

EFEITO DA MODIFICAÇÃO FÍSICA PELO MÉTODO ANNEALING EM AMIDO DO ENDOCARPO DE MANGA (*MANGIFERA INDICA* L.) DOS GENÓTIPOS ‘ROSA’ E ‘ESPADA’

EFFECT OF PHYSICAL MODIFICATION BY THE METHOD ANNEALING IN MANGO ENDOCARP STARCH (*MANGIFERA INDICA* L.) OF THE ‘PINK’ AND ‘SWORD’ GENOTYPES

EFFECTO DE LA MODIFICACIÓN FÍSICA POR EL MÉTODO DE ANNEALING SOBRE EL ALMIDÓN DEL ENDOCARPO DE MANGO (*MANGIFERA INDICA* L.) GENOTIPOS ‘ROSA’ Y ‘ESPADA’

Aline Marinho Chagas¹, Mônica Tejo Cavalcanti², Emmanuel Moreira Pereira³, Erivaldo Genuíno Lima⁴, Rodolfo da Silva Barbosa Ferreira⁵, Aline Carla de Medeiros⁶, Patrício Borges Maracajá⁷

DOI: 10.54899/dcs.v23i87.4083

Recibido: 20/12/2025 | Aceptado: 23/12/2025 | Publicación en línea: 04/02/2026.

RESUMO

O Brasil é o sétimo maior produtor mundial de manga, com a maior parte da produção localizada no Nordeste, na região conhecida como Vale do São Francisco (SFV), responsável por cerca de 87% do total de manga exportada no país. Os nutrientes contidos na amêndoa localizada no caroço desta fruta podem ser reaproveitados através da extração do amido, este processo é considerado inovador, pois agrega praticidade ao uso, perecibilidade reduzida, bem como o volume para transporte, minimizando danos ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da modificação física, pelo método annealing em amidos nativos, extraídos das mangas das variedades “rosa e espada” frente à destacada importância da mangicultura no Brasil e do crescente mercado de amido. Para isto foram utilizadas, como matéria-prima obtenção do amido, as amêndoas contida no endocarpo da manga (*Mangifera indica* L.) em duas variedades, rosa e espada. As frutas foram adquiridas no comércio local da cidade de Campina Grande no estado da

¹ Mestre em Gestão em Sistemas Agroindustriais, Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mail: alinemmarinho.ft@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6491-1215>

² Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande, Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mail: monicatejoc@yahoo.com.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2117-0696>

³ Doutor pelo Programa de Pós-Graduação Agronomia (Produção Vegetal), Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mail: emmanuel.pereira@insa.gov.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4097-5796>

⁴ Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande, Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mail: erigenuino@hotmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9679-034X>

⁵ Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mail: rodolfoferreira@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5547-994X>

⁶ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande, Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mail: alinecarla.edu@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4812-0389>

⁷ Doutor em Agronomia pela Universidad de Córdoba – Espanha, Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mail: patriciomaracaja@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0161-3541>

Paraíba. Foi utilizada água ultrapura produzida por um sistema Milli-q® (Merck, Darmstadt, Alemanha). Em relação aos reagentes, todos foram adquiridos da Sigma-Aldrich (Saint Louis, EUA). Após a extração, foi realizado o processo de modificação por método de anelamento, os amidos obtidos foram tratados com excesso de água em banho maria (LUCADEMA, Brasil) por um período de 16 horas em três temperaturas distintas: 45, 50 e 55 °C, de acordo com Horndok & Noomhorm (2007). Em seguida, o sobrenadante foi retirado e seco em estufa com circulação de ar a 45 °C para novamente atingir o teor de umidade adequado (12-14%). Após a caracterização do amido foi observado que o tratamento por anelamento proporcionou resultados equivalentes entre os constituintes dos amidos obtidos sem diferenças expressivas entre os genótipos utilizados, com maior poder de inchamento e solubilidade na amostra da manga espada.

Palavras-chave: Amido. Modificação Física. Anelamento. Indústria de Alimentos.

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the effect of physical modification by the annealing method on native starches extracted from mangoes of the “pink” and “sword” varieties, given the outstanding importance of mango farming in Brazil and the growing starch market. For this purpose, the almonds contained in the endocarp of mangoes in two varieties, pink and sword, were used as the raw material to obtain the starch. The fruits were purchased from local stores in the city of Campina Grande, in the state of Paraíba. Ultrapure water produced by a Milli-q® system was used. Regarding the reagents, all were purchased from Sigma-Aldrich. After extraction, the modification process was carried out by the annealing method, and the starches obtained were treated with excess water in a water bath for a period of 16 hours at three different temperatures: 45, 50, and 55 °C. Then, the supernatant was removed and dried in an oven with air circulation at 45 °C to again reach the adequate moisture content (12–14%). After characterizing the starch, it was observed that the annealing treatment provided equivalent results between the constituents of the starches obtained without significant differences between the genotypes used, with greater swelling power and solubility in the sword mango sample.

Keywords: Starch. Physical Modification. Annealing. Food Industry.

RESUMEN

Brasil es el séptimo mayor productor mundial de mango, con la mayor parte de la producción ubicada en el noreste, en la región conocida como Valle de São Francisco (SFV), responsable de aproximadamente el 87% de las exportaciones totales de mango del país. Los nutrientes contenidos en la semilla de esta fruta pueden reutilizarse mediante la extracción de almidón. Este proceso se considera innovador porque añade practicidad a su uso, reduce la perecibilidad y minimiza el volumen de transporte, minimizando así el daño ambiental. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la modificación física, mediante el método de recocido, en almidones nativos extraídos de mangos de las variedades "Rosa" y "Espada", considerando la gran importancia del cultivo del mango en Brasil y el creciente mercado del almidón. Para ello, se utilizaron las semillas contenidas en el endocarpio de mangos (*Mangifera indica* L.) de dos variedades, Rosa y Espada, como materia prima para la extracción del almidón. Los frutos se adquirieron en mercados locales de la ciudad de Campina Grande, estado de Paraíba. Se utilizó agua ultrapura producida mediante un sistema Milli-q® (Merck, Darmstadt, Alemania). Todos los reactivos se adquirieron de Sigma-Aldrich (Saint Louis, EE. UU.). Tras la extracción, el

proceso de modificación se llevó a cabo mediante el método de annealing. Los almidones obtenidos se trataron con exceso de agua en un baño de agua (LUCADEMA, Brasil) durante 16 horas a tres temperaturas diferentes: 45, 50 y 55 °C, según Hormdok y Noomhorm (2007). Posteriormente, se eliminó el sobrenadante y se secó en una estufa de aire forzado a 45 °C para alcanzar nuevamente el contenido de humedad adecuado (12-14%). Tras la caracterización del almidón, se observó que el tratamiento de annealing proporcionó resultados equivalentes entre los constituyentes de los almidones obtenidos, sin diferencias significativas entre los genotipos utilizados, mostrando mayor poder de hinchamiento y solubilidad en la muestra de mango. Palabras clave: almidón; modificación física; recocado

Palabras clave: Almidón. Modificación Física. Recubierto. Industria Alimentaria.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma das frutas tropicais mais conhecidas e apreciadas do mundo. Pertencente à família das *Anacardiaceae*, nativa da Índia, Bangladesh e Paquistão, possui ótima aparência e sabor, excelente composição nutricional (vitaminas, fibras, minerais) além de expressiva concentração de compostos bioativos (Lobo; Sidhu, 2017; Pariona, 2018; Nascimento *et al* 2023 e Chagas, 2024).

Considerada uma das frutas mais consumidas ainda fresca, sua produção ocorre em mais de 100 países, a Índia desponta como maior produtora mundial seguida por China e Tailândia (Evans; Ballen; & Siddiq, 2017), (Gazzola; Grundilg; Aragão, 2020). Com uma área plantada de aproximadamente 76,9 mil hectares (ha) concentradas no Nordeste (75,2%) e Sudeste (23,4%), o Brasil é o sétimo exportador mundial da fruta, sendo a manga responsável por gerar quase 2 bilhões de reais em 2021 (FAOSTAT,2020; EMBRAPA, 2022.; Souza, 2024 e Almeida, Oliveira e Reis Neto, 2025).

