

APROVEITAMENTO DE SEMENTES DE MANGA PARA PRODUÇÃO DE NANOAMIDOS VIA CAVITAÇÃO ACÚSTICA

Ivo H. P. ANDRADE¹; Stefani G. D. LIMA²; Indira S. C. ESTEVES³; Lorena L. D. SANTANA¹; Geany P. CAMILLOTO⁴; Renato S. CRUZ^{4*}

¹Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia

²Bolsista PIBIC/CNPq, Universidade Estadual de Feira de Santana

³ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia

⁴Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana

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

RESUMO: Amidos nanoestruturados exibem elevada área específica e reatividade, com menor restrição à difusão, favorecendo diversas aplicações. O presente estudo propõe a valorização das sementes da manga (variedade Tommy Atkins) para extração de amido e posterior produção de nanopartículas de amido (NPA) via ultrassom, uma técnica *clean label*. O amido de manga (0,5% m/v) foi sonificado por 30 minutos a 85% de potência. As NPA obtidas foram produzidas com alto rendimento (66,40%), e tiveram tamanho médio de 47,95 nm, índice de polidispersividade (PDI) de 0,47, e formato arredondado. Os espectros FTIR-ATR atestaram a natureza física do processo de fragmentação do amido. As nanopartículas foram termicamente menos estáveis do que o amido nativo. O alto rendimento de processo, o reduzido tamanho das nanopartículas, o baixo índice de polidispersão, e a natureza física do processo de obtenção conferem às NPA de manga elevado potencial para aplicação em produtos alimentícios.

Palavras-chave: Nanopartículas de amido; *Mangifera indica* L.; Ultrassom; Coprodutos.

INTRODUÇÃO

O processamento da manga (*Mangifera indica* L.) gera um volume significativo de subprodutos, principalmente na forma de cascas e sementes, estimado em aproximadamente 210.000 toneladas métricas, o que corresponde a 25–40% (p/p) da produção anual do fruto (Shivaswamy et al., 2024). Nessa conjuntura, a extração de amido surge como uma estratégia promissora para a valorização desses subprodutos, ao mesmo tempo em que contribui para a redução dos impactos ambientais (Lan et al., 2025). Além disso, essa abordagem se mostra particularmente relevante considerando que o amido constitui um dos principais componentes do fruto.

Apesar do crescente interesse no aproveitamento das sementes de manga como fonte amilácea, a literatura científica ainda apresenta escassez de estudos voltados à modificação dessa matéria-prima (Singh et al., 2024), especialmente no que se refere à produção de nanopartículas de amido (NPA). Em escala nanométrica (1–1000 nm), os amidos apresentam propriedades diferenciadas, como maior área superficial específica e maior taxa de penetração biológica, o que amplia seu potencial de aplicação em diferentes setores industriais, incluindo as áreas de alimentos e farmacêutica (Campelo et al., 2020). Assim, este estudo teve como objetivos a extração assistida por cavitação acústica e posterior caracterização de NPA de manga (variedade Tommy Atkins).

MATERIAL E MÉTODOS

Extração do amido nativo de manga

Subprodutos de mangas da variedade Tommy Atkins foram obtidos através da Coopersabor (Cooperativa Regional de Agricultores/as Familiares e Extrativistas da Economia Popular e Solidária), Bahia, Brasil. Os caroços foram separados e as sementes extraídas, lavadas, fracionadas, e imersas em solução de metabissulfito de sódio (0,2%) por 24 h sob refrigeração. Em seguida, foram trituradas, e as dispersões foram filtradas e submetidas a sucessivas lavagens para recuperação do amido. As dispersões foram refrigeradas para decantação do amido, e em seguida passaram por novas etapas de lavagem. O amido obtido foi seco a 40 °C por 12 h, macerado e armazenado.

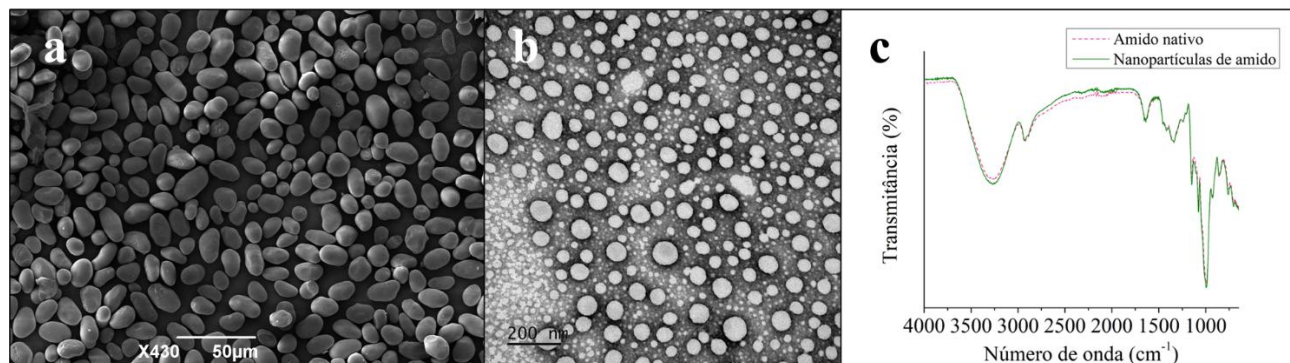
Produção das nanopartículas de amido de manga

