, S. et al. Thermal and structural characteristics of novel V-type starch nanoparticles synthesized via the H₂O₂/UV synergistic recrystallization approach. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 102, p. 104000, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2025.104000>.
- ZARE, Y. et al. Strengthening efficacy of spherical starch nanoparticles and surrounding interphase in polymer nanocomposites. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 319, p. 145317, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.145317>.
- ZUO, R. et al. Isolation and characterization of natural nano starch from amaranth starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 260, p. 129525, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129525>.