As variedades cultivadas com maior frequência em solo nacional são a "Bourbon", "Rosa", "Espada", "Tommy", "Ouro" e seu fruto constitui-se de drupa de formato variável, casca (epicarpo), polpa grossa (mesocarpo) e um caroço (endocarpo) que contém em seu interior apenas uma semente. Da superfície do caroço origina-se uma pubescência que forma inúmeras fibras que se estendem para a polpa, a semente consiste em um único embrião rico em carboidratos/amidos, gorduras, proteínas, e minerais e, possui em média, 2,9% de açúcares redutores, 5,7% de

proteínas, 0,8% de pectina, 9,3% de gordura, 1,1% de taninos e 58% de amido, quando seco (Cavalcanti *et al.*, 2011), (Nawab; Alam.; Haq; Hasnain, 2016).

O amido integra a maioria das plantas superiores, sendo armazenado de forma transitória nos cloroplastos, durante o dia, e transferido, à noite, para outras partes da planta, na forma de açúcares. Sementes, raízes e frutos, mantêm o amido conservado para utilizar na germinação e desenvolvimento de plantas mais jovens. Na agroindústria alimentícia, os amidos e derivados são utilizados como ingredientes, integrantes básicos ou aditivos, acrescidos em baixas quantidades, para melhorar a fabricação, apresentação ou conservação (Mendes; Ribeiro; Almeida, 2015).

Esse polímero semi-cristalino, tem sido considerado como um dos materiais de biopolímeros mais promissores por causa da sua disponibilidade, preço e desempenho (Abdillahi *et al.*, 2013). De acordo com Azevêdo *et al.*, 2018, pesquisas recentes têm demonstrado a importância do amido termoplástico (TPS) como novo material polimérico, em sua forma não nativa ou modificada.

Neste contexto, a produção de amidos modificados vem sendo desenvolvida visando superar algumas limitações dos amidos nativos, e assim, incrementar a sua aplicabilidade nas produções industriais, uma vez que este mercado encontra-se em ascensão. Estas modificações ocorrem, dentre outras finalidades, para mudar as características de cozimento; aumentar a estabilidade das pastas, transparência e adesividade e dar poder emulsificante, moldando o amido de acordo com a finalidade desejada. (Silva, *et al.*, 2006; Bemiller, 1997; Alexandrino, 2006 e Monte, 2023).

A modificação do amido pode ser física, química ou enzimática (Bharty, *et al.*, 2019). No que diz respeito às modificações físicas do amido nativo, têm-se o tratamento calor-umidade, *annealing*, pré-gelatinização, de alta pressão, de radiação e de ultrassom, esses otimizam as propriedades de amidos e aumentam a sua aplicação em alimentos, indústria têxteis, papel e produtos farmacêuticos, sendo esta técnica considerada sustentável, pois não utiliza reagentes químicos ou enzimas além de não precisar de tratamento de resíduos (Santos, 2016; Rajeshkumar, *et al* 2024; Nazrin *et al* 2025).

Considerando o exposto, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da modificação física em amidos nativos extraídos das variedades de mangas “rosa” e “espada” através do método de anelamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada para obtenção do amido foi a amêndoa contida no endocarpo da manga (*Mangifera indica* L.) em duas variedades, rosa e espada. As mangas foram adquiridas no comércio local da cidade de Campina Grande no estado da Paraíba. Foi utilizada água ultrapura produzida por um sistema Milli-q® (Merck, Darmstadt, Alemanha). Em relação aos reagentes, todos foram adquiridos da Sigma-Aldrich (Saint Louis, EUA).

Metodologia para Extração do Amido

Inicialmente, as frutas foram lavadas com água corrente e descascadas para se obter o caroço da fruta. Em seguida, com uma faca, o caroço foi aberto e retirado a amêndoa para obtenção do amido. O amido da manga espada e rosa foi obtido de acordo com o método descrito por Whistler (1998) com algumas modificações. As amêndoas foram colocadas em uma solução de metabissulfito de sódio a 0,2%, em repouso, por um período de 24 horas. Em seguida, as amêndoas foram processadas em um liquidificador industrial marca (EVITRA, Brasil) com água ultrapura (1:2 m/v) por 10 segundos. O material obtido foi tamisado e a suspensão obtida foi colocada em repouso em geladeira (4 °C) até a completa decantação do amido, esta operação foi repetida para uma melhor clarificação do amido. Por fim, o amido obtido foi deixado em estufa de circulação de ar marca (LUCADEMA, Brasil) a 45 °C para atingir o teor de umidade adequado (12-14%) (Ferreira *et al* 2024).

Modificações Físicas dos Amidos

(*Método de anelamento*) - Para modificação por método de anelamento os amidos obtidos foram tratados com excesso de água (1:9 p/v) em banho maria (LUCADEMA, Brasil) por um período de 16 horas em três temperaturas distintas: 45, 50 e 55 °C, de acordo com Horndok & Noomhorm (2007). Em seguida, o sobrenadante será retirado e o será seco em estufa com circulação de ar a 45 °C para novamente atingir o teor de umidade adequado (12-14%).

Caracterização dos Amidos

(*Composição*) - Os amidos produzidos foram caracterizados por meio da composição centesimal, teor de umidade, cinzas, lipídios e proteínas, a composição foi determinada pelos procedimentos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (Brasil, 2005).

O teor de amilose aparente foi determinado por meio das amostras de amido previamente desengorduradas de acordo com a metodologia de Martínéz e Cuevas (1989). A curva padrão foi preparada utilizando amilose de batata (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, EUA) em concentrações entre 40 e 400 µg/ml. A absorbância será lida a 610 nm em espectrofotômetro UV/Visível (Agilent, Santa Clara, EUA) (Chagas, 2024).

Para o estudo de gelificação será seguida a metodologia descrita por Lawal & Adebawale (2005), onde serão utilizados entre 2-14% (p/v) de amostras preparadas em tubo de ensaio contendo 5 mL de água ultrapura. As suspensões produzidas serão misturadas em um misturador de alta rotação Ultra Turrax T25 (Ika, Brasil) durante 5 minutos. Após a mistura, os tubos com as suspensões serão aquecidos a 80 °C por um período de 30 minutos em banho-maria, seguido de um resfriamento com água corrente fria. Por fim, os tubos serão resfriados a 4 °C por 2 horas. A amostra que apresentar um menor poder de escorregamento será a menor concentração de gelificação.

Para determinação da *Capacidade de ligação à água fria (CLAF)*, foi realizada uma suspensão com 3 g de amido em 60 mL de água ultrapura, onde permanecerá sob agitação por 1 hora. Após, a suspensão será centrifugada (Eppendorf, Hamburgo, Alemanha) a 2.000 x g por 10 min. O líquido sobrenadante foi removido e a parte precipitada pesada. A metodologia realizada foi descrita por Medcalf & Gilles (1995). A capacidade de ligação foi calculada de acordo com a Equação 1:

$$CLAF (\%) = \frac{\text{Massa da água ligada}}{\text{Massa amido em base seca}} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

A análise elementar foi realizada para determinação de carbono, nitrogênio e hidrogênio utilizando aproximadamente 0,1 g de amostra em um analisador elementar modelo CHN 628 (LECO Corporation, Michigan, EUA). A temperatura de queima será de 950 °C e o tempo de combustão de 150 segundos.

Análise do Perfil Mineralógico

Para determinação do conteúdo mineral, foi utilizado um espectrômetro de emissão atômica de plasma de micro-ondas (MP-AES 4200, Agilent, Santa Clara, EUA). Para realização da análise foi adicionado 0,1 g de amido em 5 mL de HNO₃, a amostra foi pré-digerida por 15 min em um digestor por micro-ondas.

O comportamento térmico dos amidos foi realizado através de termogravimetria (TG) utilizando um analisador térmico STA 449F3 (NETZSCH, Ringhofferova, República Tcheca), sob atmosfera de nitrogênio (vazão de 50 mL/min), com taxa de aquecimento de 5 °C.min⁻¹, faixa de 25 a 700 °C, utilizando cerca de 5 mg de amostra em cadinho de alumina.

A caracterização da microestrutura dos amidos da manga espada e da rosa foi realizada em um microscópio eletrônico de varredura TESCAN VEGA 4 (Brno, República Tcheca). Todos os materiais serão previamente revestidos com ouro em metalizador GSEM Ion Sputter Coater G20 por 240 segundos, a fim de evitar o acúmulo de carga negativa na amostra.

