UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
Faculdade de Ciências Agronômicas
UNESP | BOTUCATU

NATHALIA APARECIDA BARBOSA LOSSOLLI

PROCESSAMENTO DE FRUTOS DE DIFERENTES CULTIVARES DE MANGA PARA OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS AMIDOS DA POLPA E DA AMÊNDOA

Botucatu

2022

NATHALIA APARECIDA BARBOSA LOSSOLLI

PROCESSAMENTO DE FRUTOS DE DIFERENTES CULTIVARES DE MANGA PARA OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS AMIDOS DA POLPA E DA AMÊNDOA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

Orientadora: Magali Leonel

Botucatu

2022

L881p

Lossolli, Nathalia Aparecida Barbosa
Processamento de frutos de diferentes cultivares de manga para obtenção e caracterização dos amidos da polpa e da amêndoa / Nathalia Aparecida Barbosa Lossolli. -- Botucatu, 2022
105 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientadora: Magali Leonel

1. Amido. 2. Manga verde. 3. Amêndoa. 4. Polpa. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte”

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PROCESSAMENTO DE FRUTOS DE DIFERENTES CULTIVARES DE MANGA PARA OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS AMIDOS DA POLPA E DA AMÊNDOA

AUTORA: NATHALIA APARECIDA BARBOSA LOSSOLLI
ORIENTADORA: MAGALI LEONEL

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Dr.ª MAGALI LEONEL (Participaçao Virtual)
Centro de Raizes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista UNESP

Dra. LUCIANA ALVES DE OLIVEIRA (Participaçao Virtual)
Laboratório de Ciencia e Tecnologia de Alimentos / Embrapa Mandioca e Fruticultura

Prof. Dr. LUCAS EDUARDO DE OLIVEIRA APARECIDO (Participaçao Virtual)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Muzambinho / Muzambinho/MG

Botucatu, 23 de fevereiro de 2022

Aos meus amados pais,

Evandro e Elaine,

dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me permitir realizar tudo que eu sempre desejei, inclusive esse trabalho.
Aos meus queridos pais pelo apoio incondicional, paciência, amor e motivação em todos os momentos da minha vida, principalmente a minha mãe, por sempre me amparar e nunca me permitir desistir nas dificuldades. Por ser a luz e sempre a força que me guiou e fortaleceu até aqui, muito obrigada !
À Prof. Dra. Magali Leonel, pela orientação, ensinamentos, paciência e exemplo de orientadora.
À Faculdade de Ciências Agronômicas, da Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho" - UNESP, e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Energia na Agricultura) por terem proporcionado condições para a realização desse trabalho.
Ao CERAT- Centro de Raízes e Amidos Tropicais, que permitiu meu crescimento pessoal e profissional, além de disponibilizar todos os equipamentos e estrutura para realização desse estudo.
Agradeço os membros do CERAT/UNESP, como a técnica Juliana A. M. Ebúrneo, Danilo Rosa, e os demais pelo suporte, ajuda e atenção no decorrer desse trabalho.
Agradeço também aos amigos que fiz no Centro durante esse período: Hebert T. Cândido, Juliana A. M. Ebúrneo, Paulo de Jesus e aos demais pela ajuda, companheirismo e por alegrar meus dias.
À Dra. Thaís P. R. dos Santos pelo suporte, ajuda e atenção no decorrer desse trabalho.
Ao Prof. Dr. Lucas Aparecido pela ajuda com a estatística presente nesse trabalho e pela amizade.
Ao meu amigo Maiqui Izidoro, pelos ensinamentos, companheirismo e fidelidade ao me ajudar constantemente no desenvolvimento desse estudo, principalmente nas horas mais difíceis. Você foi luz e alegria aos meus dias de análises no CERAT, agradeço pela amizade.
Ao Prof. Dr. Fenelon M. Pontes, do Departamento de Química da UNESP- Faculdade de Ciências- Campus Bauru, pelo apoio na análise de Difração de raio –X, no Equipamento RIGAKU, modelo MINIFLEX 600, CEPID-CDMF- Proc. FAPESP 2013/07296-2.
Ao LIMA/IQ/UNESP – Campus Araraquara, pelo apoio nas análises de microscopia eletrônica de alta resolução MEV-FEG.
À Dra. Luciana Alves de Oliveira, da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos (Cruz das Almas), pelo auxílio nas análises de propriedades de pasta.
O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.
À todas pessoas que de alguma maneira me ajudaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A manga vem sendo considera uma das frutas mais apreciadas mundialmente, por conta das suas características sensoriais de cor, aroma e sabor, além de ser atrativa e reconhecida por seu alto valor nutricional. Durante o processamento da manga, são geradas quantidades consideráveis de resíduos. Uma alternativa de uso é o processamento para isolamento de amido, que agrega valor à cadeia produtiva. O amido apresenta características estruturais e funcionais distintas entre as espécies botânicas e até mesmo na mesma cultivar sob diferentes condições de cultivo. O objetivo deste estudo foi realizar a caracterização morfológica e físico-química de amidos isolados da amêndoa e da polpa de seis cultivares de manga. As cultivares estudadas foram Bourbon, Espada Vermelha, Keitt, Palmer, Parwin e Tommy Atkins. Os frutos foram colhidos imaturos e após padronização foram analisados quanto à porcentagem de casca, polpa e caroço, bem como, quanto ao rendimento de extração de amido. Os amidos isolados foram analisados quanto à cor, composição centesimal, amilose, minerais, morfologia, cristalinidade, tamanho de grânulo, padrão de difração de raios X, poder de inchamento e solubilidade, propriedades térmicas e de pasta. Os resultados obtidos mostraram diferenças nas porcentagens de casca, polpa e caroço das cultivares, e no rendimento de extração de amido. Os amidos isolados das amêndoas apresentaram maiores teores de componentes não amiláceos do que os isolados de polpas, destacando-se altos teores de lipídios, proteínas e açúcares totais. O fósforo foi o mineral com maior concentração nos amidos. Os amidos extraídos das polpas de todas as cultivares apresentaram baixos teores de cinzas, inferior a 0,5%. A análise morfológica mostrou que os amidos de manga obtidos das amêndoas apresentaram uma mistura de grânulos de diferentes tamanhos, com predominância de formas ovais e alongadas, independente da cultivar, possuindo padrão de cristalinidade tipo A e índice de cristalinidade variando de 26,58 a 30,78%. Os resultados também mostraram que os amidos da polpa apresentam formato esférico, de diferentes tamanhos, com padrão de difração de raios X tipo A e índice de cristalinidade variando de 30,31 a 35,35%. Os teores de amilose nos amidos das amêndoas variaram de 27,98% (‘Tommy Atkins’) a 25,09% (‘Bourbon’) e os amidos isolados das polpas tiveram menores porcentagens de amilose, valor médio de 16,2% (‘Palmer’) e 18,95% (‘Tommy Atkins’). Os amidos de amêndoas apresentaram valor médio de temperatura de pico de gelatinização em 71°C e ΔH variando de 12,54 (‘Tommy Atkins’) a 14,02 $J.g^{-1}$ (‘Espada vermelha’), enquanto os amidos obtidos de polpas apresentaram temperatura de pico de gelatinização de 67°C e ΔH variando de 10,63 (‘Tommy Atkins’) a 13,13 $J.g^{-1}$ para a ‘Palmer’. Os amidos de amêndoas apresentaram alto pico, quebra de viscosidade, viscosidade final e tendência à retrogradação, principalmente para 'Keitt', enquanto os amidos de polpa apresentaram alto pico, viscosidade final e tendência à retrogradação, principalmente para 'Bourbon'. Os amidos de manga verde extraídos da amêndoa e da polpa apresentaram propriedades que permitem sua utilização pela indústria.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L.; produto amiláceo; variedades; amilose; cristalinidade.

ABSTRACT

Mango has been one of the most appreciated fruits worldwide, due to its sensory characteristics of color, aroma being considered and recognized for its nutritional value and recognized for its value. During mango processing, spawns are considered considerable. An alternative use is processing for isolation of starch, which adds value to the production chain. Starch has structural and different characteristics between botanical species and even the same cultivar under cultivation conditions. The objective of this study was to carry out a morphological and physicochemical characterization of starches isolated from the kernel and pulp of six mango cultivars. The cultivars studied were Bourbon, Espada Vermelha, Keitt, Palmer, Parwin and Tommy Atkins. The fruits were found in the peel and then extracted they were extracted from starch, as well as, regarding the starch yield. The isolated starches were evaluated for color, proximate composition, amylose, minerals, morphology, crystallity, granule size, X-ray diffraction pattern, swelling power and solubility, thermal and mass properties. The results obtained from the peel, pulp and seed of the cultivars, and no results from obtaining starch. The starches isolated from almonds showed levels of non-milaceous components than those isolated from pulps, especially lipids, proteins and total sugars. Phosphorus was the mineral with the highest concentration in starches. The starches extracted from the pulps of all cultivars had ash contents below 0.5%. The morphology showed that the mango starches from the almonds presented a mixture of sizes, with a predominance of oval and elongated shapes, regardless of cultivar forms, with crystallinity pattern A and crystallinity ranging from 26,58 to 30.78%. The results also correspond to the format presented by the starches in the pulp, of different sizes, with the difference in pattern X of crystallinity 5.31%. The amylose contents in the starches of the smaller almonds vary from 27.98% ('Tommy Atkins') to 25.09% ('Bourbon') and the starches isolated from the pulps had percentages of amylose, average value of 16.2% ('Palmer') and 18.95% ('Tommy Atkins'). Almond starches had an average value of peak gelatinization temperature at 71°C and ΔH ranging from 12.54 ('Tommy Atkins') to 14.02 $J.g^{-1}$ (‘Espada vermelha’), while starches obtained from pulps with peak gelatinization temperature of 67°C and ΔH ranging from 10.63 ('Tommy Atkins') to 13.13 $J.g^{-1}$ for 'Palmer'. Almond starches showed high peak, viscosity breakdown, final viscosity and retrogradation tendency, mainly for 'Keitt', while pulp starches showed high peak, final viscosity and retrogradation tendency, mainly for 'Bourbon'. Green mango starches extracted from almonds and pulp showed properties that allow their use by the industry.

Keywords: *Mangifera indica* L.; starchy product; varieties; amylose;crystallinity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Morfologia da manga 22
Figura 2- Croqui referente aos respectivos números de mangueiras 33
Figura 3- Extração do amido das polpas das mangas 35
Figura 4- Processamento da extração da amêndoa das mangas 36
Figura 5- Extração do amidos das amêndoas das mangas 37
Figura 6- Morfologia dos amidos das amêndoas de manga (aumento de 1000x) de diferentes cultivares 59
Figura 7- Morfologia dos amidos das polpas de manga (aumento de 1000x) de diferentes cultivares. 61
Figura 8- Difração de raio-x em amidos amêndoas das cultivares Bourbon(A); Espada vermelha (B); Keitt (C); Palmer (D); Parwin (E) e Tommy Atkins (F) 65
Figura 9- Difração de raio-x em amidos polpas das cultivares Bourbon(A); Espada vermelha (B); Keitt (C); Palmer (D); Parwin (E) e Tommy Atkins (F) 66
Figura 10- Perfil de viscosidade dos amidos obtidos das amêndoas das mangas de diferentes cultivares 81
Figura 11- Perfil de viscosidade dos amidos obtidos das polpas das mangas de diferentes cultivares 83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química do amido da amêndoa e polpa da manga 29
Tabela 2- Características físico-químicas dos amidos da polpa e amêndoa da manga 32
Tabela 3- Principais características dos frutos de cada cultivar de manga 34
Tabela 4- Percentual de casca, polpa e caroço+amêndoa em relação a massa total do fruto fresco de diferentes cultivares de manga 45
Tabela 5- Rendimento em base seca (%) dos amidos extraídos de mangas . 46
Tabela 6- Caracterização de cor dos amidos da amêndoa de mangas de diferentes cultivares 48
Tabela 7- Caracterização de cor dos amidos da polpa de manga de diferentes cultivares 49
Tabela 8- Composição centesimal dos amidos das amêndoas (base seca) de diferentes cultivares de mangas 50
Tabela 9- Composição centesimal dos amidos das polpas (base seca) de diferentes cultivares de manga 52
Tabela 10- Teor de amilose nos amidos das amêndoas e polpas de diferentes cultivares de mangas 54
Tabela 11- Teor de minerais presentes nos amidos das amêndoas de diferentes cultivares de mangas 56
Tabela 12- Teor de minerais presentes nos amidos das polpas de diferentes cultivares de mangas 57
Tabela 13- Diâmetro médio dos grânulos de amidos das amêndoas de diferentes cultivares de manga..... 62
Tabela 14- Diâmetro médio dos grânulos de amidos das polpas de diferentes cultivares de manga 63
Tabela 15- Cristalinidade relativa dos amidos das amêndoas de diferentes cultivares de manga 68
Tabela 16- Cristalinidade relativa dos amidos das polpas de diferentes cultivares de manga 69
Tabela 17- Solubilidade dos amidos das amêndoas de manga de diferentes cultivares 70

Tabela 18- Poder de inchamento dos amidos das amêndoas de manga de diferentes cultivares 71
Tabela 19- Solubilidade dos amidos das polpas de manga de diferentes cultivares 73
Tabela 20- Poder de inchamento dos amidos das polpas de manga de diferentes cultivares 73
Tabela 21- Gelatinização dos amidos das amêndoas de diferentes cultivares de manga 75
Tabela 22- Gelatinização dos amidos das polpas de diferentes cultivares de manga 77
Tabela 23- Retrogradação dos amidos das polpas de diferentes cultivares de manga 79
Tabela 24- Propriedade de pasta dos amidos das amêndoas de diferentes cultivares de manga 82
Tabela 25- Propriedade de pasta dos amidos das polpas de diferentes cultivares de manga 84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 19
2 REVISÃO DE LITERATURA 21
2.1 Mangicultura 21
2.2 Manga como fonte de amido 24
2.3 Características morfológicas, estruturais e propriedades físico-químicas dos amidos de manga 26
3 MATERIAL E MÉTODOS 33
3.1 Matéria-prima 33
3.1.1 Descrição das cultivares 33
3.2 Extração do amido da polpa 35
3.2.1 Extração do amido da amêndoa 36
3.2.2 Cálculo de rendimento dos amidos extraídos 37
3.3 COMPOSIÇÃ CENTESIMAL 38
3.3.1 Umidade 38
3.3.2 Cinzas 38
3.3.3 Matéria graxa 38
3.3.4 Proteína 38
3.3.5 Açúcares totais 38
3.3.6 Fibras 39
3.3.7 Amido total 39
3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS AMIDOS 40
3.4.1 Amilose 40
3.4.2 Minerais 40
3.4.3 Cor 40
3.4.4 Morfologia dos grânulos de amido 40
3.4.5 Distribuição de tamanho de grânulos 41
3.4.6 Padrão de difração de raios- x e cristalinidade relativa 41
3.4.7 Poder de inchamento (PI) e Solubilidade (S) 42
3.4.8 Propriedades de pasta (RVA) 42
3.4.9 Propriedades térmicas 43
3.5 Análise estatística 44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 45

4.1 Caracterização física dos frutos e rendimento do amido 45
4.2 Caracterização de cor dos amidos 47
4.3 Composição centesimal dos amidos 50
4.4 Amilose 53
4.5 Minerais..... 56
4.6 Morfologia dos grânulos de amido..... 58
4.7 Distribuição de tamanho dos grânulos 62
4.8 Difração de raio-X..... 64
4.9 Cristalinidade relativa dos amidos 67
4.10 Poder de inchamento e solubilidade 69
4.11 Propriedade térmica..... 74
4.10 Propriedade de pasta..... 80
5 CONCLUSÃO 86
REFERÊNCIAS 87

1 INTRODUÇÃO

O interesse pelos amidos de fontes não convencionais tem aumentado, principalmente por estes polímeros apresentarem características físico-químicas, funcionais e de digestibilidade distintas das fontes convencionais como o arroz, milho, batata e mandioca. A caracterização desses amidos deve ser realizada para propor aplicações tecnológicas e o valor agregado do amido será maior se atender critérios de sustentabilidade e se possibilitar a substituição de amidos quimicamente modificados, principalmente na indústria alimentícia (ZHANG; HAMAKER, 2012; AGAMA-ACEVEDO et al., 2015; ZHU, 2020; TAGLIAPIETRA et al., 2021).

As propriedades específicas dos amidos dependem de sua origem botânica, condições ambientais e, até mesmo, do manejo das culturas. O impacto das variações genéticas e ambientais nas propriedades dos amidos levam a alterações nas características morfológicas, estruturais, composição química e propriedades físicas (LEOBET, 2016).

Com uma grande gama de aplicações, o amido pode ser empregado na produção de papeis, bioplásticos e também na extração de petróleo (amido modificado) (SILVA, 2011; FEIRA, 2010; DIAS, 2014), nas indústrias farmacêuticas, química, construção civil e na de polímeros sintéticos (WALTER, SILVA e EMANUELLI, 2005). No setor alimentício, o amido é um dos ingredientes mais úteis por ser de fácil obtenção, baixo custo e as suas propriedades funcionais permitirem o uso como espessante, gelificante e/ou estabilizante, bem como, substituto de gordura, encapsulante de aromas, entre outros (PRZETACZEK-ROZNOWSKA et al., 2018).