O amido de manga foi submetido a tratamento ultrassônico a 0,5% (m/v), por 30 min e 85% de potência, utilizando um sonicator Q55 (QSonica, LLC, EUA), de 55 W. Nessas condições operacionais, para esse tipo de equipamento, verificou-se elevada eficiência na fragmentação do amido em estudo anterior, com obtenção de nanopartículas de dimensões reduzidas e alto rendimento (Andrade et al., 2025). Em seguida, uma fração das NPA foi armazenada sob refrigeração, enquanto a outra foi submetida à secagem em liofilizador L101 (Liotop, Brasil). As NPA foram caracterizadas quanto à sua morfologia (microscopia eletrônica), tamanho, estrutura molecular (FTIR-ATR) e estabilidade térmica (DTG-DTA). As dimensões das nanoestruturas e do amido nativo foram estimadas a partir das micrografias, com base em medição de 170 grânulos de amido nativo e de 300 nanopartículas, através do software ImageJ 1.54g.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O amido nativo de manga apresentou grânulos predominantemente ovais e arredondados (Figura 1a), com estrutura, em geral, íntegra. Por sua vez, as NPA exibiram morfologia predominantemente arredondada (Figura 1b). O rendimento de produção das NPA foi de 66,40%, valor superior aos geralmente reportados para métodos de modificação química (García-Gurrola et al., 2026). Os espectros de transmitância do amido nativo e das NPA apresentaram perfis muito semelhantes (Figura 1c), corroborando que a modificação promovida foi predominantemente de natureza física. As bandas relacionadas às ligações O-H ($3263,16\text{ cm}^{-1}$) e C-O ($993,86\text{ cm}^{-1}$) foram as mais afetadas pelo tratamento ultrassônico, com diminuição de intensidade destas bandas, o que indica rompimento das mesmas (Sun et al., 2014).

Figura 1 – Morfologias do amido nativo (a) e das NPA (b) e espectros FTIR-ATR (c)



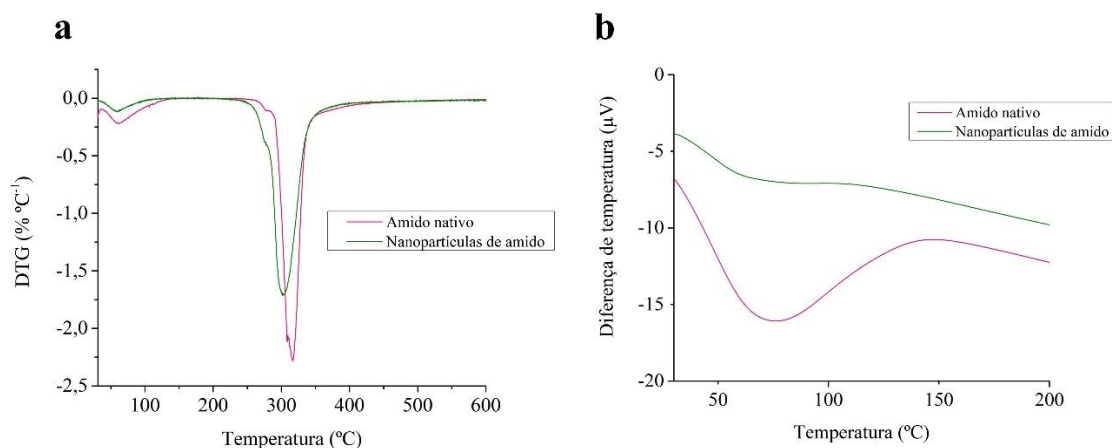
O tamanho médio do amido nativo foi de $15,58 \pm 3,76\text{ }\mu\text{m}$. Já as NPA tiveram dimensões médias de $47,95 \pm 14,59\text{ nm}$. O PDI das NPA foi de $0,470 \pm 0,004$, o que implica em uma dispersão



monomodal. Devido às dimensões inferiores a 3 μm , partículas de carboidratos não são reconhecidas isoladamente pela língua, promovendo percepção de suavidade e cremosidade (Kaur, 2019). Assim, as NPA do presente estudo possuem potencial como substitutas de gorduras em formulações alimentícias. Diante do aumento da obesidade e de doenças metabólicas, cresce o interesse por substitutos de gordura que reduzam a ingestão lipídica sem comprometer a funcionalidade. Nesse contexto, os substitutos à base de amido destacam-se por sua segurança (Song et al., 2025). O tamanho das nanopartículas é um fator determinante para sua eficiência como sistemas carreadores, uma vez que partículas com dimensões inferiores a 200 nm apresentam menor taxa de eliminação, menor reconhecimento por macrófagos e maior biodisponibilidade de compostos bioativos (Wang et al., 2025). As NPA produzidas enquadram-se nessa faixa de tamanho, indicando potencial favorável para aplicações em sistemas de liberação.