Os ensaios foram realizados em triplicata em três experimentos independentes, e os resultados foram expressos como média dos ensaios. A análise estatística será realizada para determinar diferenças significativas ($p < 0,05$) via ANOVA seguida de Tukey utilizando o software SigmaStat 3.5 (Jandel Scientific Software, San Jose, Califórnia).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os resultados constituintes do amido obtido a partir do endocarpo da manga, genótipo rosa e espada. Foi possível observar que houve uma equivalência entre os constituintes dos amidos obtidos. Os valores apresentados podem ser comparados aos apresentados nos trabalhos de Cavalcanti *et al.* 2011 e Silva *et al.* 2013. Nos dois trabalhos citados, foram obtidos valores semelhantes no que diz respeito a umidade, teor de cinza, lipídios e proteínas.

O amido é constituído por amilose e outros componentes como lipídeos, cinzas e proteínas. A proporção desses constituintes varia conforme a composição da planta e os métodos utilizados na extração e purificação. A parte da planta de onde o amido é extraído também exerce uma influência significativa (Bertolini, 2010; Santos, 2024).

Mendes *et al* 2015, afirmam que pode-se encontrar cerca de 6% de proteínas, 8% de lipídeos, 72% de amidos, 0% de fibras e 1% de cinzas na composição centesimal dos caroços/sementes de manga, baseado no seu peso seco, dependendo da variedade escolhida, além disso, ao estudarem o amido extraído das amêndoas de manga Tommy Atkins, encontraram uma satisfatória concentração de carboidratos, em que os valores das três principais substâncias, como amido, lipídeos, proteínas e cinzas, se destacam pelos valores elevados, deixando assim o produto bastante rico e seguro para o consumo no mercado.

Quanto ao teor de amilose, foram encontrados valores ligeiramente mais altos na amostra da manga rosa Amido de manga rosa – $49,60 \pm 0,15$, quando comparado ao amido de manga espada - $46,85 \pm 0,20$. Para Nakamura, 2015, os amidos nativos da manga, normalmente devem apresentar, valores entre 18% e 30% de amilose, e cerca de 70% a 82% de amilopectina, além de teores inferiores de outros componentes, como lipídeos, proteínas e minerais. Segundo o mesmo autor, para melhor qualidade e rentabilidade da pasta do amido, quanto menor o teor destes constituintes maior será o rendimento da amilose.

Tabela 1 - Constituintes do amido de manga rosa e espada.

Constituintes	Manga Rosa	Manga Espada
Umidade (%)	$10,65 \pm 0,10$	$10,12 \pm 0,05$
Teor de cinzas (%)	$0,49 \pm 0,06$	$0,44 \pm 0,05$
Teor de lipídios (%)	$4,51 \pm 0,05$	$1,82 \pm 0,10$
Teor de proteínas (%)	$2,45 \pm 0,10$	$2,10 \pm 0,15$
Teor de amilose (%)	$49,60 \pm 0,15$	$46,85 \pm 0,20$

Fonte: Autores.

Como apresentado na Tabela 2, o rendimento da manga espada demonstrou-se superior ao da manga rosa e podem ser considerados bons, quando comparados a outras fontes. Santos *et al.* 2013, observaram que amido encontrado em outras espécies, possuem rendimento variável. Estes valores, tanto no índice de extração quanto no rendimento prático de extração, podem ser incrementados com ajustes aos processos de extração aplicados.

Logo, pode-se considerar o processo de extração e purificação do amido de amêndoa de manga pôde ser considerado eficaz, com rendimento de $70,10 \pm 0,05$, para manga espada e $49,85 \pm 0,06$, para manga rosa, esses valores são superiores aos 32% reportado por Cordeiro e

colaboradores (2014) e dos $38 \pm 2\%$ relatados por CARVALHO (2020). Estes números também corroboram com os 38,5% encontrados por Oliveira e colaboradores (2018).

Tabela 2 - Rendimento para o amido da manga rosa e espada.

Amostra	Rendimento (%)
Amido espada	$70,10 \pm 0,05$
Amiga rosa	$49,85 \pm 0,06$

Fonte: Autores.

A análise elementar para os dois amidos obtidos estão apresentados na Tabela 3. Os dois amidos obtidos apresentaram basicamente a mesma porcentagem de Carbono, hidrogênio e Nitrogênio para as duas variedades de manga. Andrade (2015), relatou as seguintes concentrações para o amido da variedade Ubá: Carbono (C) 45,95 Hidrogênio (H) 6,02 Nitrogênio (N) 0,50, em seu tegumento.

Tabela 3 - Componentes elementares extraídos do amido da manga rosa e da manga espada.

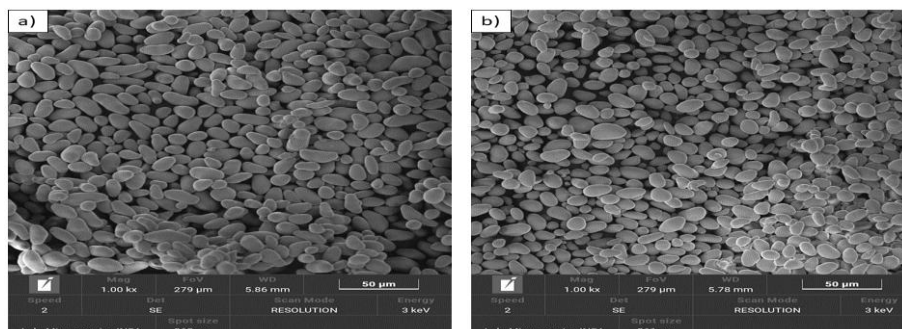
Amostra	Carbono	Hidrogênio	Nitrogênio
Manga Rosa	$45,12 \pm 0,12$	$6,21 \pm 0,06$	$0,10 \pm 0,02$
Manga Espada	$45,90 \pm 0,11$	$6,09 \pm 0,05$	$0,11 \pm 0,01$

Fonte: Autores.

A avaliação da morfologia do grânulo de amido foi realizada por Microscópio Eletrônico de Varredura, capaz de gerar imagens de alta resolução e ampliação. O amido nativo apresenta forma e tamanho diferentes a depender das espécies vegetais. A organização dos grânulos se dá através de zonas cristalinas alternadas por outras semi-cristalinas. Guo et al. 2018, afirma que o amido de manga, dentre os analisados, obteve diâmetro maior, apresentando grânulos esféricos e orifícios na sua superfície. Esses formatos encontrados pelos autores mostram que as amostras estudadas são bem características de amido. A Figura 1 apresenta imagens para microscopia eletrônica de varredura para o amido extraído das amêndoas da manga espada e rosa, respectivamente.

Pode ser observado que os grânulos de amido em ambos os genótipos apresentaram formato irregular com predominância de formatos esféricos a elipsoidais e tamanhos diferenciados, tal como relatado por Mendes, Bora & Ribeiro, 2012 e Cavalcanti *et al.*, 2013.

Figura 1. Micrografia em microscópio eletrônico de varredura do amido extraído da amêndoa da manga espada (a) e manga rosa (b).

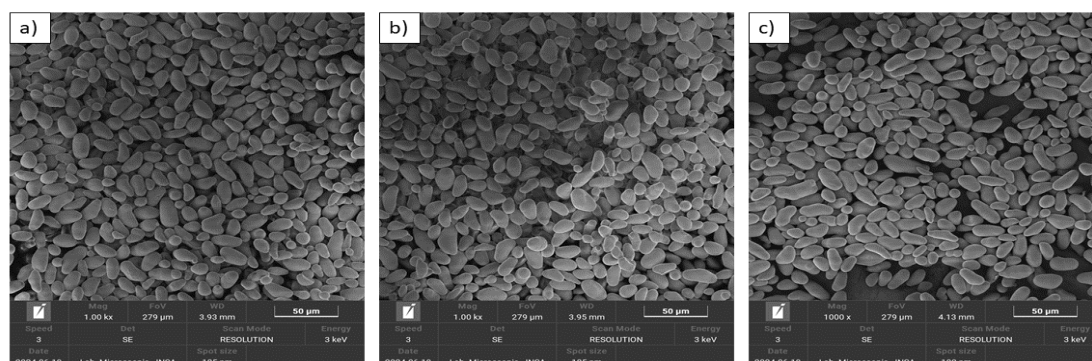


Fonte: Autores.