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma frutífera de origem asiática, natural da Índia e cultivada há mais de 4.000 anos. Sua cultura chegou ao Brasil por volta do século XVI trazida pelos navegantes portugueses, em Pernambuco (XAVIER, et al., 2009). De acordo com Lawson et al. (2019), as principais cultivares cultivadas no Brasil são Alphonso, Ataulfo, Haden, Keitt, Kent, Palmer e Tommy Altkins, as cultivares Bourbon, Coité, Coquinho, Corações, Espada, Rosa e Ubá também são cultivadas mas em menores escalas (DE BATISTA et al., 2015).

O Brasil ocupa o terceiro lugar na produção mundial de manga, com seus polos de produção no Sudeste e Nordeste, situados em três regiões: Vale do São

Francisco (Bahia), principal região; Livramento de Nossa Senhora (Bahia); São Paulo (interior), e Minas Gerais (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2019; IBGE, 2019). Com base no Anuário Brasileiro de Fruticultura (2019), a produção do Brasil em 2019, foi superior a 605.956 toneladas, desta 66,5% obtidas na região Nordeste e 28,4% na Sudeste. Neste mesmo ano foram exportados 197 mil toneladas para a União Europeia e para os Estados Unidos.

Durante o processamento da manga, quantidades consideráveis de resíduos são gerados, entre a 40% e 60% de matéria-prima, do qual 15 a 20% são sementes (PURAVANKARA, 2000; KAUR, et al. 2004). Por meio da deposição residual e razões sanitárias, os descartes devem ser feitos em local adequado e distante, gerando custo adicional e problemas ambientais. Deste modo, a extração de amido da manga verde principalmente da amêndoa vem conquistando interesses industriais (ZHANG; HAMAKER, 2012; MODESTO, 2013, AGAMA-ACEVEDO et al., 2015).

Frente à destacada importância da mangicultura no Brasil e do crescente mercado de amido, a valorização da manga como fonte não convencional de amido poderá contribuir para o destaque do país em relação à produção de amidos nativos diferenciados; contribuir para o agronegócio da manga, com o aproveitamento de frutos que não atendem os padrões de comercialização; bem como, agregar valor às amêndoas sendo os resíduos do processamento.

O déficit nos dados literários da caracterização dos amidos extraídos das polpas verdes, normalmente utilizadas no processamento de suco, dificulta o debate e a aplicabilidade desse amido na indústria alimentícia, sendo um amido sem modificação e puro.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização morfológica e físico-química de amidos isolados da amêndoa e da polpa de seis cultivares de manga. Visando contribuir com informações que possam aprimorar o mercado de amidos não convencionais, visando reduzir o desperdício da fruta e incentivar o agronegócio de manga no Brasil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mangicultura

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta originária da Ásia Meridional e do Arquipélago Indiano (GOMES, 2007). Pertence à classe Dicotiledônea, família das Anacardiaceae na ordem Sapindales, do gênero *Mangifera*. De acordo com Solís-fuentes e Durán-de-bazúa (2011), no mundo, existem mais de mil cultivares da frutífera acessíveis, mas dentro destas vastas variedades, apenas algumas cultivares são cultivadas em escala comercial. A cultura chegou ao Brasil pelos navegantes portugueses, em Pernambuco. Espalhou-se pelo território nacional, sendo cultivadas cerca de 30 variedades no país (XAVIER, et al., 2009; MENDES, 2011).

O Brasil ocupa o terceiro lugar na produção mundial, estando seus polos de produção em quatro regiões. O Vale do São Francisco (Bahia) possui área de 49 mil hectares e é considerado o maior produtor com 442.233 t. e exportador de mangas, um total de R$ 543.058.000. A produção na região de Livramento de Nossa Senhora (Bahia) equivale a 11,545 mil hectares. Em São Paulo a produção se concentra no interior com uma área de 8,616 mil hectares, produzindo 206.854 t equivalente a 21,84%. Já em Minas Gerais ocorre no norte, com 7.500 hectares, a junção das regiões totalizam 76,7 mil hectares em 2019 (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2019; IBGE, 2019).

A manga no Brasil, vem sendo a fruta mais exportada, contribuindo no aspecto econômico e social. Em 2019, seu embarque foi recorde com 221,913 mil toneladas, com um aumento de 30% em relação ao ano anterior (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2019). Em 2020, a pandemia da Covid-19 levou a dificuldades em relação a exportação de frutas, entretanto, a situação começou a normalizar no final do ano. Mesmo com as dificuldades, o faturamento com as exportações da manga apresentaram índices superiores comparados ao mesmo período em 2019, o que mostra a força da mangicultura no Brasil (VIDAL, 2020; DE LIMA, 2021).

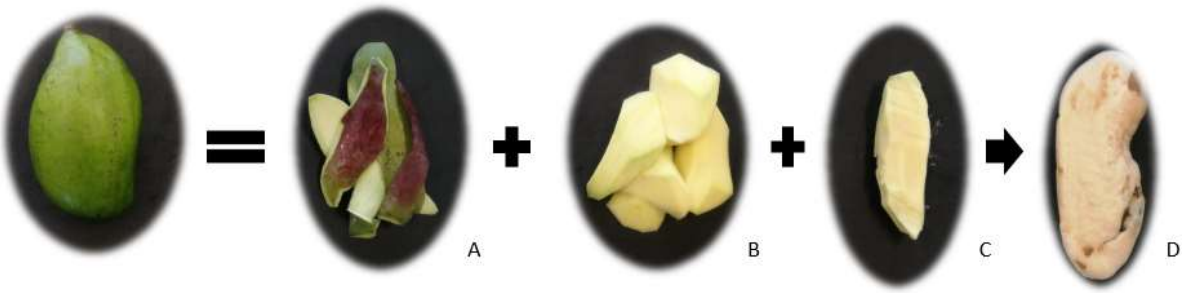
Considerada uma cultivar predominantemente tropical, a mangueira consegue se adaptar e produzir em ambientes com temperaturas mais baixas, com 25°C diurno e até 15°C noturno (PINTO et al., 2009). Temperaturas abaixo de 6°C causam morte das mangueiras e acima de 40°C acarretam estresse térmico,

podendo prejudicar seu desenvolvimento. A temperatura também influencia a etapa de florescimento da mangueira, no qual temperaturas baixas retartam o crescimento vegetativo afetando o florescimento (OLIVEIRA, 2020).

Com base em Melo (2018), a manga é considerada uma fruta com características climatéricas, ou seja, continua o amadurecimento após ser removida da planta mãe, demorando um intervalo de três a oito dias pra finalizar o amadurecimento. O curto prazo de amadurecimento representa grandes perdas pós-colheita.

A morfologia da manga é constituída basicamente pelo mesocarpo (polpa), casca (epicarpo) e o endocarpo (caroço), no qual na parte interior armazena a amêndoa, conforme demonstra a Figura 1. Industrialmente, a casca e o endocarpo são considerados resíduos e, geralmente descartados (MELO, 2018). Porém, apresentam teores consideráveis de compostos com atividade antioxidante, fenólicos totais, fibras alimentares, antocianinas, e clorofila. Algumas indústrias utilizam os resíduos para o preparo de rações mistas para animais (DO CARMO, ALMEIDA, HOLANDA, 2017).

Figura 1- Morfologia da manga - Casca (A); polpa (B); caroço (C) e amêndoa (D)



Fonte: Nathalia Lossolli

Alguns fatores influenciam no desenvolvimento e produção da mangueira, classificados como internos e externos. Os fatores internos baseiam-se nas características genéticas da variedade utilizada para o plantio, e os externos referem às condições ambientais (clima), edáficas (solo), pragas e doenças, e à ação do homem interferindo nos fatores mencionados (MELO, 2018).

As principais cultivares da mangicultura brasileira são: Ataulfo, Kent, Tommy Atkins, Haden, Palmer, Alphonso e Keitt (LAWSON et al., 2019), junto com as cultivares Rosa, Espada, Coité, Bourbon, Coquinho, Ubá e Corações (DE BATISTA et al.,2015), sendo que a ‘Tommy Atkins’ equivale a 80% da área cultivada no Brasil (SILVA et al., 2014). Está variedade é considerada a melhor perante os agricultores brasileiros, pois é resultante de melhoramento genético e pesquisas de seleção. Além de apresentar algumas vantagens, como vida de prateleira mais longa e maior resistência a lesões em relação às demais (SIVAKUMER; JIANG; YAHIA, 2011).

De acordo com Melo (2018), devido alguns fatores como aroma, sabor adocicado, sua aparência suculenta e seu valor nutritivo, a manga é bastante apreciada industrialmente e na culinária. Considerado um alimento polposo, abundante em carboidratos; vitamina C; minerais, como fósforo, sódio, magnésio, potássio e cálcio; carotenoides (β-caroteno, licopeno) e evidencia altos teores de compostos fenólicos, responsáveis pelas propriedades antioxidantes (TONIN et al., 2018).

No mercado, a manga é considerada um alimento rico de fontes de nutrientes. Sua composição nutricional vária de acordo com sua variedade, condições de cultura e estádio de maturação, entretanto, a fruta *in natura* apresenta alto teor de sólidos solúveis totais (SANTOS, 2003). Industrialmente, a polpa de manga vem sendo aplicada como matéria prima na formulação de biscoitos, doces, iogurtes, sorvetes, alimentos infantis, sucos e bolos (BENEVIDES et al., 2008).

Com relação aos carboidratos presente em sua composição, estes são formados por amido, açúcares, pectina, tanino e celulose, no qual a proporção e quantidades mudam conforme o grau de maturação da fruta. O teor de amido aumenta com o desenvolvimento fisiológico da manga, que ao atingir sua maturação completa, inicia-se a redução do conteúdo de amido devido a transformação em sacarose, sendo este o açúcar mais abundante na manga madura (BERNARDES-SILVA; LAJOLO; CORDENUNSI, 2003; MODESTO, 2013)

Durante o processamento da fruta *in natura* cerca de 40 a 60% é desperdiçado como resíduos, sendo a casca responsável por 15 a 20% do peso total da fruta (KIM et al., 2012) e a semente por 10 a 25%, respectivamente (MELO, 2018; SOLÍS-FUENTES, DURÁN- DE-BAZÚA, 2011).

A amêndoa pode variar de 45 a 85% do peso total da semente, representando cerca de 20% do fruto (SOLÍS-FUENTES, DURÁN-DE-BAZÚA, 2011; MELO, 2018). De acordo com Sandhu e Lim (2008), a composição média da amêndoa com base em peso seco apresenta 77% de carboidratos, 11% de lipídeos, 6% de proteína, 2% de cinzas e 2% de fibra bruta.

Portanto, o reaproveitamento dos nutrientes presentes na amêndoa por meio da extração do amido pode ser considerado um processo inovador e propulsor, pois permite praticidade ao uso, perecibilidade reduzida, assim como o volume para transporte, e evitando danos ao meio ambiente (KOBORI, JORGE, 2005). Mirabella et al. (2014), relatam que o resíduo vem sendo utilizado como matéria-prima para aplicações tecnológicas e no desenvolvimento de novos produtos.

2.2 Manga como fonte de amido

Na nossa dieta, o amido é considerado a principal fonte de energia, entretanto é uma matéria-prima muito versátil com aplicações industriais em alimentos, fármacos, papeis, tecelagem, entre outros. As fontes principais de amido são a batata, o milho, a mandioca e o trigo, contudo, atualmente tem aumentado o interesse em amidos não convencionais e/ou subutilizados. A composição, estrutura e as propriedades do amido tendem a variar muito entre diferentes fontes vegetais e essa diversidade de propriedades sugere diferentes aplicações (ZHU, 2020).

O amido apresenta características próprias, no qual sua composição influência diretamente suas propriedades funcionais e no comportamento com base nas diferentes fontes botânicas (COPELAND et al., 2009; HOOVER, 2010). Considerado um ingrediente útil devido a algumas características como fonte de energia renovável, ampla possibilidade de transformação em diversas substâncias por processos bioquímicos e químicos, abundante disponibilidade, alta pureza, alta biodegradabilidade e baixa toxicidade e pelo imenso potencial de aplicações (MESQUITA et al., 2018).

Durante o processamento, a origem botânica e a natureza nativa ou modificada do amido, contribuirá para a sensação na boca, o controle da consistência, viscosidade, umidade, textura e durabilidade no mercado (COPELAND et al., 2009; HOOVER, 2010). O amido também tem baixo custo e as suas propriedades

funcionais permitem ser utilizado como fonte de amido resistente, complementação nutritiva na alimentação (ALMEIDA, 2013), espessante, gelificante e/ou estabilizante, bem como, substituto de gordura, encapsulante de aromas, atuando na viscosidade, modificando a textura, entre outros (PRZETACZEK-ROZNOWSKA et al., 2018).

Por volta de 60% do amido produzido é utilizado em indústrias alimentícias, como produtos de panificações, substitutos de gordura, xaropes, salgadinhos, comida para bebê, molhos, salsichas, cafés especiais, cervejas e outras bebidas. E 40% restante em produtos farmacêuticos e não comestíveis, como fertilizantes, sementes, materiais de embalagem, têxteis, papelão, papel, adesivos, fraldas, bioplásticos, perfuração de petróleo e materiais de construção (MESQUITA et al., 2016).

De acordo com Serrano e Franco (2005), a indústria alimentícia procura alimentos contendo elementos que auxiliem em atividades fisiológicas ou metabólicas benéficas, buscando amido que proporcione opções variadas no processamento de determinados alimentos para melhorar a apresentação, fabricação ou conservação do produto. Com base em Fontes (2016), deste modo, a manga pode ser reconhecida como uma fonte de amido, devido aos aspectos socioeconômicos, produção, viabilidade, variedades em sua utilização e pelos benefícios apresentados.

De acordo com Fontes (2016), produtos de amidos estão sendo desenvolvidos continuamente e a comercialização de amidos nativos, resistente e modificados vem crescendo rapidamente, além de fontes alternativas de amido, como a manga verde e a amêndoa.

A polpa fresca do fruto verde de manga apresenta um teor de 30 a 45% de amido, que durante o amadurecimento acaba sendo hidrolisado em açúcar, permanecendo em torno de 1 a 2% no fruto maduro (PATINO-RODRÍGUEZ et al, 2020). Já o açúcar, apresenta um teor equivalente a 1 a 2% do peso fresco da polpa verde. Todavia, esses teores podem variar de acordo com o cultivar (ALMEIDA, 2013).

A amêndoa da manga vem se destacando como fonte de amido, apresentando em sua composição mais de 50% da massa seca (SILVA et al., 2013; KAUR et al., 2004), evidenciando um grande potencial de fonte não convencional. Com aproveitamento da amêndoa para extração industrial do amido a redução de

resíduos seria evidente, além de auxiliar na diminuição da poluição do meio ambiente, problemas de disposição e na própria quantidade descartada. Portanto, o aproveitamento integral da amêndoa seria uma alternativa para agregar valor ao agronegócio, reduzir o lixo orgânico e uma fonte alternativa de amido. De acordo com alguns autores a extração e aplicação do amido, pode ser uma alternativa viável (LEMOS et al., 2013).

2.3 Características morfológicas, estruturais e propriedades físico-químicas do amido de manga

O amido pertence à família química dos carboidratos, sendo classificado como um polissacarídeo natural, constituído apenas de resíduos de glicose e considerado homopolissacarídeo (LEONEL et al., 2011). Constituído principalmente por dois polímeros, a amilopectina e amilose, no qual ambos são formados por várias unidades de D-glicose, que estruturalmente, a união ocorre por meio da condensação enzimática, que acontece predominantemente entre os átomos de carbono 1 e 4 e os átomos 1 e 6 (FONTES, 2016).

Os grânulos de amido apresentam outros componentes como lipídeos, proteínas e minerais. Nos grãos de cereais de milho e arroz, o lipídio corresponde de 0,5 a 2% do amido, variando conforme a fonte botânica (MESQUITA, 2015; FONTES, 2016).

A amilose corresponde a 20 a 30% do amido, com unidades de D-glicose unidas entre si por ligações glicosídicas α (1-4) sendo um polímero linear. A amilopectina é responsável por 70 a 80% restante, consistindo em longas cadeias de unidades de D-glicose unidas entre a ligação α (1-4) e (1-6) com uma extremidade redutora e uma não redutora. Todavia, ela é uma molécula altamente ramificada, sendo evidenciada somente após solubilização e separação dos grânulos (GOMES et al., 2019).

Esses polímeros arranjam-se no grânulo, podendo estar alojadas no centro ou lateralmente, consequentemente formam camadas superpostas ao redor do hilo. Portanto, são responsável pela deposição do amido de diferentes graus de hidratação (BOBBIO; BOBBIO, 2003). De acordo com Franco et al., (2001), essas regiões apresentam quantidades com alto e baixo índice de refração, cristalinidade, densidade e resistência ao ácido e enzimas.