A primeira derivada das curvas termogravimétricas (DTG) foi utilizada para determinar as temperaturas correspondentes às taxas máximas de perda de massa em cada estágio (Figura 2a). O primeiro pico foi observado a 62,1 °C para o amido nativo e a 59,19 °C para as NPA, enquanto o segundo ocorreu a 316,45 °C e 303,43 °C, respectivamente. Esses picos estão associados, respectivamente, aos eventos de perda de massa relacionados à evaporação de água e à degradação térmica da estrutura do amido (Villalobos et al., 2017).

Figura 2 – Curvas DTG (a) e DTA (b) do amido nativo e das nanopartículas.



Por meio da análise das curvas de DTA (Análise Térmica Diferencial), foi possível determinar as temperaturas de início, pico e término do evento endotérmico associado à perda de água das amostras (Figura 2b). Para o amido de manga, essas temperaturas foram de 37,29 °C (início), 72,80 °C (pico) e 129,98 °C (término). Já para as NPA, os valores obtidos foram de 35,70 °C, 63,95 °C e 119,10 °C, respectivamente. A redução dessas temperaturas, especialmente da temperatura de pico, pode ser atribuída à menor proporção de regiões ordenadas nas NPA (Tian et al., 2011), indicando a desorganização da estrutura semicristalina. Esse comportamento sugere a fragmentação parcial da fração cristalina do amido, promovida pela ultrassonicação.

A menor estabilidade térmica do amido submetido ao processo ultrassônico indica que ele requer menor energia para a gelatinização. Essa característica é vantajosa em aplicações como produtos de panificação, incluindo muffins e pães (Chakraborty et al., 2026), pois pode reduzir o tempo e/ou a temperatura de processamento da massa, contribuindo para a economia de energia.

CONCLUSÃO

As NPA produzidas tiveram um alto rendimento de extração, tamanho médio de 47,95 nm e menor estabilidade térmica. A análise por FTIR-ATR confirmou a natureza física da modificação. As características observadas permitem afirmar que as NPA têm potencial de aplicação como substitutas de gordura em produtos de panificação e como sistemas carreadores de compostos bioativos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro fornecido pela FAPESB à Ivo Henrique Pinto Andrade como parte de seus estudos de doutorado em Ciência de Alimentos na UFBA.

REFERÊNCIAS

- 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>.
- CAMPELO, P. H.; SANT'ANA, A. S.; CLERICI, M. T. P. S. Starch nanoparticles: production methods, structure, and properties for food applications. *Current Opinion in Food Science*, v. 33, p. 136-140, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.04.007>.
- CHAKRABORTY, G. et al. Ultrasonic Interventions in the Modification of Starch: A Review. *Starch-Stärke*, v. 78, n. 3, p. e70187, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.70187>.
- GARCÍA-GURROLA, A.; WALL-MEDRANO, A.; ESCOBAR-PUENTES, A. A. Starch Nanoparticles by Sonochemical Protocols: Food Industry, Nutraceutical, and Drug Delivery Applications. *Polysaccharides*, v. 7, n. 1, p. 28, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/polysaccharides7010028>.
- 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>.
- LAN, T. et al. Tropical fruit-derived starch: An innovative strategy for high-value nutritional processing of agricultural solid waste. *Food Frontiers*, v. 6, n. 1, p. 142-162, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/fft2.501>.
- SHIVASWAMY, G. et al. Modified Starch from Mango Pickling Industry Waste: Comparison of Physical and Chemical Modification. *Starch-Stärke*, v. 76, n. 11-12, p. 2400019, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.202400019>.
- SINGH, G. P. et al. Value addition of mango kernel for development and characterization of starch with starch nanoparticles for packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 274, p. 133185, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133185>.
- SONG, M-F. et al. Advances in the Development and Application of Starch-Based Fat Substituents in Food Products. *Starch-Stärke*, v. 77, n. 11, p. e70077, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.70077>.
- SUN, Q.; FAN, H.; XIONG, L. Preparation and characterization of starch nanoparticles through ultrasonic-assisted oxidation methods. *Carbohydrate polymers*, v. 106, p. 359-364, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.02.067>.
- TIAN, Y. et al. Starch retrogradation determined by differential thermal analysis (DTA). *Food hydrocolloids*, v. 25, n. 6, p. 1637-1639, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.01.015>.
- VILLALOBOS, K. et al. Production of starch films using propolis nanoparticles as novel bioplasticizer. *Journal of Renewable Materials*, v. 5, n. 3-4, p. 189-198, 2017. DOI: <https://doi.org/10.7569/JRM.2017.634109>.
- 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>.