As Figuras 2 e 3 ilustram os amidos da manga espada e rosa, respectivamente. Os dois amidos apresentaram uma excelente resistência ao tratamento térmico a que os amidos foram submetidos, nas temperaturas de 45, 50 e 55 °C.

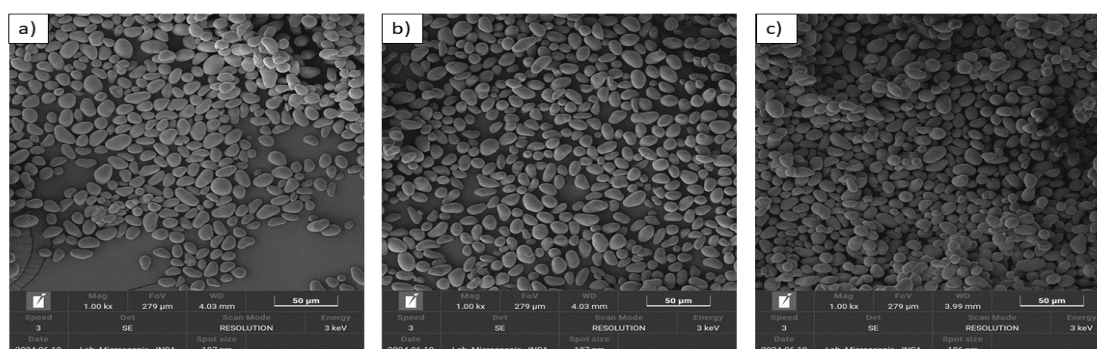
Para Oliveira (2015), após a análise de micrografia eletrônica de varredura, foi observada resistência dos amidos ao tratamento térmico implicando em várias reações físico-químicas, tais como, expansão dos grânulos, gelatinização, decomposição e cristalização. Os grânulos provenientes de amido nativo possuem características hidrofílicas, o que prejudica seu processamento, por possuírem a temperatura de fusão mais alta que a de degradação. As estruturas dos grânulos dos amidos apresentam formatos e dimensões diferentes que podem ser encontrados de 2 a 100 µm.

Figura 2. Micrografia em microscópio eletrônico de varredura do amido extraído da amêndoa da manga Espada, após anelamento nas temperaturas 45°C (a), 50°C (b) e 55°C (c).



Fonte: Autores.

Figura 3. Micrografia em microscópio eletrônico de varredura do amido extraído da amêndoa da manga Rosa, após anelamento nas temperaturas 45°C (a), 50°C (b) e 55°C (c).



Fonte: Autores.

Os resultados referentes aos minerais analisados nas amostras obtidos através de MP-AES, demonstram que as concentrações de Ca, Mg, Na, K, Fe e Mn não divergem de forma expressiva nos genótipos estudados, este resultado pode ser considerado semelhante ao estudo realizado por Santos et al. 2020, em que foram determinados os teores de minerais em polpa de manga em diferentes cultivares, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise de minerais para o amido de manga rosa e manga espada.

Amostra	Ca (g/Kg)	Mg (mg/Kg)	Na (mg/Kg)	K (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)
Manga Rosa	0,39 ± 0,01	30,10 ± 0,11	2,63 ± 0,32	13,65 ± 0,41	2,73 ± 0,37	0,83 ± 0,07
Manga Espada	0,41 ± 0,02	29,52 ± 0,51	2,29 ± 0,16	14,03 ± 0,60	2,76 ± 0,21	0,86 ± 0,08

Fonte: Autores.

Quanto à capacidade de ligação à água fria (CLAF), não foram observadas diferenças significativas entre as amostras, como elucidado na Tabela 5. Houve um aumento mais acentuado na manga espada. Como sabido, o grânulo de amido tem uma capacidade limitada de absorver água fria, esta capacidade é controlada pela estrutura cristalina. O aquecimento de uma suspensão aquosa de amido leva à quebra de pontes de hidrogênio, os grupos hidroxilas das glicoses das áreas cristalinas são hidratados e o grânulo aumenta.

Tabela 5 - Capacidade de ligação à água fria para o amido sem tratamento e para o amido modificado fisicamente por anelamento.

Amido manga espada	CLAF (%)	Manga Rosa	CLAF (%)
Amido sem tratamento	114,36 ± 0,05	Amido sem tratamento	115,60 ± 0,08
Anelamento 45°C	116,70 ± 0,06	Anelamento 45°C	116,06 ± 0,10
Anelamento 50°C	118,02 ± 0,02	Anelamento 50°C	117,45 ± 0,10
Anelamento 55°C	118,10 ± 0,05	Anelamento 55°C	115,95 ± 0,05

Fonte: Autores.

O aumento do poder de inchamento dos amidos modificados foi perceptível, pois estes apresentaram grânulos de amido capazes de absorver maior quantidade de água em sua estrutura, principalmente à 90°C, para ambas amostras, esta influência do aumento da temperatura no poder de intumescimento (PI) que pode ser explicado pela ruptura do grânulo de amido neste intervalo de temperatura e posterior hidratação provocando este efeito. Altas temperaturas são essenciais para o intumescimento do grânulo de amido, pois provoca o rompimento de interações de hidrogênio. Estes parâmetros contribuem para importantes características como as propriedades de pasta durante o aquecimento em excesso de água da maioria dos produtos ricos em amido (Mendes, 2012).

No tocante à solubilidade, seu incremento pode ser atribuído à lixiviação da cadeia de amilose, uma vez que a lixiviação da amilose na cadeia dos amidos modificados permite que os grânulos absorvam mais água e incham mais do que o amido nativo.

O resultado apresentado vai ao encontro do estudo realizado por Sá *et al.* (2014), que ao avaliar as propriedades funcionais do amido extraído de feijão andu (*Cajanus cajan*L), foi demonstrado que o poder de intumescimento do amido teve melhor comportamento quando submetido à temperatura de 95 °C, assim sendo considerado, o melhor ponto de captação de água do produto, onde grande parte das moléculas de amidos serão gelatinizadas. Para a solubilidade, ocorreram mudanças consideráveis, visto que, aconteceu um aumento bem elevado do teor de solubilidade, atribuindo essa mudança a cadeias hidrofílicas e às transferências das moléculas que obtêm ligação de hidrogênio. Neste estudo, também ficou evidenciado maior poder de inchamento e solubilidade na amostra da manga espada (Tabelas 6, 7, 8 e 9).

Tabela 6 - Teste de intumescimento do amido de manga rosa e dos amidos modificados por anelamento.

Amostra	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Amido sem tratamento	1,780 ± 0,15	1,905 ± 0,10	2,610 ± 0,05	6,540 ± 0,10	8,368 ± 0,05	10,025 ± 0,10
Anelamento 45°C	1,785 ± 0,02	1,955 ± 0,05	2,800 ± 0,10	6,741 ± 0,05	8,665 ± 0,03	10,151 ± 0,05
Anelamento 50°C	1,850 ± 0,05	1,992 ± 0,06	2,954 ± 0,05	6,845 ± 0,04	8,787 ± 0,05	10,454 ± 0,06
Anelamento 55°C	1,855 ± 0,02	2,005 ± 0,06	2,998 ± 0,04	6,987 ± 0,10	8,790 ± 0,05	10,875 ± 0,10

Fonte: Autores.

Tabela 7 - Teste de solubilidade do amido de manga rosa e dos amidos modificados por anelamento.

Amostra	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Amido sem tratamento	1,220 ± 0,15	2,352 ± 0,08	3,856 ± 0,05	5,021 ± 0,05	6,102 ± 0,10	6,504 ± 0,02
Anelamento 45°C	1,302 ± 0,05	2,425 ± 0,06	3,985 ± 0,10	5,106 ± 0,03	6,250 ± 0,05	7,002 ± 0,02
Anelamento 50°C	1,355 ± 0,02	2,430 ± 0,02	3,998 ± 0,02	5,189 ± 0,05	6,300 ± 0,08	7,104 ± 0,05
Anelamento 55°C	1,399 ± 0,03	2,440 ± 0,03	4,002 ± 0,05	5,285 ± 0,02	6,560 ± 0,02	7,215 ± 0,04

Fonte: Autores.