De acordo com Eliasson (2004) e Tester; Karkalas e Qi (2004), o percentual entre a amilose e amilopectina podem apresentar variação com base nas fontes botânicas, variedades de uma mesma espécie e até mesmo em uma mesma variedade, de acordo com base no grau de maturação da planta.

Tester; Qi e Karkalas (2006), o porcentual também pode variar em relação as plantas naturais e modificadas geneticamente, além dos tamanho e forma dos grânulos dos amidos nativos partindo do esférico ao poliédrico. O porcentual também afetará propriedades como à viscosidade do amido, comportamento, temperatura de gelatinização, capacidade de absorção de água e inchamento e a susceptibilidade enzimática (WANG e COPELAND,2013).

De acordo com os dados encontrados por Sandhu e Lim (2007), os valores de amilose nos amidos da amêndoa de manga foram de 28,8% para a variedade ‘Chausa’ e 33,6% ‘Kuppi’. Ferreita et al. (2019), o teor de amilose encontrado na amêndoa da manga ‘Tommy Atkins’ foi de 25,26%, sendo o valor semelhante (25,1%) quando as sementes da mesma variedade foram secas por Silva et al., (2019). De acordo com Colussi e colaboradores (2017), o conteúdo de amilose encontrado por Ferreira et al. (2019), foi considerado médio.

De acordo com os dados encontrados por Bello-Perez et al. (2005), a porcentagem de amilose em amidos da polpa de manga de variedades distintas foram de 13,3% para a ‘Manila’ e 12,9% para ‘Criollo’. Agustiniano-osornio et al. (2005), encontraram conteúdo de amilose do amido da polpa (28,7%), semelhante ao usado para a preparação de amido resistente da mesma variedade ‘Tommy Atkins’.

Já Espinosa-Sólis et al. (2009), apresentaram valores mais elevados em seus estudos, no qual a amilose da polpa ‘Tommy Atkins’ foi de 31,1%, da banana 36,2% e do milho normal 29,7%. Patil et al. (2014), obtiveram um valor superior de amilose da manga negra (35,06%). Esses resultados concordam com o valores de comprimento de onda de absorbância máxima (λ max), porque amidos de manga tiveram valores λ max entre 565 e 580 nm, enquanto o amido de milho apresenta valores de λ max entre 589 e 598 nm (BILIADERIS,1991).

A amilopectina é responsável pelas zonas cristalinas do grânulo do amido e os pontos de ramificação é o principal componente de áreas amorfas, que são formadas na parte não ramificada da molécula, sendo a porção menos densa, com

capacidade de absorver maiores quantidade de água (OATES 1997; JANE, 2006; BOBBIO; BOBBIO, 2003).

A estrutura do amido está relacionada diretamente em seu padrão de difração, no qual cadeias ramificadas de amilopectina interagem entre si e com as moléculas de água, formando duplas hélices que sofrerão cristalização (PÉREZ; BERTOFT, 2010). A disposição dos cristais no grânulo do amido refere-se ao padrão de difração, dando origem à duas formas básicas do tipo A e do tipo B, conforme exibe a análise de difração de raios-x (ZOBEL, 1988; KATZ; VAN ITALLIE, 1930; COLONNA et al., 1982; PÉREZ; BERTOFT, 2010). O padrão do tipo C vem sendo uma combinação dos tipos A e B (BILIADERIS, 1991; PÉREZ; BERTOFT, 2010).

Os padrões de raios-x dependem do comprimento das cadeias ramificadas da amilopectina. Entretanto, suas moléculas contêm várias distribuições de cadeias, sendo A, B e C, que diferem entre si pelo comprimento. De acordo com Kobayashi; Schuartz e Lineback (1986), em relação a organização as cadeias do tipo A (não ramificadas) estão ligadas às cadeias B, que não se ligam a nenhuma outra cadeia. Já a cadeia C que possui o grupo não redutor na molécula.

De acordo com Marcon et al. (2009) e Shin et al. (2005), o amido com padrão do tipo A exibe seus picos intensos nos espaços interplanares 15, 17, 18 e 23º em 2θ. Os amidos tipo B apresenta os picos principais em 5,6,15, 17, 22 e 23º em 2θ e o tipo C, com picos em 5,5; 15, 17, 22 e 23º em 2θ.

Com base nos estudos de Guo et al. (2018), o amido da semente de jaca, longan e manga apresentaram cadeias do tipo A. Todos evidenciaram cadeia curta, com forte picos de difração, no qual, a jaca apresentou em 15°, 23° o longan e 20° a manga, também apresentou um dupleto em aproximadamente 17° para a jaca, 18° o longan e 20° a manga.

Sandhu e Lim, (2008), Thory e Sandhu (2017) e Zhang et al., (2016), obtiverem difração do tipo A, para amidos de sementes jaca, grãos de lichia e amêndoa de manga, que normalmente são encontrados em muitos amidos de cereais. Millan-Testa et al. (2005) relataram padrões de raios-X do tipo A para amido de manga, com reflexos fortes a 15° e 23° e um dupleto a 17° e 18° em 2θ.

Com a obtenção de um resultado similar, porém no amido da polpa da manga Bello-Pérez et al. (2005), observou padrão de difração de raios-X do tipo A, todavia com uma ligeira tendência para o tipo C, devido ao pico mostrado em aproximadamente 17º em 2θ.

A cristalinidade dos amidos pode variar entre 15 a 45% (FREITAS; TAVARES, 2005). Essa proporção entre amilopectina e amilose varia de acordo com a sua origem, ou seja, da fonte botânica. Assim, resultara em características exclusivas na pasta de amido e a sua organização no interior do amido (LEONEL et al., 2011).

De acordo com os resultados obtidos por Guo et al. (2018), que avaliaram o amido presente na semente de cinco frutas, a manga apresentou 31,1% de cristalinidade, com pouca diferença da jaca 31,7%, sendo a nêspera com menor valor 27,4%. Embora os cinco amidos tivessem conteúdo de amilose semelhante, suas cristalinidades relativas eram diferentes.

Ferreira et al. (2019), obtiveram a porcentagem cristalina (28,3%) para o amido da amêndoa de manga. Esses resultados são inferiores em comparação com Saeaurng e Kuakpetoon (2018), que analisaram amidos da amêndoa de vários cultivares indianos de mangas, com os amidos da variedade Msk tiveram uma porcentagem maior de cristalinidade (> 40%) do que outros amidos. Entre os amidos Msk, o amido K-Msk apresentou o maior grau de cristalinidade (41,3%).

O amido é composto por apenas carboidratos, entretanto, o produto exibe substâncias como cinzas, proteínas, matéria graxa (Tabela 1), que são descendente da própria planta. Na qual, as quantidades irão depender da composição da planta e do método adotado para a extração e purificação (CEREDA, 2002).

Tabela 1 - Composição química do amido da amêndoa e polpa da manga

Amido	Cultivares	Cinzas (%)	Matéria graxa (%)	Proteínas (%)	Referências
Amêndoa		0,40	7,30	5,60	MENDES, 2011
	‘Tommy Atkins’	0,07	4,60	2,49	ONIAS e CAVALCANTI, 2014.
		0,35	4,67	2,33	SILVIA et al. 2013
Polpa	‘Criollo’	0,4	0,2	1,8	BELLO-PÉREZ et al., 2005
	‘Manila’	0,26	0,8	2,6	

Fonte: Elaborado pela autora.

Os grânulos dos amidos apresentam formas esféricas, redondas, poligonais e até mesmo irregulares, porém a maioria é oval. Normalmente, grânulos de amidos nativos são reconhecidos pelo tamanho, forma e a posição do hilo (FRANCO et al., 2001). Com base em Kaur et al. (2004), os grânulos de amido de manga apresentam uma diversidade em seus tamanhos devido ao seu desenvolvimento, pelo fato dos frutos serem colhidos ainda verde.

O tamanho dos grânulos variam de 1 a 100 µm e o formato do grânulo se modifica de acordo com a variedade de mangueira, entretanto algumas formas predominam como ovais a elíptica e de tamanho diferenciados, porém a maioria apresenta uma superfície suave.

Comparando com as fontes convencionais de amido, o amido de manga apresenta propriedades físico-químicas, funcionais e digestibilidade distintas, variando de acordo com a variedade (AGAMA-ACEVEDO et al., 2015).

Segundo Patiño-Rodríguez et al. (2019), o amido de manga apresenta teores consideráveis de amilose com elevados picos de viscosidade e viscosidade final, obtendo a gelatinização na faixa de 80,3°C e a temperatura de empastamento em 83,0°C, sendo mais elevada que o amido de milho.

A temperatura de gelatinização do amido está baseada nas características estruturais de cristalinidade. Durante a gelatinização e retrogradação, os grânulos de amido passam por alterações, sendo características principais do comportamento desses amidos. Alguns trabalhos relatam que amidos com alto teor de amilose apresentam baixas temperaturas de gelatinização e entalpia, pois as regiões cristalinas dos grânulos de amido são geralmente compostas de amilopectina (SHAMAI et al., 2003).

Os resultados das análises térmicas de gelatinização e retrogradação mostraram diferenças conforme o cultivar da manga. Enfatizam que cada amido tem suas temperaturas e entalpia características de gelatinização. O período de gelatinização está representado no intervalo presente na temperatura final-inicial, no qual após atingir a temperatura final, as duplas hélices presentes na amilopectina são dissociadas (PATIÑO-RODRÍGUEZ et al., 2019).

Segundo Espinosa-Solis et al. (2009), as propriedades de retrogradação foram menores do que a temperatura de gelatinização, pois durante o processo foram formados cristais pequenos ou menos perfeitos. Também evidencia que o amido de manga apresentou o menor porcentual de retrogradação em comparação com

os demais amidos. O menor porcentual de retrogradação do amido de manga poderia ser atribuído à maior proporção de ramificações de cadeias curtas na amilopectina e devido ao menor teor de lipídios em comparação com o amido de milho normal (SANDHU; LIM, 2008).

A claridade da pasta do amido está relacionada aos teores de amilose presente nele, ou seja, teores elevados de amilose acarretam pastas mais opacas com uma estrutura granular mais organizada, com maior associação entre as cadeias que dificultam a passagem de luz por ela. Já os menores teores de amilose proporcionam pastas mais claras, com pouca associação das cadeias, sem estrutura granular, permitindo a passagem de luz (CEREDA, 2003; ALMEIDA, 2013).

A capacidade de gelificação do amido, ocorre quando se aquece o amido na sua faixa de temperatura de gelificação ou superior, fazendo com que as moléculas percam sua orientação por conta da quebra da estrutura cristalina do grânulo, sendo denominado como gelificação. Durante esse processo, ocorre o rompimento do grânulo de amido, que libera as cadeias curtas de amilose e ocasiona espaços vagos dentro do grânulo, sendo ocupado pela água (ALMEIDA, 2013).

Com base em Espinosa-Sólis et al. (2009), o pico de viscosidade está relacionado com a capacidade dos grânulos do amido incharem livremente até o colapso físico. Ao aquecer esse amido com água, os grânulos são inchados e ao mesmo tempo alguns componentes difusa, como a amilose e amilopectina, assim, resultam no inchaço e partículas dispersas na fase contínua. O pico de viscosidade do amido de manga foi obtido em uma temperatura mais baixa do que os demais amidos, devido ao fato que os amidos de frutas exibem teor de amilose maior.

O grânulo do amido em temperaturas elevadas absorve água de forma irreversível, fazendo que sua estrutura cristalina seja corrompida, devido ao relaxamento de ligações de hidrogênio, e as moléculas de água interagem com os grupos hidroxilas presentes na amilose e amilopectina, ocasionando um aumento no tamanho dos grânulos por conta do inchamento e solubilização parcial (ALMEIDA, 2013). De acordo com Ribeiro (2011), isso ocorre por meio da ativação termodinâmica das moléculas do amido, que aumenta a mobilidade granular acarretando na penetração da água, e assim facilita a capacidade de inchamento.

Na Tabela 2, estão apresentadas as características principais dos amidos de manga da polpa e da amêndoa com base em suas propriedades.

Tabela 2- Características físico-químicas dos amidos da polpa e amêndoa de manga

Características	Polpa	Amêndoa	Referência bibliográfica
Forma dos grânulos	Redondo/oval	Esférico/oval	ESPINOSA -SOLIS et al. (2009) RODRIGUES (2019)
Tamanho médio (µm)	5 - 10	5 -10 12 10 – 13	ESPINOSA-SOLIS et al. (2009) SAEAURNG e KUAKPETOON (2018) GUO et al. (2018)
Padrão de cristalinidade	Tipo A	Tipo A	BELLO-PÉREZ et al. (2005) ZHANG et al. (2016)
Cristalinidade (%)	-	28,3 31,1	FERREIRA et al. (2019) GUO et al. (2018)
Amilose (%)	13 – 12,9	23 22,11	BELLO-PÉREZ et al. (2005) PATINÕ-RODRÍGUEZ et al. (2019) OLIVEIRA (2016)
Solubilidade (%)	15 - 25	-	BELLO-PÉREZ et al. (2005)
Propriedades de pasta			
Pico de viscosidade	194,1 RVU	711 mPa	ESPINOSA-SOLIS et al. (2009) GUO et al. (2018)
Quebra de viscosidade	50,2 RVU	215 mPa	ESPINOSA-SOLIS et al. (2009) GUO et al. (2018)
Viscosidade Final	39,1 RVU	648 mPa	ESPINOSA-SOLIS et al. (2009) GUO et al. (2018)
Tendência à retrogradação	-	215 mPa	GUO et al. (2018)
Propriedades térmicas – Gelatinização (*) e retrogradação (**)			
Temperatura inicial (To) (ºC)	66,5 * 39,9 **	77,9 * 47,13**	ESPINOSA-SOLIS et al. (2009) GUO et al. (2018) PATINÕ-RODRÍGUEZ et al. (2019)
Temperatura de pico (Tp) (ºC)	71,3 * 52,7 **	83,4 * 59,25**	ESPINOSA-SOLIS et al. (2009) GUO et al. (2018) PATINÕ-RODRÍGUEZ et al. (2019)
Temperatura final (Tc) (ºC)	76,1 * 62,3 **	88,8 * 70,65**	ESPINOSA-SOLIS et al. (2009) GUO et al. (2018) PATINÕ-RODRÍGUEZ et al. (2019)
Variação de temperatura (ΔT) (°C)	9,44 - 10,5* -	10,9* 23,51**	GUO et al. (2018) LAGUNES-DELGADO et al. (2021) PATIL et al. (2014) PATINÕ-RODRÍGUEZ et al. (2019)
Entalpia de gelatinização (ΔH) (J/g)	14 * 5,4 **	14,5 * 3,33**	ESPINOSA-SOLIS et al. (2009)GUO et al. (2018) PATINÕ-RODRÍGUEZ et al. (2019)

Fonte: Elaborado pela autora.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matéria-prima

O pomar de mangueiras está instalado na Fazenda Experimental São Manuel, UNESP. A fazenda está situada no município de São Manuel, SP, pertencente à Universidade Estadual Paulista (UNESP). Com base na classificação de Köppen, o clima é considerado temperado mesotérmico (EMBRAPA, 2006). A instalação dos pomares de mangueiras na área experimental ocorreu em 2006 e 2008 (Figura 2).

Figura 2- Croqui referente aos respectivos números de mangueiras

Pomar inserido em 2006										
Variedades	Números respectivos de pé em cada cultivar									
Bourbon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Haden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Tommy Atkins	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Palmer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X
Parwin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pomar inserido em 2008										
	Números respectivos de pé em cada cultivar									
Linha mista	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Espada Vermelha	1	2	X	3	4	5	6	7	8	X
Keitt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Palmer	X	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Fonte: Elaborado pela autora.

3.1.1 Descrição das cultivares

A escolha do cultivo está relacionado com a predileção do mercado consumidor, além do potencial produtivo, limitações fitossanitárias e a pós-colheita da variedade (PINTO et al. 2002). A Tabela 3, descreve as principais características de frutos das cultivares analisadas no presente trabalho.