Tabela 8 - Teste de intumescimento do amido de manga espada e dos amidos modificados por anelamento.

Amostra	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Amido sem tratamento	1,608 ± 0,21	1,890 ± 0,10	2,905 ± 0,09	7,102 ± 0,10	9,253 ± 0,15	12,985 ± 0,20
Anelamento 45°C	1,500 ± 0,10	1,912 ± 0,05	3,005 ± 0,10	7,520 ± 0,05	10,115 ± 0,08	12,999 ± 0,02
Anelamento 50°C	1,787 ± 0,05	2,102 ± 0,08	3,100 ± 0,05	7,652 ± 0,03	10,302 ± 0,10	13,520 ± 0,05
Anelamento 55°C	1,852 ± 0,06	2,240 ± 0,10	3,214 ± 0,02	7,660 ± 0,05	10,405 ± 0,06	13,625 ± 0,06

Fonte: Autores.

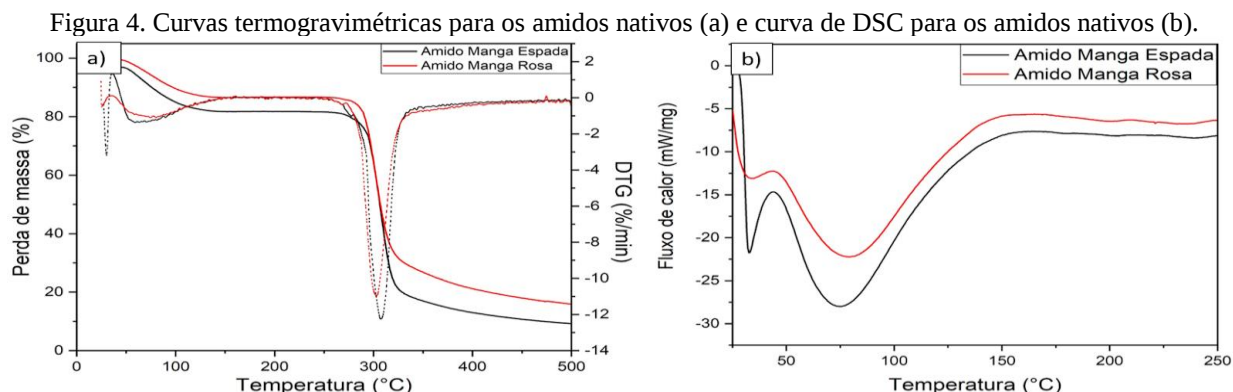
Tabela 9 - Teste de solubilidade do amido de manga espada e dos amidos modificados por anelamento.

Amostra	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Amido sem tratamento	2,020 ± 0,15	2,100 ± 0,08	3,520 ± 0,05	5,200 ± 0,05	7,005 ± 0,10	7,500 ± 0,02
Anelamento 45°C	2,105 ± 0,10	2,202 ± 0,05	3,580 ± 0,05	5,655 ± 0,02	7,102 ± 0,05	7,800 ± 0,08
Anelamento 50°C	2,155 ± 0,10	2,220 ± 0,04	3,615 ± 0,10	5,690 ± 0,08	7,204 ± 0,10	7,855 ± 0,06
Anelamento 55°C	2,220 ± 0,05	2,300 ± 0,05	3,710 ± 0,03	5,802 ± 0,10	7,220 ± 0,08	7,999 ± 0,02

Fonte: Autores.

A Figura 4 ilustra a análise termogravimétrica (TG/DTG) e a análise de DSC, respectivamente. As amostras foram submetidas ao aquecimento de 25°C até 500°C, em que as curvas mostraram que alteração térmica está relacionada à secagem do amido, alcançando sua estabilidade térmica nesta condição, o amido nativo da manga espada apresenta diferença em temperaturas de início, pico e final que o amido nativo da Manga espada (Figura 4). Na análise de TG, foi observado duas perdas de massa que são características do comportamento térmico do amido. A primeira perda é associada a perda de água da estrutura do amido. Já a segunda é característica da decomposição da matéria orgânica do amido (Oliveira *et al.*, 2014). Colman *et al.* (2015), estudaram o aquecimento das amostras de 35 °C até 600 °C, as curvas mostraram que alteração térmica está relacionada à secagem do amido, alcançando sua estabilidade térmica nesta condição para o amido de mandioca.

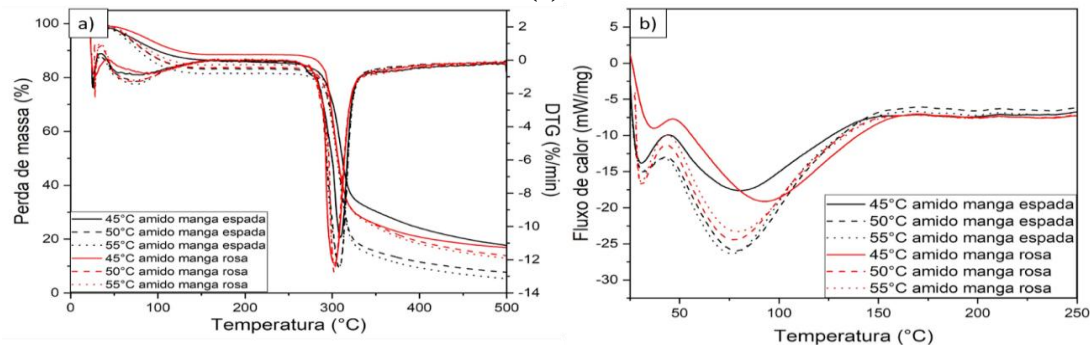
Na análise por DSC (Figura 4b) foi observado que o amido de manga rosa apresenta uma maior temperatura de gelatinização quando comparado com o amido da manga espada. De acordo com Gao *et al.* (2020), a temperatura de gelatinização serve como um indicador da perfeição dos cristais. Quanto mais alta for essa temperatura, mais perfeita é a estrutura cristalina, a qual está ligada à estrutura molecular da amilopectina.



A Figura 5 ilustra a análise termogravimétrica (TG/DTG) e a análise de DSC, respectivamente, para os amidos modificados. Após o tratamento térmico por anelamento, os amidos das duas variedades apresentaram uma discreta diferença, onde o amido da manga espada modificado a 45 °C apresentou uma maior estabilidade térmica quando comparado aos outros amidos estudados. Esse comportamento pode ser atribuído à característica morfológica (Figura 2) obtida, onde os grânulos apresentaram uma forma mais alongada quando comparados aos outros.

Na análise por DSC (Figura 5b) foi possível observar que houve um aumento na temperatura de gelatinização do amido para os amidos modificados a 45°C, principalmente para o amido da manga rosa. Essa diminuição da temperatura de gelatinização faz com que o amido necessite de uma menor energia para que ocorra o fenômeno de gelatinização. Essa temperatura também vai indicar que houve uma melhora na cristalinidade e na organização granulação do amido (Alcázar-Alay; Meireles, 2015)

Figura 5. Curvas termogravimétricas para os amidos modificados (a) e curva de DSC para os amidos modificados (b).



CONCLUSÃO

Conclui-se que o tratamento por anelamento proporcionou resultados equivalentes entre os constituintes dos amidos obtidos, observou-se que houve valor semelhante quanto à umidade, teor de cinza, lipídios e proteínas entre os genótipos estudados e a literatura encontrada. Quanto ao teor de amilose, foram encontrados números ligeiramente mais altos na amostra da manga rosa em detrimento da manga espada, porém o rendimento da manga espada demonstrou-se superior ao da manga rosa e ambos podem ser considerados bons. Através da MEV, constatou-se que os grânulos de amido em ambos os genótipos apresentaram formato irregular com predominância de formatos esféricos a elipsoidais e tamanhos diferenciados. Para a análise da capacidade de ligação à água fria (CLAF), não foram observadas diferenças significativas entre as amostras.