Tabela 3- Principais características dos frutos de cada cultivar de manga

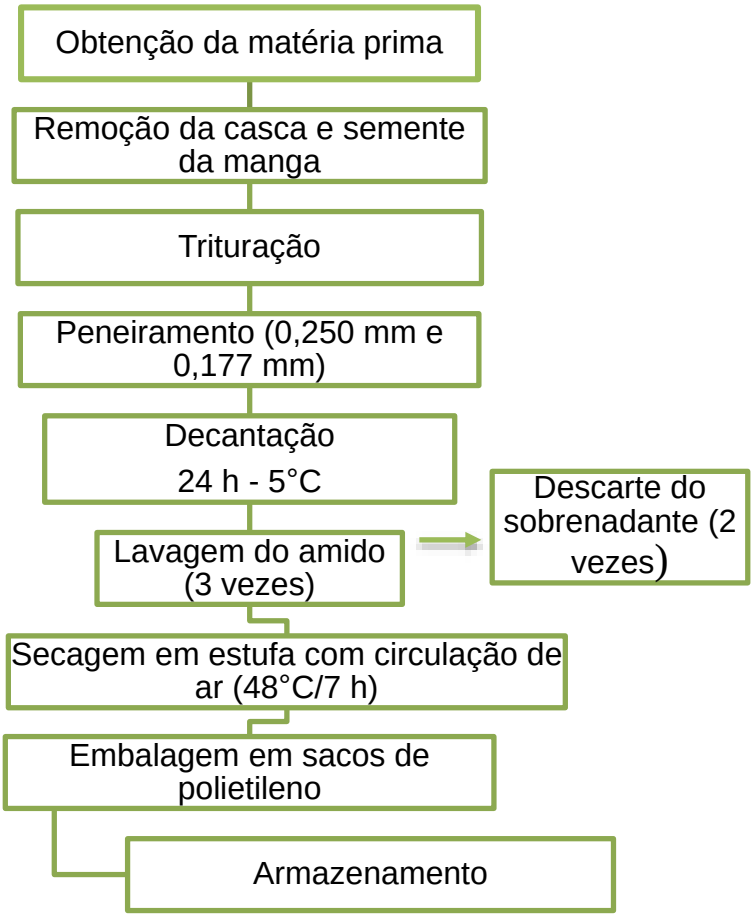
Cultivares	Características	Frutos	Referências
Bourbon	Casca de coloração verde com laivos amarelos, lisa e espessa coincidindo. Sabor levemente acidulado, sendo muito agradável e a polpa com coloração amarela pouco intensa.		MANICA et al., 2001
Espada Vermelha	Seus frutos apresentam coloração alaranjada/ vermelho, casca lisa, com a polpa amarelada. Apresenta um formato oblongo, com tamanho intermediário, pesando até 300 g.		DE OLIVEIRA et al., 2004
Keitt	Seus frutos pesam aproximadamente mais de 700 g e são desprovidos de fibras, apresentam coloração esverdeada a amarelada com laivos avermelhados.		DE OLIVEIRA et al., 2004
Parwin	Possuem formato oblongo, com coloração é amarela, com manchas rosadas e vermelhas. Sua polpa apresenta coloração amarela e sucosa. Normalmente o peso do fruto é de 477 a 616 g.		MODESTO, 2013
Palmer	Seus frutos são grandes, pesando até 900 gramas, compridos, bastante aromáticos e firmes. Quando imaturos apresentam coloração esverdeados ou arroxeados e maduros são muito vermelhos, apresentando polpa bem amarelas		DE OLIVEIRA et al., 2004
Tommy Atkins	Seus frutos pesam aproximadamente 500 g com a coloração variando de alaranjada até púrpura. A polpa apresenta um aspecto consistente e suculenta.		DE OLIVEIRA et al., 2004 MENDES et al., 2012

Fonte: Fotos dos frutos arquivo pessoal e elaborado pela autora.

3.2 Extração do amido da polpa

A extração do amido da polpa foi realizada com os frutos verdes, descascados, picados e homogeneizados em um liquidificador industrial com a proporção 1:1 (polpa/ água destilada), por aproximadamente 5 min em velocidade máxima, conforme método descrito por Patil et al., (2014) com adaptações. Posteriormente, o material obtido foi passado em uma peneira de 60 Tyler e novamente em outra peneira 80 Tyler. O material ficou decantando por 24 horas a 5ºC. Decorrido este tempo, o líquido sobrenadante foi descartado e repetiu-se novamente a etapa. Após a repetição o amido decantado foi lavado com água destilada por três vezes. O amido lavado foi transferido para bandejas de alumínio e desidratado em estufa de circulação e renovação de ar a 48ºC por sete horas. Após a secagem, os amidos foram desintegrados no pistilo e almofariz, e armazenados em sacos de polietileno à temperatura ambiente. O processo de extração está apresentado no fluxograma exibido na Figura 3.

Figura 3- Extração do amido das polpas das mangas



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.1 Extração do amido da amêndoa

As Figuras 4 e 5 mostram o processo de extração do amido das amêndoas de manga. A extração foi realizada com base no método descrito por Adebowale et al. (2006) com adaptações, na qual os caroços foram lavados para remover quaisquer vestígios de aderência da polpa. Posteriormente, as amêndoas de cada cultivar foram removidas dos caroços com auxílios de facas devidamente higienizadas e cortadas em pequenos pedaços (Figura 4).

As amêndoas foram adicionadas em solução de bissulfito de sódio a 1% com água refrigerada e permaneceu em repouso por 24 h. Posteriormente, as amêndoas foram trituradas em liquidificador industrial com a proporção 1:1 (amêndoa/ água destilada), por aproximadamente 5 min em velocidade máxima, para causar a desintegração das células e liberar os grânulos de amido. Em seguida, o material obtido foi peneirado em peneira com malha de 80 Tyler, separando o bagaço do material. O bagaço detido pelas peneiras foi triturado novamente para retirar o máximo de amido residual.

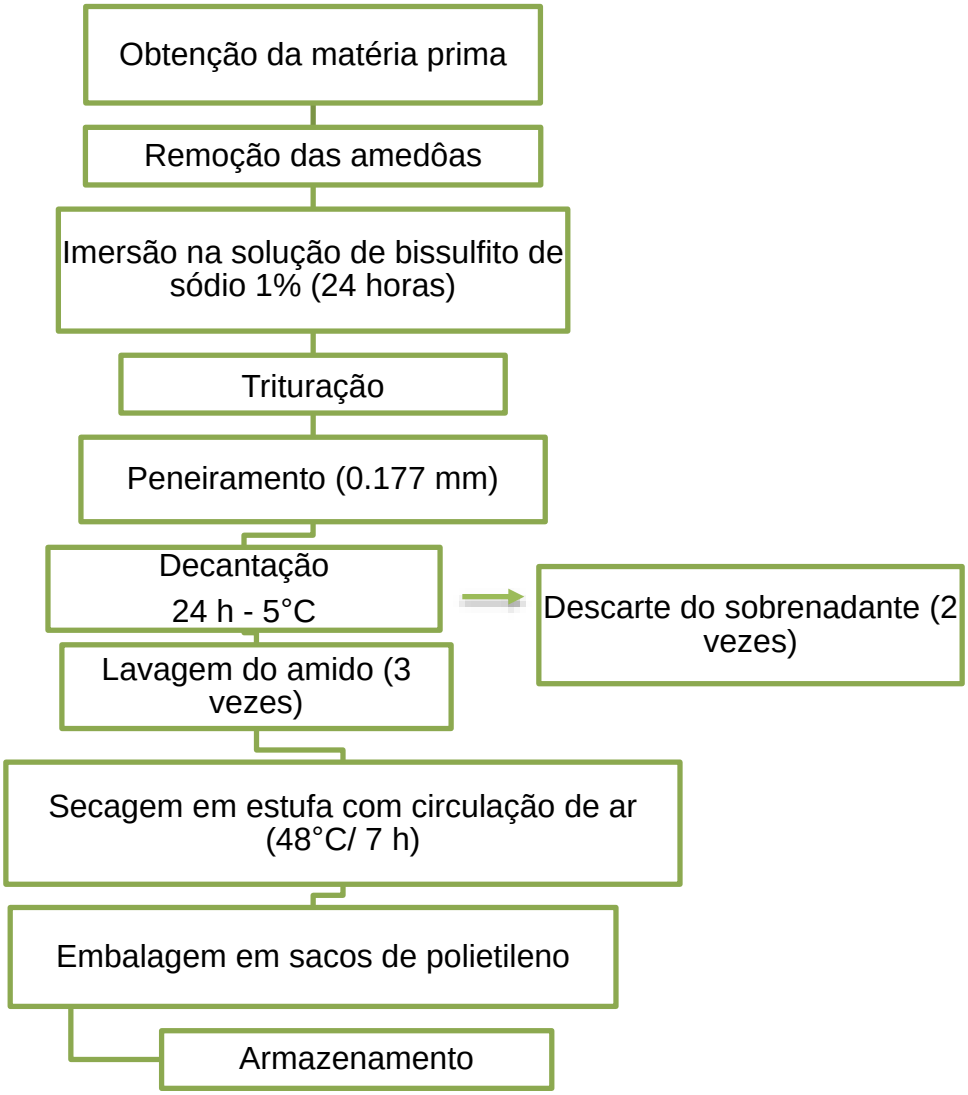
Em seguida, a suspensão de amido filtrado decantou por 24 h, em ambiente refrigerado a 5°C. Decorrido este tempo, o líquido sobrenadante foi descartado e repetiu-se novamente a etapa. Após a repetição o amido decantado foi lavado com água destilada por três vezes. O amido lavado foi transferido para bandejas de alumínio e desidratado em estufa de circulação e renovação de ar a 48ºC por sete horas. O amido seco foi desintegrado em pistilo e almofariz, e armazenados em sacos de polietileno à temperatura ambiente. O processo de extração está apresentado no fluxograma exibido na Figura 5.

Figura 4- Processamento da extração da amêndoa das mangas



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5- Extração do amido das amêndoas das mangas



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.2 Cálculo de rendimento dos amidos extraídos

O rendimento dos amidos extraídos das polpas e das amêndoas foram calculado em porcentagem de massa de amido de manga obtido em relação à massa bruta de amêndoas ou polpas trituradas, conforme a Equação 1.

$$\text{Rendimento \%} = \frac{\text{massa do amido obtido após a secagem (g)}}{\text{massa das sementes trituradas (g)}} \times 100 \quad \textbf{(1)}$$

3.3 Composição centesimal dos amidos

Na composição centesimal dos amidos foram realizadas as análises de umidade, cinzas, matéria graxa, proteína, açúcares totais, fibras e amido total. As análises foram todas realizadas em triplicatas.

3.3.1 Umidade

A análise de umidade das amostras foi realizada com a perda de peso do material, pesando 3g de cada amostra em cadinhos previamente tarados, em duplicata. As amostras foram desidratadas em estufa com circulação de ar a 105°C até peso constante (AOAC,2012).

3.3.2 Cinzas

Para a determinação das cinzas foram pesadas em cadinhos de porcelana tarados, amostras com aproximadamente 3,0g, e estes foram colocados na mufla aumentando a temperatura até atingir 550ºC. Após atingir a referida temperatura, as amostras foram deixadas por 2 horas ou até a calcinação completa. Após atingirem a temperatura adequada, as amostras foram retiradas e alocadas em dessecador e pesadas para determinação da quantidade de cinzas (AOAC,2012).

3.3.3 Matéria graxa

A porcentagem de matéria graxa foi determinada em extrator Soxhlet, e na extração foi utilizado éter de petróleo. Foram pesadas aproximadamente 3,0g de cada amostra. As amostras foram colocadas em cartucho de papel para a extração (AOAC, 2012).

3.3.4 Proteína

Para o teor de proteína bruta foram pesadas aproximadamente 200 mg de cada amostra e estas foram submetidas a digestão em bloco digestor de proteína, sendo posteriormente realizada a destilação pelo método Micro-Kjeldahl (AOAC,2012). Para conversão foi utilizado o teor de nitrogênio em proteína bruta de 6,25.

3.3.5 Açúcares totais

Para a determinação dos açúcares totais foram pesadas 0,2 g de amostra em erlenmeyer de 250 mL. Posteriormente foram adicionandos 30 mL de etanol

absoluto P.A e 30 mL de água destilada, levado a banho-maria por 60 minutos a 60-65°C. Após esse tempo acrescentou-se 1 mL de HCl P.A. concentrado e agitou-se, permanecendo por mais 1 hora no banho-maria.

Posteriormente ao aquecimento, as amostras resfriadas foram relocadas para balão volumétrico de 250 mL e realizado a neutralização com solução saturada de carbonato de sódio, completando o volume com água destilada. Para finalizar, o teor de açúcares totais foram determinados pelo método de Somogyi, adaptado por Nelson (1944). A leitura da absorbância foi feita em colorímetro a 520 nm (DEMIATE et al., 2002).

3.3.6 Fibras

Para a determinação da fibra total utilizou-se o método de digestão ácido-base. Foram pesados em duplicada 1g de cada amostra em um saquinho e foram processadas no bloco digestor de fibras determinando por meio da hidrólise ácida seguindo da hidrólise alcalina (AOAC, 2012).

3.3.7 Amido total

A determinação de amido foi realizada pelo método enzimático, conforme Mesquita (2015). Foram pesadas em erlenmeyers 200 mg de amido e adicionado 42 ml de água destilada para a diluição. Foram adicionados 100 µl de solução comercial de alfa-amilase (Termamy 120 L- Novozymes) e 1ml de solução tampão acetato de sódio 2 $mol.l^{-1}$ em pH 4,8. Em seguida, foram colocadas em banho-maria a 90ºC durante 120 minutos, em agitação constante. Posteriormente, após resfriarem, nas amostras foi adicionado 100 µl de amiloglucosidase A-7255 (Sigma), retornando ao banho-maria por mais duas horas, na temperatura de 55ºC, com constante agitação.

Após esfriarem as amostras foram adicionadas em balões volumétricos (250 mL) e completados com água destilada. Posteriormente foram transferidos 5 ml da amostra para balões volumétricos de 100 ml e, neutralizadas com NaOH (4M), e o volume foi completado com água destilada. Posteriormente foram filtradas e o teor de açúcares redutores foi determinados pelo método de Somogyi, adaptado por Nelson (1944). A conversão para o teor de amido foi realizada pela multiplicação da porcentagem de açúcar obtida pelo fator 0,9.

3.4 Caracterização dos amidos

3.4.1 Amilose

Para a determinação de amilose 150 mg de cada amostra previamente desengordurada foram pesadas. Adicionado 1 ml de ETOH 95 % e 9 ml NaOH agitando levemente. Em seguida foram colocadas em banho-maria e ficaram por 10 minutos em ebulição, sendo resfriadas à temperatura ambiente.

O conteúdo foi adicionado em um balão volumétrico de 100 mL e o volume completado com água destilada. Posteriormente, 18 mL da solução foi colocada em tubos de ensaio com 2 mL de NaOH a 0,09 M. Em seguida, foi realizada a transferência de 5 mL para um balão de 100 mL e adicionado 1 mL de ácido acético 1 mol, 2 mL de solução de iodo a 0,0157 N. O volume foi completado com água deionizada, conforme Mesquita (2015).

Os balões ficaram em repouso por 20 minutos sem contato com a luz. As absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados foram apresentados em porcentagem de amilose.

3.4.2 Minerais

Os amidos foram analisados quanto aos teores de cálcio, zinco, nitrogênio, potássio, fósforo, magnésio e ferro, conforme metodologias descritas por Malavolta et al. (1997).

3.4.3 Cor

Para a determinação da cor dos amidos foi utilizado o colorímetro Minolta CR 400, com leituras pelo sistema CIELAB, constituinte pelos aspectos: L (luminosidade), cromaticidade a* (-a verde, +a vermelho) e cromaticidade b* (-b azul, +b amarelo). Foram realizadas três leituras em cada um dos amidos (SILVA; ABE; SANTOS, 2013).

3.4.4 Morfologia dos grânulos de amido

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi usada para analisar a morfologia de grânulos de amido, na qual as amostras foram secas em estufa e posteriormente adicionadas em um “stubs” (suporte) com auxílio de uma fita adesiva dupla face. Os amidos foram fixados e cobertos com uma camada de

carbono de 20 nm em metalizador “Balzers”, conforme metodologia descrita por Mesquita et al., (2018).

3.4.5 Distribuição de tamanho de grânulos

A distribuição de tamanho de grânulos foi analisada por meio da espectroscopia de difração a laser, com um analisador de tamanho de partículas Mastersizer 2000 (Laser Scattering Spectrometer Mastersizer S, modelo MAM 5005 - Malvern Instruments Ltd. Malvern, UK), na qual, a caracterização de partículas é feita por difração a laser (0,02 µm a 2000 µm), utilizando os seguintes parâmetros:

D (v, 0.5) – Tamanho de partículas no qual 50% da amostra é menor e 50% é maior do que este. Sendo denominado de diâmetro médio de massa;

D (v, 0.1) – Tamanho de partículas do qual 10% da amostra está abaixo deste;

D (v, 0.9) – Tamanho de partículas do qual 90% da amostra está abaixo deste;

D [4,3] – É o diâmetro médio volumétrico;

D [3,2] – É o diâmetro médio de área superficial, conhecido como média Sauter.

Para realização da análise, um pequena quantidade de amidos foram coletados e colocados em um tubo de ensaio e misturados com em aproximadamente 10 mL água destilada. Em seguida, foram agitadas em agitador de tubos até que estivesse completamente misturadas. Em seguida, para a realização da leitura, foram pipetados cerca de 2 mL da amostra diluída e colocadas no recipiente do equipamento.

A análise foi realizada em duplicata com três leituras cada. Os diâmetros médios dos grânulos foram analisados pelo software acoplado ao equipamento (Malvern Application version 5.60, Malvern Instruments Ltd.,Worcestershire, UK).

3.4.6 Padrão de difração de raios-X e cristalinidade relativa

As análises foram realizadas, com base em Mesquita (2015). As amostras foram compactadas em suporte de alumínio. Posteriormente, foram analisadas, a temperatura ambiente, utilizando-se um difractômetro de bancada (Rigaku Miniflex 300/ Tóquio, Japão). O equipamento foi ministrado com um filtro monocromático, com radiação de cobre, linha Ka, potência de 0,8 kW, corrente de 100 mA e voltagem de 50 kV e ânodo rotatório.

O comprimento de onda utilizado foi de 1,542 Å e velocidade de varredura de 1° por minuto. A voltagem utilizada foi de 30 kV, corrente de 100 mA e potência 0,8 kW. A intensidade será expressa em contagem de picos por segundo (cps).

A cristalinidade relativa foi determinada quantitativamente segundo método de Nara e Komiya (1983), baseado na relação entre a área sob os picos e a área total dos difractogramas, composta pela área da região cristalina (Ac) e a área da região amorfa (Aa), utilizando o software Origin versão 7.5 (Microcal Inc., EUA).

Os gráficos foram suavizados utilizando o método 'Adjacent Averaging".

3.4.7 Poder de inchamento (PI) e solubilidade (S)

O poder de inchamento ou intumescimento (PI) e solubilidade (S) dos amidos foram analisados pelo método de Schoch (1964), com algumas modificações.

Foram pesados, em duplicada, 0,2 g (base úmida) dos amidos em tubos de centrifuga 50 mL com tampa, tarados. Em seguida, acrescentou-se 20 mL de água. As amostras foram agitadas e levadas a banho-maria sob leve agitação por 30 min a uma temperatura constante de 60°C, respectivamente. Repetiu-se essa etapa as demais amostras na temperatura 90°C, respectivamente. Os tubos foram centrifugados a 3.000 rpm durante 15 minutos.

Para determinação do peso do amido solúvel, em cadinhos previamente tarados, foram transferidos uma alíquota de 5 mL do sobrenadante, e em seguida, foram adicionados à estufa com circulação de ar a 105ºC por 24 h. O gel precipitado no tubo foi pesado e anotado seu valor. O PI e a S foram determinados de acordo com as Equações (2) e (3), em base seca (b.s.).

$$\% \text{ Sólidos solúveis} = \frac{\text{Peso do amido solúvel} \times 400}{\text{Peso da amostra (b.s)}} \quad \textbf{(2)}$$

$$\text{Poder de Inchamento} = \frac{\text{Peso do material sedimentado} \times 100}{\text{Peso da amostra (b.s)} \times (100 - \%\text{sólido solúveis})} \quad \textbf{(3)}$$

3.4.8 Propriedades de pasta (RVA)

Para a análise utilizou-se o viscosímetro Rapid Visco Analyser (RVA), série S4A (RVA Super 4, Newport Scientific, Austrália), utilizando o software Thermocline for

Windows, versão 3.0, conforme o procedimento relatado por Franco et al. (2001), com modificações.

Para a análise foram pesados 3g de cada amostra segundo as respectivas umidades, acrescentando aproximadamente 25g de água para atingir concentração de 10% de amido e foram colocadas no porta amostras do equipamento. Por aproximadamente 10 segundos a mistura foi agitada a 960 rpm e ao decorrer do teste por 160 rpm. O equipamento gerou a viscosidade em RVU (Rapid Visco Units), na qual uma unidade equivale a 12 cP.

A programação de temperatura utilizada foi a STD 1: na qual a manutenção a 50ºC por 1 minuto, seguida de aquecimento de 50ºC a 95ºC, a uma taxa de 6ºC minutos^{-1}; manutenção a 95ºC por 5 minutos, e resfriamento a 50ºC, a 6ºC minutos^{-1}. O resultado obtido, foram avaliadas as seguintes características: viscosidade máxima (pico), temperatura da pasta, viscosidade final e tendência à retrogradação (diferença entre a viscosidade final e da pasta a 50°C por 5 minutos), quebra de viscosidade (diferença entre a viscosidade máxima e da pasta mantida a 95°C por 5 min.), e tempo para atingir o pico. As análises foram realizadas em duplicatas (WEBER; COLLARES-QUEIROZ; CHANG, 2009).

3.4.9 Propriedades térmicas

Para as análises térmicas de gelatinização e retrogradação foi utilizando o calorímetro diferencial de varredura (DSC) Pyris 1 - Perkin Elmer, EUA, conforme relatado por Franco et al. (2001), com alterações.

Foram utilizadas amostras de 2 mg dos amidos e adicionadas em panelinhas de alumínio, acrescentado água deionizada na proporção 1:3, e, seladas em seguida. As amostras foram mantidas por 4 horas em temperatura ambiente para equilíbrio da umidade, e posteriormente adicionadas ao calorímetro. A taxa de aquecimento utilizada foi de 10°C por minuto, de 25 a 100°C, no qual para referência utilizou-se um cadinho de alumínio vazio.

Após a varredura, as amostras foram guardadas em refrigeração a 4°C por 15 dias. Posteriormente, foi avaliada a retrogradação dos amidos seguindo as mesmas etapas da análise para gelatinização. A porcentagem de retrogradação foi calculada entre a variação da entalpia do amido retrogradado pela variação da entalpia do amido gelatinizado, multiplicado por 100.

3.5 Análise estatística

As médias das características dos amidos das diferentes cultivares de mangas foram submetidas à análise de variância e comparadas por meio do Teste Tukey (p <0,05) no software Sisvar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização física dos frutos e rendimento de amido

Na Tabela 4 estão apresentado os dados observados neste estudo para as porcentagens de casca, polpa e caroço+amêndoa dos frutos das diferentes cultivares de manga. As cultivares Espada vermelha e Keitt, apresentaram valores semelhantes, porém algumas como ‘Bourbon’, ‘Palmer’, ‘Parwin’ e ‘Tommy Atkins’ possuem valores mais elevados devido ao seu tamanho. De acordo com França (2014, p.24), a casca é rica em proteínas, carboidratos, vitamina C, pectina e vários minerais cálcio, sódio, potássio, ferro, magnésio e manganês, além de ter uma quantidade maior de fibras que a polpa. Deste modo, a casca pode ser utilizada para o consumo humano.

Os dados mostraram relações inversas para as porcentagens de polpa e de caroço+amêndoa para as cultivares. A porcentagem de polpa das cultivares estudadas variaram de 34,94 a 52,30%, com as cultivares Espada vermelha e Keitt apresentando as menores porcentagens. As cultivares apresentaram valores de 17,34 a 45,24 % de caroço+amêndoa em relação a massa total do fruto fresco, com a ‘Bourbon’ e ‘Tommy Atkins’ com as menores porcentagens.

Tabela 4 - Percentual de casca, polpa e caroço+amêndoa em relação a massa total do fruto fresco de diferentes cultivares de manga

Cultivar	Casca (%)	Polpa (%)	Caroço+amêndoa (%)
Bourbon	31,19^{a}	49,77^{b}	19,04^{e}
Espada vermelha	19,36^{d}	35,40^{d}	45,24^{a}
Keitt	22,29^{c}	34,94^{d}	42,77^{b}
Palmer	30,29^{a}	47,39^{c}	22,32^{d}
Parwin	24,44^{b}	51,51^{a}	24,04^{c}
Tommy Atkins	30,36^{a}	52,30^{a}	17,34^{e}

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.

Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com Medina (1981), a parte lenhosa e fibrosa que envolve o caroço corresponde a 50% do seu peso, e a película que reveste a amêndoa corresponde a 2%, somente a amêndoa varia de 48 a 60% do peso da fruta. A amêndoa da

manga também pode equivaler de 10 a 25% do peso (AROGBA, 1997; SOLÍS-FUENTES e DURÁN- DE-BAZÚA, 2011).

A amêndoa varia de 45 a 85% do peso total da semente, representando cerca de 20% do fruto (SOLÍS-FUENTES, DURÁN-DE-BAZÚA, 2011; MELO, 2018), para as variedades Bourbon, Palmer, Parwin e Tommy Atkins (Tabela 4). De acordo com Sandhu e Lim (2008), a composição média da amêndoa com base em peso seco apresenta 77% de carboidratos, 11% de gordura, 2% de cinzas, 2% de fibra bruta e 6% de proteína. Os rendimentos dos amidos em relação à matéria seca, conforme as cultivares, estão exibidos na Tabela 5.

Tabela 5- Rendimentos em base seca (%) dos amidos extraídos de mangas

	Bourbon	Espada vermelha	Keitt	Palmer	Parwin	Tommy Atkins
Amêndoa	76,91^{b}	75,66^{c}	78,03^{a}	76,04^{cd}	75,50^{d}	75,23^{d}
Polpa	58,55^{a}	58,32^{a}	56,22^{d}	57,39^{b}	56,81^{c}	57,27^{c}

Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.

Fonte: Elaborado pela autora.

A cultivar Keitt diferenciou-se das demais pelo maior rendimento de extração de amido das amêndoas e menor da polpa, o que está relacionado à morfologia do fruto, contudo, esta relação não foi observada para ‘Tommy Atkins’, onde se esperava maior rendimento para a polpa devido à maior porcentagem de polpa no fruto (Tabelas 4 e 5).

O rendimento em amido é dependente do cultivar, método de extração e estádio de maturação do fruto, sendo relatados rendimentos entre 32% e 59,82% para amido extraído da amêndoa da ‘Tommy Atkins’ (SILVIA et al., 2013; CORDEIRO, 2013; OLIVEIRA, 2016; MONTEIRO, 2017; MELO, 2018) e 72,50% para o amido isolado da amêndoa da manga ‘Espada vermelha’ (CAVALCANTI et al., 2011).

O amidos isolados da polpa das mangas também apresentaram valores elevados de rendimento (56,22 a 58,55%). Alguns trabalhos relatam teores variáveis de rendimento de amido isolado de polpa de frutos como Morais (2015), que ao extrair o amido dos frutos de lobeira verdes obteve rendimento de 51% e Sá (2007) isolando

amido da polpa de fruta-pão obteve rendimento de 84,6%, evidenciando a relação do rendimento com a morfologia dos frutos e composição da polpa.

Fatores como época de colheita, locais de cultivos, variedade e o método de extração empregado são determinantes para o rendimento do amido (DAIUTO et al., 2002; MORAIS, 2015; YAMANI,2010). De acordo com Hoover (2001), outro motivo é a facilidade durante o processo de extração do amido, que está relacionada principalmente com o tamanho, a distribuição e a densidade do grânulo, quanto menor o grânulo, mais demorada e difícil será sua decantação.

4.2 Caracterização de cor dos amidos

A análise colorimétrica constitui um aspecto de extrema importância de qualidade para a padronização de produtos, avaliando o brilho ou a luminosidade (L*) que pode variar de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco), com o matiz cromaticidade (a*) sendo definido por meio da variação entre o verde (-60) e o vermelho (+60) e para (b*) através da variação entre o azul (-60) e o amarelo (+60) (SILVA; ABE; SANTOS, 2013)

A Tabela 6, apresenta as os dados de cor e as características ópticas dos amidos extraídos das amêndoas de manga conforme as cultivares. Os amidos isolados das amêndoas das cultivares Keitt e Palmer foram os de maiores valores de L*, Todos os amidos extraídos não demonstraram diferença significativa entre a coloração para L*, destacando-se as cultivares Parwin e Tommy Atkins pelos maiores valores de a* positivo, e o amido da ‘Bourbon’ com maior valor de b*, ou seja maior intensidade da cor amarelada.

Rodrigues (2019), ao analisar a características ópticas de quatro fontes de amidos distintos (inhame, jaca, manga e mandioca), relatou que o amido da manga apresentou a menor luminosidade (82,68) e a* e para b* o valor maior. Em comparação com amidos tradicionais, o inhame e a mandioca apresentam maior luminosidade, 97,76 e 96,68, respectivamente. Também foi inferior ao amido da semente de jaca (L*= 92,68). Estas diferenças podem estar relacionadas à maiores teores de componentes não amido no amido de manga. De acordo com Torres-Leon et al. (2016), à coloração amarelada ao amido da amêndoa, está relacionada com a síntese de carotenoides e teor de lipídios presente na amêndoa.

Tabela 6- Caracterização de cor dos amidos das amêndoas de mangas de diferentes cultivares

Cultivares	Cor			Amidos
	L*	a*	b*	
Bourbon	78,15±0,45^{b}	4,1±0,28^{c}	6,74±0,45^{a}	
Espada vermelha	75,14±0,24^{c}	4,87±0,18^{bc}	3,75±0,09^{c}	
Keitt	80,32±0,91^{a}	5,23±0,42^{b}	2,72±0,25^{d}	
Palmer	80,60±0,30^{a}	5,19±0,32^{b}	2,18±0,28^{e}	
Parwin	78,88±0,68^{b}	5,49±0,12^{a}	2,99±0,21^{d}	
Tommy Atkins	75,88±0,31^{c}	5,60±0,21^{a}	4,51±0,22^{b}	

L*- luminosidade ou brilho, a* cromaticidade (verde/vermelho), b* cromaticidade (azul/amarelo). Todos os resultados foram realizados em triplicata e expressos ± desvio padrão. Os valores médios por coluna seguidos pela mesma letra não diferem significativamente ($p<0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados de cor e as imagens dos amidos extraídos das polpas estão apresentados na Tabela 7. Visualmente, os amidos foram considerados um pó branco, e fino, estando dentro das características descritivas desse tipo de matéria.

Tabela 7- Caracterização de cor dos amidos das polpas de mangas de diferentes cultivares

Cultivares	Cor			Amidos
	L*	a*	b*	
Bourbon	80,87±0,46^{b}	3,06±0,11^{c}	7,06±0,33^{a}	
Espada vermelha	80,21±0,29^{b}	3,08±0,09^{c}	1,95±0,90^{c}	
Keitt	88,24±0,77^{a}	3,41±0,13^{bc}	0,55±0,54^{d}	
Palmer	86,88±0,50^{a}	3,71±0,12^{b}	0,35±0,23^{d}	
Parwin	81,70±0,22^{b}	4,08±0,19^{a}	0,11±0,04^{e}	
Tommy Atkins	76,15±0,30^{c}	3,16±0,08^{c}	3,89±0,31^{b}	

L*- luminosidade ou brilho, a* cromaticidade (verde/vermelho), b* cromaticidade (azul/amarelo). Todos os resultados foram realizados em triplicata e expressos ± desvio padrão. Os valores médios por coluna seguidos pela mesma letra não diferem significativamente ($p<0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pela autora.

O amido isolado da cultivar Bourbon diferiu dos demais pela menor luminosidade (L*), o da cultivar Parwin pelo maior a*. Da mesma forma que o amido isolado da amêndoa, o amido da polpa da cultivar Bourbon teve maior b*, mostrando coloração amarelada mais intensa que as demais. De acordo com Clerici et al. (2011), ao estudar as características físicas, químicas e tecnológicas de fruto-do-lobo

obteve para luminosidade (66,61), apresentando um produto mais escuro, o que é considerado inferior ao encontrado nesse estudo.

A diferença na coloração entre os amidos da amêndoa e polpa pode ser devido à presença de matérias presentes em quantidades pequenas no amido, como minerais, fibras, proteínas, pigmentos, lipídios, açúcares, entre outros que não foram removidos durante a extração. Estas componentes não amido além de interferirem na cor, também podem afetar a aplicabilidade do amido (FALADE; AYETIGBO, 2015).

4.3 Composição centesimal dos amidos

As Tabelas 8 e 9 apresentam os resultados obtidos na composição centesimal dos amidos extraídos das amêndoas e das polpas dos diferentes cultivares de manga.

Tabela 8- Composição centesimal dos amidos das amêndoas (base seca) de diferentes cultivares de mangas

Componentes (%)	Bourbon	Espada vermelha	Keitt	Palmer	Parwin	Tommy Atkins
Umidade	7,48±0,70^{c}	8,92±0,02^{b}	7,76±0,17^{c}	8,94±0,01^{b}	9,90±0,03^{a}	9,87±0,05^{a}
Cinzas	0,01±0,00^{b}	0,03±0,00^{a}	0,03±0,00^{a}	0,03±0,00^{a}	0,03±0,00^{a}	0,03±0,00^{a}
Fibras	0,23±0,13^{c}	0,31±0,23^{a}	0,27±0,19^{b}	0,25±0,15^{b}	0,23±0,13^{c}	0,28±0,19^{ab}
Lipídios	3,72±0,70^{b}	3,59±0,22^{c}	3,45±0,10^{d}	3,88±0,67^{a}	3,58±0,16^{c}	3,93±0,64^{a}
Proteínas	1,82±0,30^{a}	1,50±0,41^{b}	1,45±0,34^{b}	1,39±0,22^{c}	1,33±0,12^{c}	1,45±0,29^{b}
Açúcares totais	2,81±0,48^{c}	3,08±0,11^{a}	2,37±0,11^{d}	2,93±0,33^{b}	2,68±0,50^{c}	2,81±0,65^{c}
Amido total	87,19±0,17^{d}	88,48±0,07^{c}	90,41±0,08^{a}	89,46±0,11^{b}	89,12±0,17^{b}	88,84±0,11^{b}

Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.

Fonte: Elaborado pela autora

A Resolução RDC nº263/2005 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos da Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2005), delimita a identidade e as características mínimas de qualidade de amidos. Segundo esta normativa a umidade máxima permitida é de 15,0% para amidos de cereais, 18% para amido/fécula de mandioca e 21% para amido/fécula de batata, não tendo valores referenciados para amidos de frutos. Assim, os amidos isolados da polpa e da

amêndoa das diferentes cultivares de manga tiveram teores de umidade dentro dos limites estabelecidos pela normativa.