O aumento do poder de inchamento dos amidos modificados foi perceptível, pois estes apresentaram grânulos de amido capazes de absorver maior quantidade de água em sua estrutura, principalmente a 90°C. Evidenciou-se maior poder de inchamento e solubilidade na amostra da manga espada. Por fim, após o tratamento térmico por anelamento, os amidos das duas variedades apresentaram uma discreta diferença, onde o amido da manga espada modificado a 45 °C apresentou uma maior estabilidade térmica quando comparado aos outros amidos estudados. Esse comportamento pode ser atribuído à característica morfológica obtida, onde os grânulos apresentaram uma forma mais alongada quando comparados aos outros. A partir dos resultados obtidos, este estudo demonstra que as modificações físicas do amido nativo vem sendo bastante estudadas, o que pode levar a otimização do seu aproveitamento tanto na indústria alimentícia quanto no desenvolvimento de novas tecnologias a serem empregadas, inclusive em outras áreas.

REFERÊNCIAS

- ABBASI AM, GUO X, FU X, ZHOU L, CHEN Y, ZHU Y, YAN H, LIU RH. **Comparative Assessment of Phenolic Content and in Vitro Antioxidant Capacity in the Pulp and Peel of Mango Cultivars.** *Int J Mol Sci.* 2015 Jun 12;16(6):13507-27. doi: 10.3390/ijms160613507. PMID: 26075869; PMCID: PMC4490506. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4490506/>. Acesso em 17 de junho de 2024.
- ABDILLAH, H., CHABRAT, E., ROUILLY, A., RIGAL, L. **Influence of citric acid on thermoplastic wheat flour/poly(lactic acid) blends II. Barrier properties and water vapor sorption isotherms.** *Industrial Crops and Products* v. 50, p.104–111, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265254515_Influence_of_citric_acid_on_thermoplast

ic_wheat_flourpolylactic_acid_blends_II_Barrier_properties_and_water_vapor_sorption_isotherms. Acesso em 13 de junho de 2024.

ALCAZAR-ALAY, S. C.; MEIRELES, M. A. A. **Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources.** *Food Science and Technology*, v. 35, n. 2, p. 215-236, 2015. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6749>. Acesso em 13 de junho de 2024.

ALEXANDRINO, C.D. **Utilização dos amidos de milho e de batata na elaboração de tapioca.** 2006.70f. **Dissertação (Mestrado em tecnologia de alimentos)** – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006. Disponível em: <https://ppgcta.ufc.br/wp-content/uploads/2018/08/cristianealexandrino.pdf>. acesso em 23 de março de 2024.

ALMEIDA, A. R. DE; OLIVEIRA, A. G. DE .; REIS NETO, J. F. DOS. **Comércio de água virtual no setor sucroenergético do Paraná: análise das políticas públicas e gestão dos recursos hídricos.** *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, Boa Vista, v. 24, n. 71, p. 166–195, 2025. DOI: 10.5281/zenodo.17793917. Disponível em: <https://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/view/8190>. Acesso em: 9 de dezembro 2025.

ALTMANN, I., ATZ, N. R., & ROSA, S. M. (2018). **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos a partir de amido de milho: uma proposta experimental de produção de biofilmes em sala de aula.** *Química Nova na Escola*, 40(1), 53-58. DOI:10.21577/0104-8899.20160104.pdf. Disponível em <https://app.amanote.com/v4.5.13/research/note-taking?resourceId=Na3CAnQBKQvf0BhiS6CZ>. Acesso em: 15 de julho 2025.

ANDRADE, Laiane Alves de. **Aproveitamento do caroço de manga: um estudo de viabilidade da pirólise usando energia solar.** 2015. 126 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharias)** - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. DOI <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2015.57>.

AZEVEDO, L. C., DE SÁ, A. S. C., ROVANI, S., & FUNGARO, D. A. (2018). **PROPRIEDADES DO AMIDO E SUAS APLICAÇÕES EM BIOPOLÍMEROS.** *Cadernos De Prospecção*, 11, 351. DOI <https://doi.org/10.9771/cp.v11i2.23173>.

BERTOLINI, A. (2009). **Starches: Characterization, Properties, and Applications (1st ed.).** CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420080247>.

BARRETTI, B.R.V. **Avaliação da Digestibilidade in vitro, propriedades estruturais, térmicas e de pasta dos amidos de milho modificados por HEAT-MOISTURE TREATMENT (HTM) com adição de ácidos inorgânicos (Dissertação).** Curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2020. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/3056/1/B%c3%a1rbara%20Barretti.pdf>. Acesso em 23 de junho de 2025.

BARTHI, I.; SINGH, S.; SAXENA, D.C. **Exploring the influence of heat moisture treatment on physicochemical, pasting, structural and morphological properties of mango**

- kernel starches from Indian cultivars. LWT - Food Science and Technology** 110 (2019) 197–206. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643819303949?via%3Dihub>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.082>. Acesso em 24 de junho de 2025.
- BEMILLER, J.N. **Starch modification: challenges and prospects. Starch/Stärke**, v. 49, n. 4, p 31-127, 1997. DOI:10.1002/STAR.19970490402
- CARVALHO, L. G. G. de. **Ésteres de amido de amêndoa de manga: síntese, caracterização e estudo de aplicabilidade em filmes para embalagens de alimento e sistemas de emulsão inversa**. 2020. 73f. Tese (Doutorado em Química) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.
- CAVALCANTI, M. T., SILVA, V. C., DA COSTA, T. S., FLORÊNCIO, I. M., & FLORENTINO, E. R. (2011). **Obtenção do amido do endocarpo da manga para diversificação produtiva na indústria de alimentos. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 6(5), 15. Disponível em: <https://gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1135>. Acesso em 25 de agosto de 2024.
- CHAGAS, A. M. (2024). **Efeito da modificação física pelo método annealing em amido do endocarpo de manga (Mangifera indica L.) dos genótipos ‘rosa’ e ‘espada’**. TCC do mestrado da PPGSA/UFCG/CCTA/Pombal – PB, 36p.
- COLUSSI, R. **Modificação física em amido de batata: efeito nas propriedades físicas, térmicas, morfológicas, de cristalinidade e digestibilidade in vitro. (TESE) Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos**, 2016. Disponível em: <https://www.dctaufpel.com.br/ppgcta/manager/uploads/thesis/colussi-rosana-modificacao-fisica-em-amido-de-batata-efeito-nas-propriedades-fisicas-termicas-morfol-798.pdf>. Acesso em 23 de junho de 2025.
- CORDEIRO, E. M. S. ET AL. **Polymer Biocomposites and Nanobiocomposites Obtained from Mango Seeds. Macromolecular Symposia**, v. 344, p. 39–54, 2014. DOI:10.1002/masy.201300217
- CUNHA, P. L. R. D., PAULA, R. C. M. D., & FEITOSA, J. (2009). **Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. Química Nova**, 32, 649-660. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300009>
- DANG, K.M.; YOKSAN, R. **Development of thermoplastic starch blown film by incorporating plasticized chitosan. Carbohydrate Polymers**, v.115, p. 575-581, 2015. DOI:10.1016/j.carbpol.2014.09.005
- EVANS, E. A., BALLEEN, F. H., & SIDDIQ, M. (2017). **Mango Production, Global Trade, Consumption Trends, and Postharvest Processing and Nutrition. In: Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition**(1st ed., pp. 1–16). Oxford: Ltd., John Wiley & Sons. Disponível em: <https://www.docdroid.net/fqTXrvm/handbook-of-mango-fruit-production-postharvest-science->

processing-technology-and-nutrition-pdf#page=5. DOI:10.1002/9781119014362.ch1. Acesso em 12 de junho de 2024.

DOMENEZ, E.P. **Propriedades Tecnológicas de Amido e Farinha de Arroz Tratados por Annealing. (Dissertação) Programa de pós graduação em ciência e tecnologia de alimentos da Universidade Federal de Viçosa**, 2016. Disponível em <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9889/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2024.

FAOSTAT, 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and agriculture data. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize.00>. Acesso em 22 de maio de 2024.

FAO. FAOSTAT: **Crops and livestock products** 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em 22 de maio de 2024.