Independente da cultivar estudada, os amidos isolados das amêndoas de manga tiveram umidade inferior à 10%. Alguns trabalhos citam teores de umidade variáveis para amidos isolados de amêndoas de diferentes cultivares de manga. Cavalcanti et al. (2011) encontraram umidade de 13,6% para o amido da amêndoa 'Espada' e Silva et al. (2013) e Mendes et al. (2012) relataram 10,4% e 10,3% para amidos da amêndoa de 'Tommy Atkins', respectivamente. Os baixos teores de umidade observados nos amidos isolados da amêndoa e polpa dos cultivares de manga, são adequados ao aumento da vida de prateleira, para evitar o crescimento microbiano e a degradação estrutural do amido (AKUBOR, 1997).

Um importante parâmetro de qualidade de amidos é a baixa porcentagem de componentes não amido no produto, que está diretamente ligada à composição da matéria-prima e ao método de extração/purificação.

Os teores de cinzas e amido dos amidos das amêndoas de manga, independente da cultivar, estão em acordo com os critérios de qualidade exigidos, que são de no máximo 0,5% de cinzas e mínimo de 80% de amido (BRASIL,1978, BRASIL, 2005).

Os amidos de amêndoas exibiram valores de cinzas variando de 0,01 a 0,03%, proteínas (1,33 a 1,82%) e lipídios (3,45 a 3,93%), sendo estes dados similares aos obtidos por Onias e Cavalcanti (2014), que estudaram amidos extraídos das amêndoas de 'Tommy Atkins' os quais apresentaram teores de cinzas de 0,07%, proteína de 2,49% e lipídeos de 4,60%.

Cavalcanti et al. (2011) ao analisar amido da amêndoa da cultivar Tommy Atkins, observaram teores de cinzas (0,02%) e proteínas (1,91%) semelhantes aos resultados desse estudo, porém lipídeos (1,66%) foi inferior.

Alguns estudos descrevem que a parte lipídica se modifica de acordo com a cultivar estudada, alterando de acordo com a fruta ou semente utilizada. Em comparação com os amidos de cereais, os lipídios integrais estão presentes na forma de lisofosfolipídios e ácidos graxos livres que são correlacionados com a fração de amilose, e consequentemente, podem ser responsáveis por até 2% do peso do amido. Portanto, o elevado teor encontrado nos amidos de mangas pode ter ocorrido devido aos contaminantes lipídicos presente na superfície dos grânulos de amido (ASHOUSH e GADALLAH, 2011; NZIKOU et al., 2010; JAHURUL et al., 2015).

Os teores de açúcares totais e de amido observados para os amidos das amêndoas de manga (variação de 2,37 a 3,08% e 87,19 a 90,41%, respectivamente), diferem de amidos isolados de sementes de outros frutos conforme relato de Guo et al. (2018). Segundo os autores os teores de açúcares nos amidos foram de 6,1%, 6,7%, 1,3%, 19,0% e 44% para jaca, longan, nêspera, lichia e manga, respectivamente. Já os teores de amidos foram de 55,6%, 59,4%, 71,1%, 52,8% e 64,4% para jaca, longan, nêspera, lichia e manga, respectivamente.

As porcentagens de amido total do amido de amêndoas de manga é bastante variável, com porcentagens variando de 58% a 89,78% (KAUR et al.,2004; MENDES, BORA E RIBEIRO, 2012, CORDEIRO et al., 2013).

Para os amidos isolados da polpa das mangas verdes (Tabela 9) a umidade foi abaixo de 11%, o que é favorável ao armazenamento do produto.

Tabela 9- Composição centesimal dos amidos das polpas (base seca) de diferentes cultivares de mangas

Componentes (%)	Bourbon	Espada vermelha	Keitt	Palmer	Parwin	Tommy Atkins
Umidade	10,24±0,17^{a}	8,57±0,9^{c}	8,66±0,14^{b}	8,67±0,07^{b}	10,93±0,02^{a}	8,91±0,02^{b}
Cinzas	0,02±0,00^{c}	0,03±0,00^{b}	0,03±0,00^{b}	0,04±0,00^{a}	0,03±0,00^{b}	0,03±0,00^{b}
Fibras	0,14±0,05^{c}	0,17±0,08^{b}	0,12±0,04^{c}	0,17±0,08^{b}	0,18±0,08^{a}	0,19±0,09^{a}
Lipídeos	0,29±0,01^{c}	0,34±0,09^{bc}	0,40±0,01^{b}	0,40±0,02^{b}	0,67±0,08^{a}	0,37±0,06^{b}
Proteínas	0,67±0,08^{a}	0,61±0,09^{a}	0,43±0,06^{c}	0,62±0,06^{a}	0,54±0,08^{b}	0,65±0,02^{a}
Açúcares totais	0,66±0,05^{b}	0,53±0,03^{c}	0,72±0,05^{b}	0,89±0,01^{a}	0,76±0,03^{b}	0,60±0,02^{bc}
Amido total	83,97±0,14^{b}	81,77±0,18^{d}	82,12±0,00^{c}	82,52±0,21^{c}	84,89±0,45^{a}	82,77±0,28^{c}

Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.

Fonte: Elaborado pela autora

Da mesma forma que os amidos das amêndoas, os amidos isolados das polpas apresentaram baixos teores de cinzas (0,02 a 0,04%), valores próximos aos encontrados por Freitas e Tavares (2005) em amidos de banana ‘Nanicão’ (0,05%) e ‘Terra’ (0,03%). Em comparação aos amidos convencionais extraídos de milho, Demiate et al. (2002) e Freitas e Tavares (2005), encontraram valores de cinzas de 0,08% e 0,02%, respectivamente. Os teores de cinzas estão diretamente relacionados

aos componentes minerais presentes na matéria-prima e, também, ao método de extração, onde impurezas como terra, pedaços de cascas, entre outras podem elevar o teor de cinzas dos amidos. Com base em Franco et al. (2001), o teor de cinzas e proteínas presente no amido dependerá do método de extração e purificação e da composição da planta/fruto.

Os teores de proteínas e lipídeos encontrados nos amidos de polpa de manga, foram inferiores aos observados por Bello-Pérez et al. (2005), que relataram valores de proteína 1,8% e 2,6% em amidos isolados da polpa de mangas das cultivares Criollo e Manila, respectivamente. Para os lipídeos observaram 0,80% para ‘Manila’ e 0,2% para ‘Criollo’.

Os amidos que apresentam teores de lipídeos inferiores a 1% são desejados, pois permitem que o amido seja mais neutro e menos sujeito a complexações (MOURA, 2008). De acordo Wang, White e Rollak (1994), os constituintes presentes no amido em menores concentrações são os que mais influenciam suas propriedades funcionais. Em relação aos lipídios, estes afetam diretamente a propriedade térmica, quanto maior a porcentagem menor será a temperatura de gelatinização do amido, o que retrata um amido com menor organização na estrutura cristalina.

Estudos com amidos não convencionais exibem valores distintos em comparação aos extraídos da manga. Adebolwale et al. (2006), estudaram o amido extraído do grão de feijão (*Canavalia gladiata*) e observaram a umidade de 13,1%, cinzas de 0,9%, proteínas de 0,2% e lipídios de 0,1%. Já Lawal e Adebolwale (2005), analisando o amido da semente da jaca, encontraram umidade de 12,35%, cinzas de 0,33%, proteínas de 1,02% e lipídios de 0,1%. De acordo com Silva et al. (2016), que analisaram amidos extraídos de diversas variedades de plátanos, observaram que o maior teor de proteína foi obtido das cultivares Mongolo e Terra Anã Branca, com 0,27% e 0,24%, enquanto as demais variedades apresentaram valores entre 0,17% e 0,22%, respectivamente.

4.4 Amilose

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados dos teores de amilose dos amidos isolados das amêndoas e das polpas das diferentes cultivares de manga. Os teores de amilose nos amidos de amêndoas de manga variaram de 25,09% a 27,98%, não apresentando diferença estatística.

A proporção de amilose em amidos de manga é bastante variável e isto se deve ao cultivar, estádio de amadurecimento do fruto e metodologia de análises. Baixos teores de amilose são relatados em diversos estudos. KAUR et al. (2004) relatam conteúdos de amilose de amidos de amêndoa em diferentes cultivares de manga: Totapuri, Langra, Kuppi, Dashehari e Chausa de 16,3, 14,0, 11,3, 9,7 e 9,1%, respectivamente. Hassan et al. (2013), Sonthalia et al. (2015), Kaur et al. (2019) e Patinõ-Rodríguez et al. (2019) ao analisarem amido de amêndoas de manga obtiveram teores de 9,1%, 16,74%, 15% e 23%, respectivamente.

Por outro lado, outros estudos mostram teores mais elevados de amilose nas amêndoas de manga. Sandhu e Lim (2007) estudaram o conteúdo de amilose presente nos amidos da amêndoa de manga das cultivares Chausa e Kuppi e obtiveram 28,8% e 33,6%, respectivamente. Já Cordeiro (2013) mencionam 27% para amido de amêndoa e 26,7% amido de milho. Enquanto, Bharti, Singh e Saxena (2018) observaram teores maiores de amilose nas amêndoas das mangas ‘Chausa’ (43,89%), ‘Safeda’ (42,13%) e a ‘Dussheri’ (43,56%).

Tabela 10- Teor de amilose nos amidos das amêndoas e polpas de diferentes cultivares de mangas

Cultivares	Amêndoa	Polpa
Bourbon	25,09±0,03^{a}	17,55±0,71^{a}
Espada vermelha	25,38±0,43^{a}	18,34±0,67^{a}
Keitt	27,38±0,43^{a}	17,17±0,09^{a}
Palmer	25,82±0,10^{a}	16,20±0,72^{a}
Parwin	25,91±0,03^{a}	18,44±0,70^{a}
Tommy Atkins	27,98±0,00^{a}	18,95±0,01^{a}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.

Fonte: Elaborado pela autora.

Vários estudos relatam diferentes teores de amilose para a cultivar Tommy Atkins, com Oliveira (2016) relatando 22,11%, Melo (2018) observando 30,5% e Rodrigues (2019) citando 30,45%. Estes dados diferenciam o amido da amêndoa de manga ‘Tommy Atkins’ de amidos de outras fontes, sendo superior ao encontrado em

amidos de fontes convencionais como batata (27%), milho (20%) e trigo (25%) respectivamente (BASIAK, LENART e DEBEAUFORT, 2017).

Os teores de amilose nos amidos de polpa de manga foram inferiores aos observados nas amêndoas para todas as cultivares, variando de 16,2% a 18,95% (Tabela 10), não apresentando diferença estatística. Baixos teores de amilose em amidos isolados da polpa de cultivares de manga também foram relatados por Bello-Pérez et al. (2005) sendo 13,3% para amido isolado da cultivar Manila e 12,9% para 'Criollo'. Porém, PATIL et al. (2014) observaram teor muito superior e mais próximo aos relatados para amêndoas (35,06%).

Comparando os teores de amilose dos amidos isolados da amêndoa e da polpa de manga com amidos de banana, outra frutífera muito explorada como fonte de amidos especiais, verifica-se que os dados para banana também são bastante variáveis com as cultivares analisadas (11% a 43,8%) (EGGLESTON et al.,1992; IZIDORO, 2011; PEPE, 2011; VATANASUCHART et al., 2012; MESQUITA, 2015).

De acordo com Moura (2008), o teor de amilose presente no amido determina propriedades como capacidade de ligação com a água, susceptibilidade à hidrolise enzimática, poder espessante e tendência a retrogradação. Também permite que o amido forme um gel após a gelatinização do grânulo e, consequente, formação de filme, direcionando suas aplicações na indústria.

Amidos com teores elevados de amilose produzem géis mais firmes e opacos. Assim, quanto mais elevado o teor de amilose, maior será a energia para sua gelatinização e a pasta formada possuirá menor viscosidade máxima e maior tendência à retrogradação (PEREIRA, 2011).

A quantificação da amilose é de extrema importância, pois ela determina a estrutura do grânulo, o comportamento e a aplicabilidade do amido. Elevadas concentrações facilitam a formação de gel após a gelatinização. Fica evidente a importância de comparar o teor de amilose dos amidos de mangas com as demais fontes amilaceas normalmente utilizadas na indústria, sendo que este parâmetro exerce papel fundamental na reologia do material e influencia o resultado final do produto alimentício (BOBBIO,1999; PERONI, 2003).

4.5 Minerais

As Tabelas 11 e 12 mostram os teores de minerais encontrados nos amidos obtidos nas amêndoas e nas polpas dos diversos cultivares de mangas estudados.

Para os amidos isolados das amêndoas, a cultivar Bourbon destacou-se pelo maior conteúdo mineral, seguida pela 'Espada vermelha' e 'Tommy Atkins'. Quanto aos minerais o potássio foi o de maior quantidade em todos os amidos. Os teores de fósforo variou de 0,16 a 0,37g kg^{-1}.

Tabela 11- Teor de minerais presentes nos amidos das amêndoas de diferentes cultivares de mangas

Minerais (g/Kg)	Bourbon	Espada vermelha	Keitt	Palmer	Parwin	Tommy Atkins
P	0,37±0,01^{a}	0,20±0,01^{c}	0,16±0,01^{c}	0,16±0,01^{c}	0,28±0,01^{b}	0,35±0,01^{a}
N	0,38±0,01^{a}	0,21±0,01^{c}	0,14±0,01^{d}	0,17±0,01^{cd}	0,27±0,01^{b}	0,35±0,01^{a}
K	0,56±0,01^{a}	0,58±0,01^{a}	0,48±0,01^{b}	0,51±0,01^{b}	0,37±0,01^{d}	0,43±0,02^{c}
Ca	0,31±0,01^{b}	0,58±0,01^{a}	0,15±0,01^{d}	0,17±0,01^{d}	0,22±0,01^{c}	0,15±0,02^{d}
Mg	0,11±0,01^{a}	0,10±0,01^{a}	0,08±0,01^{a}	0,08±0,01^{a}	0,09±0,01^{a}	0,08±0,02^{a}
Fe	0,01±0,01^{b}	0,007±0,01^{c}	0,004±0,01^{c}	0,005±0,01^{a}	0,004±0,01^{c}	0,004±0,02^{c}
Zn	0,001±0,01^{b}	0,002±0,01^{a}	s.l	0,00±0,01^{c}	s.l	s.l

s.l – As amostras apresentaram valores abaixo de zero, ou seja, sem leitura do mineral.

Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Todos os resultados foram realizados em triplicata e expressos ± desvio padrão.

Teores de minerais: Agrilab- Laboratório de análises agrícolas e ambientais Ltda

Fonte: Elaborado pela autora.

Fowomola (2010) ao analisar a amêndoa de manga obteve 21,0 mg/100 g de sódio 22,3 mg/100 g de potássio 111,3 mg/100 g de cálcio 4,8 mg/100 g de magnésio 11,9 mg/100 g de ferro 1,1 mg/100g de zinco, e 0,1 mg/100 g de cobre.

A análise dos teores de minerais nos amidos isolados das polpas verdes dos frutos dos diferentes cultivares de manga, mostrou que aqueles isolados da cultivar Bourbon se destacam pelos níveis de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e zinco, devendo também ser salientado os níveis diferenciados de cálcio e ferro nos amidos isolados das cultivares Parwin e Tommy Atkins, respectivamente.

A variação no teores de minerais encontrados nos amidos pode estar relacionada com sua composição, que será influenciada por fatores como: origem

botânica, teores de amilose e amilopectina, teor de umidade, proteínas e lipídios (CEREDA, 2003). Atualmente, existe muitas opções de produtos alimentícios acessíveis para o consumidor, a ingestão diária de frutas e produtos derivados podem auxiliar na suplementação mineral (MARLES, 2017).

Tabela 12- Teor de minerais presentes nos amidos das polpas de diferentes cultivares de mangas

Minerais (g/Kg)	Bourbon	Espada vermelha	Keitt	Palmer	Parwin	Tommy Atkins
P	0,33±0,01^{a}	0,14±0,01^{b}	0,04±0,01^{c}	0,13±0,01^{b}	0,32±0,01^{a}	0,06±0,01^{c}
N	0,38±0,01^{a}	0,10±0,01^{c}	0,02±0,01^{e}	0,32±0,01^{a}	0,27±0,01^{b}	0,06±0,01^{d}
K	3,49±0,01^{a}	1,30±0,01^{b}	0,88±0,01^{d}	0,78±0,01^{e}	1,32±0,01^{b}	0,99±0,02^{c}
Ca	0,15±0,01^{a}	0,11±0,01^{c}	0,08±0,01^{d}	0,12±0,01^{b}	0,17±0,01^{a}	0,13±0,02^{b}
Mg	0,14±0,01^{a}	0,06±0,01^{b}	0,05±0,01^{c}	0,04±0,01^{c}	0,09±0,01^{b}	0,06±0,02^{b}
Fe	0,001±0,01^{e}	0,007±0,01^{a}	0,006±0,01^{b}	0,006±0,01^{b}	0,004±0,01^{c}	0,002±0,02^{d}
Zn	0,00±0,01^{a}	s.l	s.l	s.l	0,00±0,01^{a}	0,00±0,01^{a}

s.l – As amostras apresentaram valores abaixo de zero, ou seja, sem leitura do mineral.

Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Todos os resultados foram realizados em triplicata e expressos ± desvio padrão.

Teores de minerais: Agrilab- Laboratório de análises agrícolas e ambientais Ltda

Fonte: Elaborado pela autora.

Os minerais são importantes para a alimentação humana devido ao fato de estarem presentes na síntese de hormônios, serem reguladores de processos metabólicos e funcionamento de órgãos, componentes de tecidos, e no sistema imunológico (GHARIBZAHEDI e JAFARI, 2017).

Em países com pouco desenvolvimento, a ingestão principalmente pela população carente de alimentos altamente calóricos e normalmente com uma baixa quantidade de minerais vem ocasionando em várias situações a fome oculta (VALENÇA et al., 2017). Assim, a quantificação mineral em amidos abre um importante caminho para a valorização de amidos não convencionais como veículos de minerais em alimentos.

Com base em Cozzolino (2007), no Brasil, os minerais que apresentam a ingestão inferior à recomendada são ferro, zinco e cálcio. Assim, o amido de amêndoa de manga poderia atuar como ingrediente suplementar para a ingestão alimentar de minerais.

As deficiências de alguns minerais podem acarretar no desenvolvimento de doenças, por exemplo, a falta de cálcio pode causar uma acumulação de gordura corporal, atrasando o crescimento, causando obesidade e, em crianças, a falta do zinco causa o comprometimento da capacidade cognitiva (LEÃO e SANTOS, 2012). A deficiência de ferro pode causar anemia (COZZOLINO,2007).

Além disso, alguns estudos apontam interações de ânions e cátions com a molécula de amido, interferindo em suas propriedades (SZYMÓNSKA et al., 2015, LUO et al., 2016; GONZÁLEZ et al, 2019).

4.6 Morfologia dos grânulos de amido

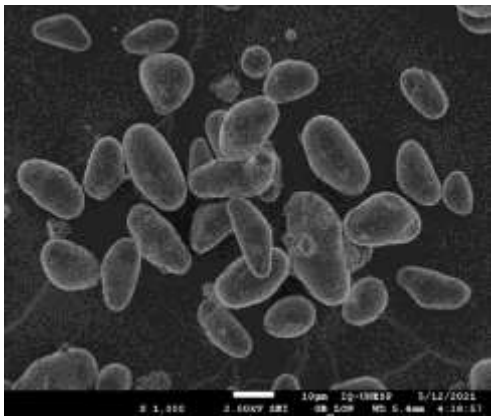
Morfologicamente, a forma dos grânulos de amido depende da espécie da planta e os grânulos em um amido específico não estão em um tamanho uniforme devido ao contínuo processo de síntese e degradação nas plantas (PATIL et al., 2014).

Com relação à forma dos grânulos estas geralmente são divididos em quatro classes: esférica, elíptica, poligonal e irregular (PATIL et al., 2014). A Figura 6 exibe imagens da microscopia eletrônica de varredura para os amidos extraídos das amêndoas das mangas.

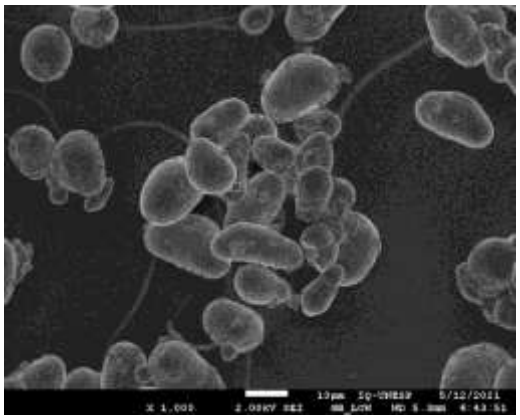
Os amidos de manga obtidos das amêndoas apresentaram uma mistura de grânulos de formatos variados, com predomínio das formas oval e alongada, independente da cultivar. Entretanto, alguns apresentaram formatos irregulares esféricos ou até mesmo semi-esféricos, e outros ainda truncados. Os amido de todas as seis cultivares foram semelhantes para forma, e na superfície apresentam aparência irregulares, com algumas fissuras, possivelmente devido ao método de extração.

De acordo com Rodrigues (2019), ao analisar a morfologia dos amidos de várias fontes, percebeu que os amidos de inhame e amêndoa de manga ‘Palmer’, apresentaram uma estrutura mais arredondada ou ovalada, com muitos grânulos alongados, semelhante ao obtido nesse trabalho. Já o amido de mandioca exibiu uma aspecto levemente arredondado, enquanto o de semente de jaca apresentou uma estrutura com formatos irregulares a poligonal.

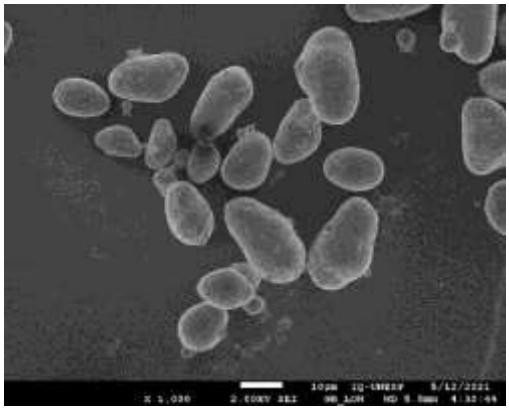
Figura 6- Morfologia dos amidos das amêndoas de manga (aumento de 1000x) de diferentes cultivares



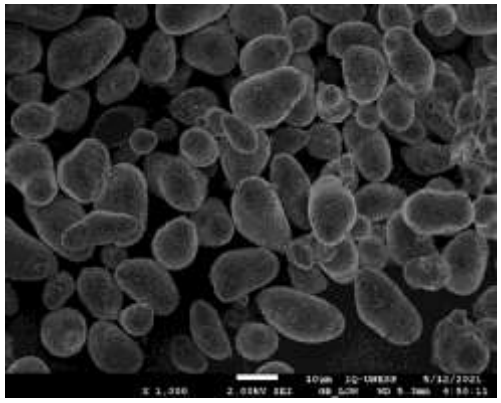
Bourbon



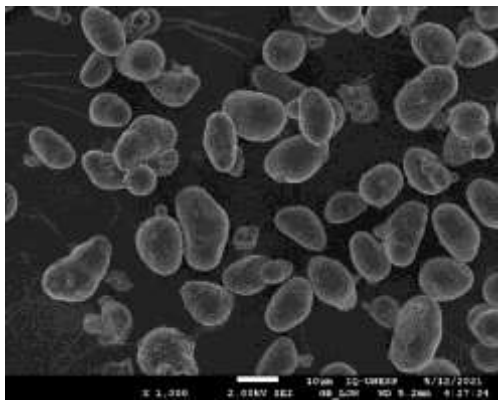
Espada vermelha



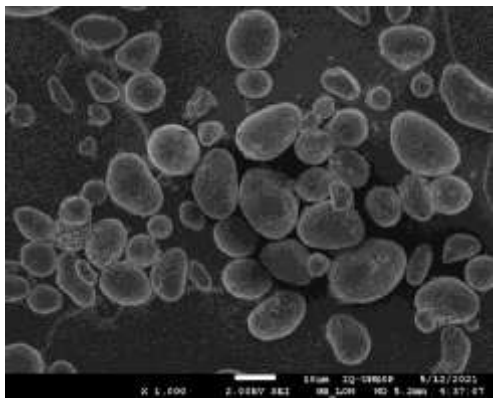
Keitt



Palmer



Parwin



Tommy Atkins

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao estudarem os amidos extraídos dos caroços de mangas indianas Kaur et al (2004) observaram grânulos com diversos tamanhos e formas elípticas e ovais, conforme exibe este estudo. De acordo com Rengsutthi e Charoenrein (2011), que

definiram os grânulos de jaca como semiovais ou com formato de sino, batata como grandes e ovais e milho, poligonais e irregulares. Tongdang (2008), afirma em seu estudo que apesar do amido ser extraído de sementes, o amido das amêndoas de manga assemelham-se bastante aos amidos de leguminosas.

Gomes (2014) relata que a análise da morfologia do amido da amêndoa obtido da manga ‘Espada’ evidenciou grânulos com formatos elipsoide e oval, alguns alongados, com tamanhos variáveis, semelhante ao encontrado por esse estudo. Já Silva et al. (2013), relatou que os grânulos do amido da amêndoa ‘Tommy Atkins’ tinha formas e tamanho irregulares, predominando formatos esféricos e elipsoidais. Portanto, ao correlacionar os trabalhos fica evidente que as variedades de manga podem interferir na forma e tamanho dos grânulos de amido.

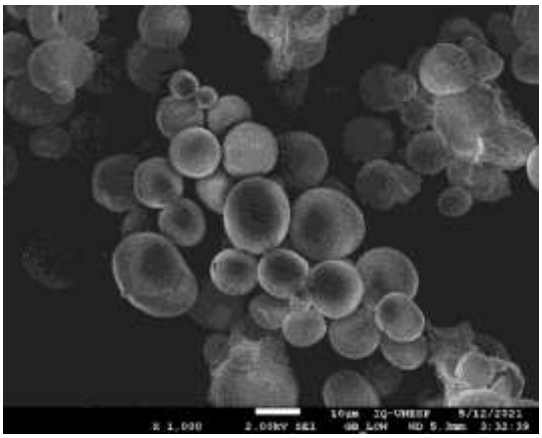
A Figura 7 mostra a morfologia observada em microscopia eletrônica de varredura dos amidos extraídos das polpas das seis cultivares de mangas.

Os amidos obtidos das polpas das seis cultivares de manga apresentaram predominantemente o formato esférico, com fissuras na superfície, com diferentes tamanhos. Para Planchot et al. (1995), a forma de extração e a fonte botânica do amido podem ocasionar alterações na superfície do grânulo.

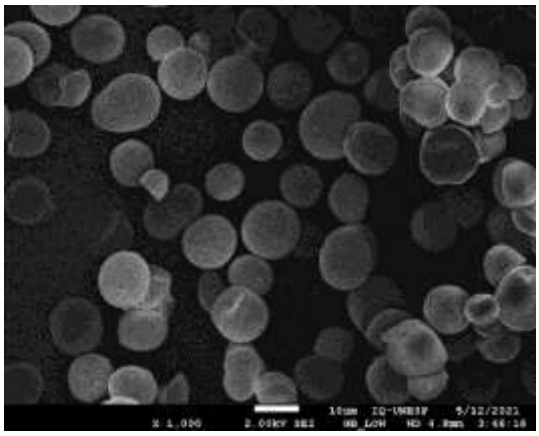
Bello-Perez et al. (2005) analisaram os amidos extraídos de duas cultivares de mangas e do milho; e os grânulos das mangas ‘Criollo’ e ‘Manila’ mostraram formatos semelhantes, esféricos e ovais, similar ao encontrado nessa pesquisa. Já o grânulo do amido de milho apresentou um aspecto oval e formas poligonais. Patil et al. (2014), ao estudarem amido de manga obtiveram formatos elíptico a oval, com uma fenda na superfície do grânulo.

O tamanho e o formato dos grânulos de amidos são característicos únicas de cada espécie e podem ser usados como identificação de sua origem (MUCCILLO, 2009). A microestrutura do grânulo é a característica inerente do amido, que muitas vezes afeta diretamente suas propriedades físico-químicas e funcionais como poder de inchamento, solubilidade, a digestibilidade e a capacidade de absorção de água (SINGH; SINGH, 2001; KAUR et al., 2009). A diferença nas propriedades pode resultar em diferentes aplicabilidades do amido na indústria (PATIL et al., 2014).

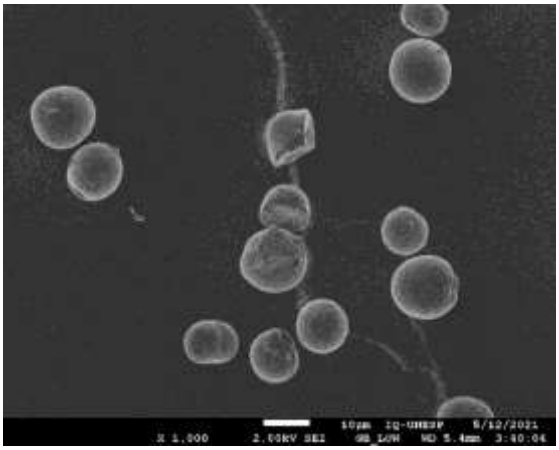
Figura 7 - Morfologia dos amidos das polpas de manga (aumento de 1000x) de diferentes cultivares



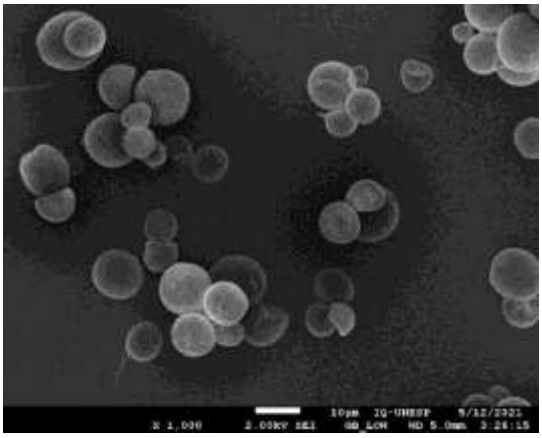
Bourbon



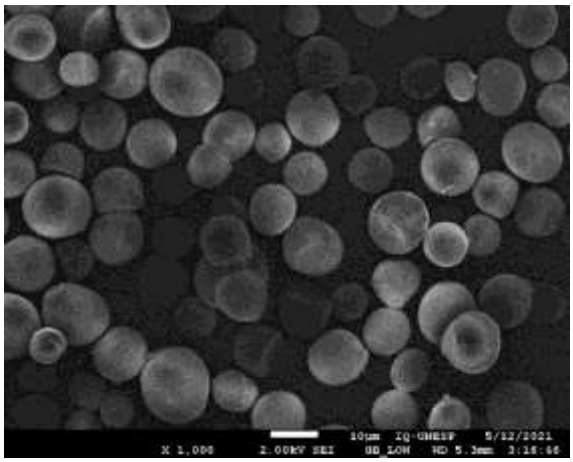
Espada vermelha



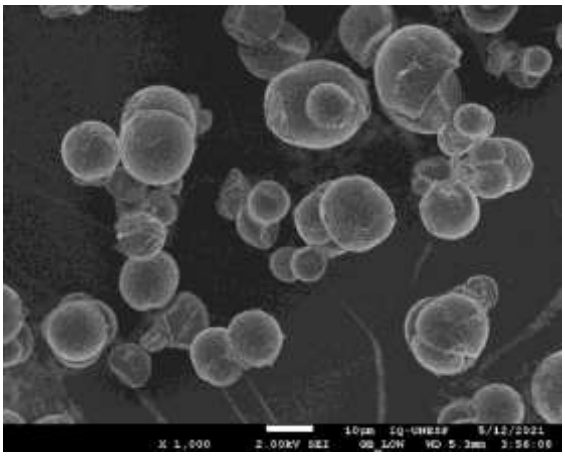
Keitt



Palmer



Parwin



Tommy Atkins

Fonte: Elaborado pela autora.

4.7 Distribuição de tamanho dos grânulos

De acordo com Hoover (2001), na análise de distribuição de tamanho de partículas, o diâmetro dos grânulos de amido apresenta uma variação de 1 a 100 µm, variando de acordo com a origem do amido. Rolland-Sabate et al. (2012), relata que os diâmetros mais frequentes são entre 7 e 20 µm.

A análise de distribuição de diâmetro dos grânulos de amido é essencial pois pode influenciar na aplicabilidade e nas propriedades de pasta e térmica (PERONI; ROCHA; FRANCO, 2006; YE, LI e ZHAO, 2020). Na Tabela 13, estão apresentados os dados de tamanho dos grânulos de amido da amêndoa, sendo, D[4,3] o diâmetro médio volumétrico.

De acordo com os resultados de D[4,3] a 'Espada vermelha' apresenta o maior diâmetro com 24,71 µm, enquanto a 'Tommy Atkins' com 19,75 µm foi similar ao valor encontrado por Oliveira (2016) (20,5 µm) e menor a 29,38 µm citado por Mendes (2011).

Tabela 13- Diâmetro médio dos grânulos de amidos das amêndoas de diferentes cultivares de manga

Cultivares	Diâmetro médio dos grânulos (µm)
Bourbon	24,43±0,01^{b}
Espada vermelha	24,71±0,01^{a}
Keitt	24,40±0,01^{b}
Palmer	22,33±0,01^{c}
Parwin	24,39±0,01^{b}
Tommy Atkins	19,75±0,01^{d}

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.
Fonte: Elaborado pela autora.