FERREIRA, W. F., RODRIGUES, M. D. S. A., RODRIGUES, A. A., DOS SANTOS ARAÚJO, A., DE FREITAS, F. B. F., DE MEDEIROS, W. P., ... & DOS SANTOS HOLANDA, M.. **Elaboração e caracterização físico química e microbiológica de iogurte natural utilizando amido do caroço de abacate. OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, 22(8), 2024. e6374-e6374

GAO, L.; XIAO, M.; LI, Z.; WANG, M.; WANG, P.; YANG, P.; GAO, X.; GAO, J. **Common buckwheat-resistant starch as a suitable raw material for food production: A structural and physicochemical investigation. International Journal of Biological Macromolecules**, v. 145, p.145–153, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.12.116

GAZZOLA, R; GRÜNDLING R.D.P.; ARAGÃO, A.A. **PRODUÇÃO E MERCADO INTERNACIONAL DE MANGA. Revista Brasileira de Agrotecnologia - ISSN 2317-3114 - (BRASIL) v. 10, n.03, p.81-87, out-dez, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1142466/1/MANGA-2020.pdf> EMBRAPA <https://www.embrapa.br/documents/1355026/60636822/Boletim+Manga+-+PAM+2022/84eba1d8-acec-73a0-7622-fc390ae436af>. Disponível em <https://www.embrapa.br/observatorio-da-manga>.**

GONÇALVES, M.F.V; SARMENTO,S.B.B.; DIAS, C.T.DOS S.; MARQUEZINI, N. **Tratamento térmico do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) sob baixa umidade em micro-ondas. Food Sci. Technol** 29 (2), Jun 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000200005>.

GUO, K., LIN, L., FAN, X., ZHANG, L., & WEI, C. (2018). **Comparison of structural and functional properties of starches from five fruit kernels. Food Chemistry**, 257, 75-82. PMID:29622233. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.004>.

HONORATO DE JESUS, J. H., DE OLIVEIRA, M. D. C. S., BRONDANI, F. M. M., LIMA, R. R. O., & VIEIRA, R. (2018). **Propriedades físico-químicas do amido do cará (*Dioscorea cayennensis*) nativo e modificado por acetilação. The Journal of Engineering and Exact Sciences**, 4(4), 0429-0436. DOI:10.18540/jcecvl4iss4pp0429-0436.

HORMDOK, R., & NOOMHORM, A. (2007). **Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality.** *LWT-Food science and Technology*, 40(10), 1723-1731. DOI:10.1016/j.lwt.2006.12.017

KOBORI, C. N.; JORGE, N. **Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais.** *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1008-1014, set./out., 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000500014>.

LAWSON, T.; LYCETT, G. W.; ALI, A.; CHIN, C. F. **Characterization of Southeast Asia mangoes (*Mangifera indica* L) according to their physicochemical attributes.** *Scientia Horticulturae*, v. 243, p. 189-196, 2019. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.08.014. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423818305582?via%3Dihub>. Acesso em 24 de abril de 2025.

LAWAL, O. S.; ADEBOWALE, K. O. **Physicochemical characteristics and thermal properties of chemically modified jack bean (*Canavalia ensiformis*) starch.** *Carbohydrate polymers*, v. 60, n. 3, p. 331-341, 2005. DOI:10.1016/j.carbpol.2005.01.011.

LIU, Y., CHAO, C., YU, J., WANG, S., WANG, S., & COPELAND, L. (2020). **New insights into starch gelatinization by high pressure: Comparison with heatgelatinization.** *Food chemistry*, 318, 126493. DOI:10.1016/j.foodchem.2020.126493.

LIU, P.; WANG, R.; KANG, X.; CUI, B.; YU, B. **Effects of ultrasonic treatment on amylose-lipid complex formation and properties of sweet potato starch-based films.** *Ultrasonics – Sonochemistry*, v. 44, p. 215-222, 2018. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2018.02.029.

LOBO, M.G.; SIDHU, J.D, 2017. **Biology, Postharvest Physiology, and Biochemistry of Mango.** In: **Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition (1st ed. , pp. 37-59).** Oxford: Ltd., John Wiley & Sons. Disponível em: <https://www.docdroid.net/fqTXrvm/handbook-of-mango-fruit-production-postharvest-science-processing-technology-and-nutrition-pdf#page=46>. DOI:10.1002/9781119014362.ch3.Acesso de 26 de março de 2024.

LUCHESI, C. L. (2018). **Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis a partir de amido contendo subprodutos provenientes do processamento de alimentos (Tese de doutorado).** Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/178251>. Acesso de 26 de março de 2024.

MA X., WU H., LIU L., YAO Q., WANG S., ZHAN R., XING S., ZHOU Y. **Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits.** *Sci. Hortic.* 2011;129:102–107., 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423811001233>. Acesso em 23 de março de 2024. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.03.015.

MARTÍNEZ, CÉSAR. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz.** CIAT, 1989.

MARTINS, P. C., GUTKOSKI, L. C., & MARTINS, V. G. (2018). **Impact of acid hydrolysis and esterification process in rice and potato starch properties.** *International Journal of Biological Macromolecules*, 120, 959–965. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.08.170>.

MENDES, M. L. M., RIBEIRO, A. P. L., & ALMEIDA, E. C. (2015). **Efeito da acidificação nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido de sementes de manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins.** *Revista Ceres*, 62(3), 225-232.

<http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562030001>

» <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562030001>.

MENDES, M. L. M., BORA, P. S., & RIBEIRO, A. P. L. (2012). **Propriedades morfológicas e funcionais e outras características da pasta do amido nativo e oxidado da amêndoa do caroço de manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins.** *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 71(1), 76-84. DOI: 10.53393/rial.2012.71.32394

MELO, P. E. F. **Elaboração de filmes ativos a partir de compostos da amêndoa de manga.** 2018. 107 f. Tese (Mestrado em Engenharia Química/ Processos químicos e bioquímicos) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Fortaleza, 2018.

MENDES, M.L.M; RIBEIRO, A.P.L.; ALMEIDA, L.C.;2015. **Efeito da acidificação nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido de sementes de manga (*Mangifera indica* L.),variedade Tommy Atkins.** *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 62, n.3, p. 225-232, mai-jun, 2015. DOI:10.1590/0034-737X201562030001

MEDCALF, D. G.; GILLES, K. A. **Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties.** *Cereal Chemistry*. v.42, 561, 1965.

MELO, P. E. F. **Elaboração de filmes ativos a partir de compostos da amêndoa de manga.** 2018. 107 f. Tese (Mestrado em Engenharia Química/ Processos químicos e bioquímicos) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Fortaleza, 2018.

MIRABELLA, N.; CASTELLANI, V.; SALA, S. **Current options for the valorization of food manufacturing waste: A review.** *Journal of Cleaner Production*, v. 65, p. 28 - 41, 2014. DOI:10.1016/j.jclepro.2013.10.051.

MONTE, LILIAN E ESTEFANY DE SOUSA. **Amidos modificados: uma revisão sobre as características, propriedades e aplicação na indústria de alimentos..** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. 39p.

NASCIMENTO, A. P. G.DO, SOUZA, J. B. D., & DE ARAGÃO, M. S. (2023). **As características físico-químicas da manga espada (*mangifera indica*) e sua participação no mercado brasileiro de exportação.** *Altus Ciência*, 20(20), 357-375.

NAKAMURA, Y. (Ed.). (2015). *Starch metabolism and structure* Switzerland: Springer. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-4-431-55495-0>.

NAWAB, A; ALAM,F.; HAQ, M.A.; HASNAIN, A. **Biodegradable film from mango kernel starch: Effect of plasticizers on physical, barrier, and mechanical properties.**

Starch/Stärke 2016, 68, 919–928. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/star.201500349>. DOI:10.1002/star.201500349

NAZRIN, A., ILYAS, R. A., RAJESHKUMAR, L., HAZRATI, K. Z., JAMAL, T., MAHARDIKA, M., ... & RADZI, A. M. (2025). **Lignocellulosic fiber-reinforced starch**

thermoplastic composites for food packaging application: A review of properties and food packaging abetted with safety aspects. *Food Packaging and Shelf Life*, 47, 101431.

OLIVEIRA, C. S.; ANDRADE, M. M. P.; COLMAN, T. A. D.; COSTA, F. J. O. G.; SCHNITZLER, E. **Thermal, structural and rheological behaviour of native and modified waxy corn starch with hydrochloric acid at different temperatures. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, v. 115, p. 13-18, 2014. DOI: 10.1007/s10973-013-3307-9.**

OLIVEIRA, C. F. P. (2015). **Obtenção e caracterização de amido termoplástico e de suas misturas com polipropileno (Tese de doutorado).** Universidade de São Paulo, São Paulo. disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-16062016-101007/publico/Camila_Fernanda_de_Paula_Oliveira_PPGEMet_Corrigida_2015.pdf. Acesso em: 23 de março de 2024.

OLIVEIRA, A. V. et al. **Nanocomposite Films from Mango Kernel or Corn Starch with Starch Nanocrystals. *Starch - Stärke*, v. 70, n. 11–12, p. 1800028, nov. 2018. DOI:10.1002/star.201800028.**

PARIONA, A. **The Top Mango Producing Countries In The World.** April 9, 2018. Disponível em: <<https://www.worldatlas.com/articles/the-top-mango-producing-countries-in-the-world.html>> Acesso em 7 de agosto de 2023.

PARK, J. J., OLAWUYI, I. F., & LEE, W. Y. (2020). **Characteristics of low- fat mayonnaise using different modified arrowroot starches as fat replacer. *International Journal of Biological***

Macromolecules. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2020.02.331

RAMIREZ J.E., ZAMBRANO R., SEPÚLVEDA B., SIMIRGIOTIS M.J. **Antioxidant properties and hyphenated HPLC-PDA-MS profiling of chilean Pica mango fruits (*Mangifera indica* L. cv. piqueño) *Molecule*. 2014;19:438–458. doi: 10.3390/molecules19010438. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6271589/>. DOI: :10.3390/molecules19010438. Acesso em 23 de março de 2025.**

RAJESHKUMAR, L., KUMAR, P. S., BOONYASOPON, P., RANGAPPA, S. M., & SIENGCHIN, S. (2024). **Flame retardance behaviour and degradation of plant-based natural fiber composites—a comprehensive review. *Construction and Building Materials*, 432, 136552..**

SÁ, F. (2014). **Propriedades Funcionais Do Amido Do Feijão Andú (*Cajanus Cajan* L.) Nativo E Modificado Por Succinilação. *Revista Científica Da Faculdade De Educação E Meio Ambiente*, 5(1), 99–112. DOI: <https://doi.org/10.31072/rcf.v5i1.204>.**

SACCOMANNO, B., CHAMBERS, A. H., HAYES, A., MACKAY, I., MCWILLIAM, S. C., & TRAFFORD, K. (2017). **Starch granule morphology in oat endosperm. *Journal of Cereal Science*, 73, 46-54. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.10.011.**

SANDHU, K. S., KAUR, M., SINGH, N., & LIM, S.-T. (2008). **A comparison of native and oxidized normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and**

pasting properties. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1000–1010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643807002654>. Acesso em 25 de abril de 2025.

SANTOS, T.P.R. dos. **Efeitos De Modificações Físicas Sobre As Propriedades De Amido De Tuberosas.** Tese (doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdades de Ciências Agrônômicas, Botucatu SP, 2016. 130f. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138153/santos_tpr_dr_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em 12 de março de 2025.

SAIR, L. (1964) **Heat-moisture treatment of starches.** In: **Methods of Carbohydrate chemistry**, ed. R. L. Whistler, Vol. 4, pp. 283. Academic Press, New York.

SANTOS, S. D. J. L. (2024). **Caracterização das propriedades do amido de cará-roxo (*dioscorea trifida*) obtido por diferentes métodos de extração** (Doctoral dissertation, Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Pará. Centro Tecnológico de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Belém, Pará. 82pp. Disponível em: <https://ppgcta.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2016/SAMIRIA%20DE%20JESUS.pdf>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2025.

SANTOS, A.M. *et al.* **Determinação dos teores de minerais em polpa de manga (*mangifera indica* L.) de diferentes cultivares..** *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v.6, n.9, p.71888-71895, sep.2020. DOI:10.34117/bjd6n9-582

SANTOS, L. S., BONOMO, R. C. F., FONTAM, R. C. I., BONOMO, P., LEITE, C. X. S., & SANTOS, D. O. (2013). **Efeito dos métodos de extração na composição, rendimento e propriedades da pasta do amido obtido da semente de jaca.** *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 15(3), 255-261. DOI: <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v15n3p255-261>.

SILVA, G.DE O. DA; TAKIZAWA, F.F.; PEDROSO, R.A.; FRANCO,C.M.L.; LEONEL, M.; SARMENTO, S.B.S.; DEMIATE, I.M. **Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil.** *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 26(1): 188-197, jan.-mar. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/QVBJJPRMzM3FYR6xWtG7zRc/?format=pdf>. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000100030>. Acesso em 23 de julho de 2024.

SILVA, G. A., CAVALCANTI, M. T., ALMEIDA, M. C. D. M., ARAÚJO, A. D. S., CHINELATE, G. C., & FLORENTINO, E. R. (2013). **Utilização do amido da amêndoa da manga Tommy Atkins como espessante em bebida láctea.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17, 1326-1332. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001200011>

SIDDIQ M., SOGI D.S., DOLAN K.D. **Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh-cut “Tommy Atkins” mangoes as affected by different pre-treatments.** *LWT Food Sci. Technol.* 2013;53:156–162. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.01.017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643813000315>. Acesso em 23 de agosto de 2024.

SINGH, Z., ZAHARAH, S.S., 2015. **Controlled atmosphere storage of mango fruit: challenges and thrusts and its implications in international mango trade.** *Acta Hort.* 1066, 179–191. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1066.21>

SOGI D.S., SIDDIQ M., GREIBY I., DOLAN K.D. **Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of “Tommy Atkins” mango peel and kernel as affected by drying methods.** *Food Chem.* 2013;141:2649–2655. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.05.053. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814613006377>. Acesso em 23 de agosto de 2024.

SOLÍS-FUENTES, J. A., DURÁN-DE-BAZÚA, M. C. **Mango (*Mangifera indica* L.) seed and its fats.** In V. Preedy, R. R. Watson, V. B. Patel (Eds.), *Nuts and Seeds in health and disease prevention*. San Diego: Academic Press. v. 88, p. 741 - 748, 2011. DOI: 10.1016/B978-0-12-375688-6.10088-X

SOUZA, D. C. D. (2024). **Tendências da produtividade de frutas diante das mudanças climáticas: um estudo a partir da produção de maçã e banana em Santa Catarina.** Projeto de pesquisa submetido ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado Florianópolis, 2024, 48p.

WANG, X., HUANG, L., ZHANG, C., DENG, Y., XIE, P., LIU, L., & CHENG, J. (2020). **Research advances in chemical modifications of starch for hydrophobicity and its applications: A review.** *Carbohydrate Polymers*, 116292 (2020). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116292>

WHISTLER, R. L. Banana starch production. **United States US Patent**, v. 5797985, 1998.

XAVIER, I. F.; LEITE, G. A.; MEDEIROS, E. V.; MORAIS, P. L. D.; LIMA, L. M. **Qualidade Pós-colheita da Manga ‘Tommy Atkins’ Comercializada em Diferentes Estabelecimentos Comerciais no Município de Mossoró-RN.** *Revista Caatinga*, v. 22, n. 4, p. 9-13, out.-dez. 2009.

ZAVAREZE, E. DA R.; STORCK, C. R.; DE CASTRO, L. A. S.; SCHIRMER, M. A.; DIAS, A. R. G. Effect of heat-moisture treatment on rice starch of varying amylose content. *Food Chemistry*, v. 121, n. 2, p. 358–365, 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.12.036.

ZHAO, Y., HUERTA, R.R., & SALDAÑA, M.D.A. (2019). **Use of subcritical water technology to develop cassava starch/chitosan/ gallic acid bioactive films reinforced with cellulose nanofibers from canola straw.** *The Journal of Supercritical Fluids*. DOI: 10.1016/j.supflu.2019.02.022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0896844618307915>. Acesso em: 21 de junho de 2024.

ZHU F, LIU P. **Starch gelatinization, retrogradation, and enzyme susceptibility of retrograded starch: Effect of amylopectin internal molecular structure.** *Food Chem.* 2020 Jun 30;316:126036. Epub 2019 Dec 17. PMID: 32062574. DOI: doi: 10.1016/j.foodchem.2019.126036. disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814619321818>. Acesso em: 21 de junho de 2024.

ZHU, F. **Isolation, Composition, Structure, Properties, Modifications, and Uses of Yam Starch. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, p. 357- 87, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1541-4337.12134>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275718415_Isolation_Composition_Structure_Properties_Modifications_and_Uses_of_Yam_Starch. Acesso em: 21 de junho de 2024.