Os diâmetros de grânulo dos amidos extraídos das amêndoas analisados nesse estudo estão dentro da faixa relatada na literatura, que variam de 7 a 27,2 µm, essa variação ocorre devido ao fato das cultivares de manga estudadas serem distintas (OLIVEIRA, 2016; KAUR et al. 2004; PATIÑO-RODRIGUES et al. 2019; SANDHU e LIM, 2008; KAUR et al., 2003).

Em relação aos amidos tradicionais, o tamanho médio dos grânulos de milho variam de 1 a 20 µm (ZONG-QIANG et al., 2012), para o arroz de 3 a 5 µm (SINGH et al., 2003), batata de 15 a 100 µm (SINGH et al., 2003), mandioquinha-sala entre 14 µm (SOUZA ROCHA et al. 2008) e mandioca de 5 a 30 µm (ANGGRAINI et al., 2009). O amido de variedades das amêndoas de manga pode ser considerado maior em relação aos amidos de fontes tradicionais.

A Tabela 14, apresenta o diâmetro médio dos grânulos dos amidos obtidos das polpas das mangas.

De acordo com os resultados de D[4,3], o amido da 'Bourbon' apresentou maior diâmetro com 19,83 µm, enquanto da cultivar Keitt o menor diâmetro (15,79 µm). Bello-Perez et al. (2005) ao analisarem amidos de duas cultivares de manga observaram para a 'Crioulo' apresentou um tamanho de grânulo inferior a 'Manila' que apresentou 5 a 10 µm.

Tabela 14- Diâmetro médio dos grânulos de amidos das polpas de diferentes cultivares de manga

Cultivares	Diâmetro médio dos grânulos (µm)
Bourbon	19,83±0,01[a]
Espada vermelha	18,49±0,01[b]
Keitt	15,79±0,01[f]
Palmer	16,70±0,01[c]
Parwin	16,07±0,01[e]
Tommy Atkins	16,24±0,01[d]

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.
Fonte: Elaborado pela autora.

PATIL et al. (2014), analisou o diâmetro médio dos grânulos de amido da manga negra e obteve valores na faixa de 12 a 22 µm, sendo semelhante ao encontrado nesse estudo. Os resultados presente nesse estudo também se assemelham ao encontrado por Akanbi, Nazamid e Adebowale (2009), que estudaram a fruta- pão com tamanho médio de 18 µm, respectivamente.

De acordo com a literatura a variação nos valores do diâmetro médio dos grânulos de amidos está relacionada com a fonte botânica do amido, estágio de

desenvolvimento da planta, tipo de amido, formato dos grânulos, grau de maturação, e o método de extração utilizado que ocasiona alteração na superfície do grânulo (CAVALLINI, 2015; LEONEL, 2007; BELLO-PEREZ, 2005; LAGUNES-DELGADO, 2021).

4.8 Difração de Raio –X

A análise de difração de Raios-X equivale a uma das principais técnicas de caracterização microestrutural de materiais cristalinos. De acordo com Billmeyer Jr. (1984), o princípio da difração depende da interferência que acontece quando uma determinada onda em movimento é espalhada a partir de um número de centros e, assim, tem relação direta com os domínios amorfos e cristalinos presente na estrutura do material.

Os grânulos de amido consistem em arranjos moleculares cristalinos e amorfos. Em uma amostra cristalina, os átomos são arranjados de forma regular ou ordenada formando padrões, enquanto na amorfa, os átomos são dispostos de uma forma aleatória (SHARMA et al., 2012).

O resultado da análise de difração de Raios-X é diferenciado por três tipos de padrão cristalino que variam conforme a estrutura e forma cristalina e denominam-se: A (geralmente para cereais), B (geralmente tubérculos e raízes) e C (geralmente leguminosas). Outro padrão relatado é o polimorfo de tipo V, no qual a formação normalmente está relacionada em amidos de alto teor de amilose (YU et al., 2013).

Zobel et al. (1988) e Sajilata et al. (2006), relatam que os padrões de cristalinidade variam conforme a densidade de empacotamento dentro dos grânulos, o comprimento das cadeias de amilopectina e a presença de água.

De acordo com Lagunes-delgado et al. (2021), na análise de difração os picos em $2\theta = 15°$, 17°, 18° e 23° são característicos do padrão do tipo A, enquanto aqueles em $2\theta = 5°$, 11° são característicos do padrão do tipo B.

Ferreira et al. (2019) relata que os padrão do tipo A acontecem quando as duplas hélices da amilopectina encontram-se organizadas de forma altamente condensada e cristalina, sendo uma unidade monoclínica com quatro moléculas de água dentro das hélices duplas. Já o padrão tipo B evidencia uma célula unitária hexagonal com trinta e seis moléculas de água dentro de um centro. Em relação ao

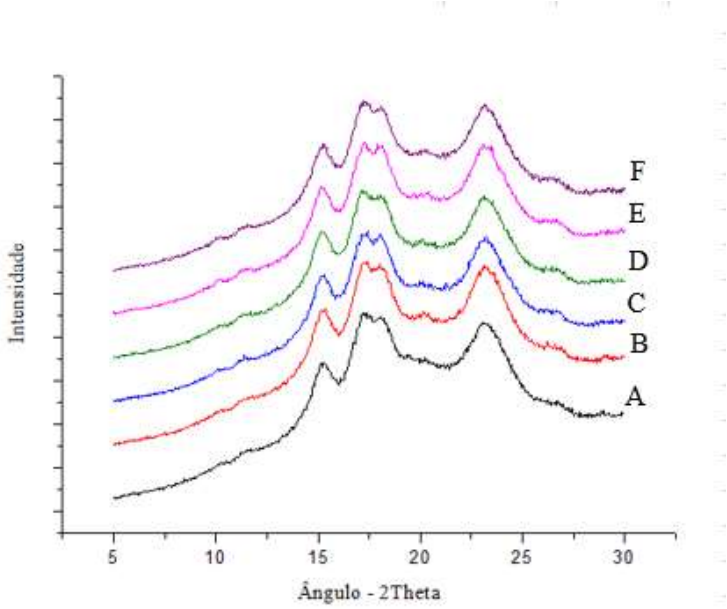
tipo C, este apresenta uma combinação de polimorfos dos tipos A e B, típicos de raízes ou leguminosas (PÉREZ e BERTOFT, 2010).

Já nos tipos B e C a amilopectina exibe menor número de ramificações e cadeias longas associadas ás moléculas de amilose. Já Freitas e Tavares (2005) relatam que os amidos com padrão do tipo B e C tendem a ser mais resistentes à amilase pancreática do que o padrão A, devido às ramificações e associações da molécula de amilopectina com a molécula de amilose.

Outro fator de extrema importância é o nível de empacotamento das cadeias de amilopectina, pois revela o padrão cristalino e o caráter relevante quanto à capacidade de penetração de água no grânulo em função da temperatura (ELIASSON, 2004).

A Figura 8, exibe o padrão de difração de Raio-X obtidos em amidos de amêndoas de mangas de diferentes cultivares.

Figura 8- Difração de Raio- x em amidos das amêndoas das cultivares Bourbon (A); Espada vermelha (B); Keitt (C); Palmer (D); Parwin (E) e Tommy Atkins (F)



Fonte: Elaborado pela autora.

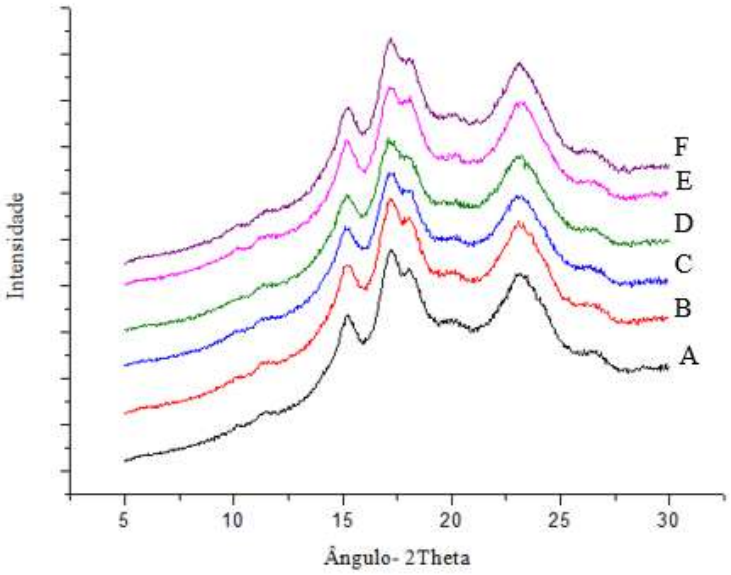
Independente da cultivar, os amidos obtidos da extração das amêndoas apresentaram padrão do tipo A, conforme os relatados em outros estudos (GUO et al. 2018; SANDHU e LIM, 2008; THORY e SANDHU, 2017; ZHANG et al. 2016), pois apresentaram picos principais em 15°,17°,18° e 23° em 2θ.

Millan-Testa et al. (2005), também relataram padrões de difração de Raios-X do tipo A, com reflexos fortes em 15° e 23° e um dupleto em 17° e 18° em 2θ, para amido de manga. Porém, Melo (2018) que trabalhou com amido da amêndoa 'Tommy Atkins' obteve o padrão de difração tipo C.

Com base em estudos, amidos obtidos das amêndoas de mangas podem ser do tipo A ou C, dependendo da condições de desenvolvimento da planta, variedade da manga, condição de crescimento, diferença genética e local de crescimento (AGAMA-ACEVEDO et al., 2015; KAPTSO et al., 2014). Entretanto, o padrão de cristalinidade tipo A para amido de manga é mais reportado (CORDEIRO, 2013; OLIVEIRA, 2016; MONTEIRO, 2017; GUO et al. 2018; PATIÑO-RODRÍGUEZ et al. 2019).

A Figura 9 ilustra os padrões de difração de Raio-X obtidos na análise dos amidos de polpas de mangas de diferentes cultivares.

Figura 9- Difração de Raio-x em amidos das polpas das cultivares Bourbon (A); Espada vermelha (B); Keitt (C); Palmer (D); Parwin (E) e Tommy Atkins (F)



Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados obtidos para os amidos das polpas de manga evidenciaram padrão do tipo A, com picos principais em 15°,17°,18° e 23° em 2θ (GUO et al. 2018). Com a obtenção de um resultado similar no amido da polpa da manga, Bello- Pérez et al. (2005) evidenciaram padrão do tipo A, todavia com uma ligeira tendência para o

tipo C, devido ao pico mostrado em aproximadamente 17º. Outro autor, obteve o padrão de difração tipo C para amidos da ‘Haden’ e ‘Palmer’ (LAGUNES-DELGADO, 2021).

Os resultados dos amidos extraídos das amêndoas e polpas de mangas se assemelham aos amidos de cereais e leguminosas e diferenciam-se de amidos de raízes, tubérculos e frutas verdes. Lima et al. (2012), relatou amidos de milho e trigo como tipo A. Pepe (2011) e Rocha et al. (2008), encontraram para o amido de mandioquinha-salsa o padrão tipo-B. Já Li et al. (2018), resultaram em padrão tipo-B para batata. Freitas e Tavares (2005) relataram que o amido de milho possui padrão de cristalinidade tipo A, padrão tipo B para banana 'Nanicão' e tipo C para amido de banana 'Terra'. Enquanto Izidoro (2011), encontrou padrão tipo-B para amido de banana 'Nanica'. Vatanasuchart et al., (2012) relataram tipo-B para as bananas tailandesas 'Kluai'.

O tipo A é atribuído aos amidos com amilopectina com alto teor de cadeias curtas, e o tipo B é atribuído aos amidos com maior quantidade de cadeias longas e alto teor de amido resistente em seu estado nativo (LAGUNES-DELGADO et al., 2021).

Kittiphoom (2012) relatou que o padrão de difração de Raios-X com picos em 19°e 20° em 2θ indicam presença de complexo amilose-lipídio, sugerindo a presença de ácidos esteárico e palmítico no amido de amêndoa da manga. O complexos amilose-lipídio são resistentes à hidrólise enzimática e são relatados como amido resistente tipo 5 (RS5), sendo importante na utilização do amido de caroço de manga em alimentos e medicamentos (HASJIM et al., 2010).

De acordo com Izidoro (2011), em amidos com padrão tipo A, a amilopectina apresenta elevadas proporções de cadeias curtas e maior número de ramificações. Estruturalmente, os grânulos dos amidos de padrão do tipo B apresentam menor temperatura de gelatinização (77°C) quando comparado aos tipo A (90°C).

4.9 Cristalinidade relativa dos amidos

Normalmente, o amido é armazenado nas plantas como corpos intracelulares, sendo parcialmente cristalinos (15% a 45% de cristalinidade) (FREITAS; TAVARES, 2005). Em relação aos resultados da análise de cristalinidade dos amidos de mangas

obtido das amêndoas foram observadas diferenças significativas entre os amidos das diferentes cultivares de mangas para esta característica física (Tabela 15).

Tabela 15- Cristalinidade relativa dos amidos das amêndoas de diferentes cultivares de manga

Cultivares	Cristalinidade relativa (%)
Bourbon	26,58±0,35^{e}
Espada vermelha	30,78±0,09^{a}
Keitt	28,47±0,03^{d}
Palmer	29,35±0,34^{c}
Parwin	30,45±0,38^{b}
Tommy Atkins	29,84±0,13^{c}

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.
Fonte: Elaborado pela autora.

A cultivar Espada vermelha apresentou maior porcentagem e a cultivar Bourbon o menor porcentual dentre os amidos analisados. Os resultados obtidos no amido da amêndoa enquadra-se na faixa de valores relatados na literatura. Os valores obtidos se assemelham com os resultados encontrados por Millan-Testa et al. (2005) (35%) e por Ferreira et al. (2019), 28,3% para o amido da amêndoa de manga, porém sendo inferiores aos de Saeaurng e Kuakpetoon (2018) que relataram valores de cristalinidade superiores a 40% para cultivar Msk.

Guo et al. (2018), que avaliaram o amido presente na semente de cinco frutas, relatam que o isolado de manga apresentou 31,1% de cristalinidade, com pouca diferença da jaca 31,7%, sendo a nêspera com menor valor 27,4%. Embora os cinco amidos tivessem conteúdo de amilose semelhante, suas cristalinidades relativas eram diferentes. De acordo com Shandu e Lim (2008) que analisaram amido da amêndoa de duas cultivares de manga, a ‘Chausa’ apresentou maior cristalinidade (38,3%) do que o amido ‘Kuppi’ (35,4%), ambos superiores ao amido isolado de milho (30,0%).

Na cristalinidade dos amidos isolados das polpas de manga (Tabela 16), ‘Tommy Atkins’ apresentou o menor valor de cristalinidade. A cristalinidade relativa dos amidos de polpa de manga se assemelharam aos resultados obtidos por Mesquita

(2015), que analisou a cristalinidade em diversos genótipos de banana verde, e verificou variação de 31,94 a 34,06%.

Tabela 16- Cristalinidade relativa dos amidos das polpas de diferentes cultivares de manga

Cultivares	Cristalinidade relativa (%)
Bourbon	31,47±0,38[b]
Espada vermelha	31,29±0,14[b]
Keitt	31,70±0,12[b]
Palmer	32,24±0,20[a]
Parwin	32,35±0,27[a]
Tommy Atkins	30,31±0,26[c]

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.
Fonte: Elaborado pela autora.

Os amidos analisados nesse estudo se assemelham a percentagem encontrada por Cavallini (2015), em amidos de fruta-pão (27%) e milho (30%). Entretanto, Nwokocha e Williams (2011), obtiveram um valor superior de 36,2% para o amido de fruta-pão.

De acordo Zhu (2015), um motivo para a discrepância na percentagem de cristalinidade entre os estudos pode ser devida à diferença nos métodos analíticos e de cálculo. Shandu e Lim (2008), relatam que as cadeias laterais de amilopectina formam a estrutura cristalina, e, assim, espera-se que a cristalinidade seja relacionada inversamente ao teor de amilose. Portanto, fica visível que a cristalinidade do amido está associada diretamente a amilopectina e não à amilose (CORRADINI et al., 2005).

4.10 Poder de inchamento e solubilidade dos grânulos

No aquecimento, a estrutura cristalina e as pontes de hidrogênio são quebradas. Assim, as moléculas de água se unem por pontes de hidrogênio a grupos hidroxila presentes na amilose e amilopectina e, consequentemente, ocasiona um aumento no tamanho e solubilidade dos grânulos (HOOVER, 2001; SINGH et al., 2003).

A solubilidade (S) e o poder de inchamento (P.I) representam a interação entre as cadeias constituídas na área amorfa e cristalina. A dimensão desta interação no grânulo é alterada pela distribuição de massa molecular das estruturas, teor de amilose e amilopectina, comprimento das cadeias laterais, grau de ramificação e a conformação das moléculas (RATNAYAKE et al., 2002).

Em relação as áreas cristalinas, elas auxiliam na integridade dos grânulos, ou seja, permitem o inchamento, porém não completa dispersão das macromoléculas. Portanto, durante o aquecimento de uma solução aquosa de amidos, as áreas amorfas absorvem água rapidamente e incham, no qual, permanecem unidas pelas regiões cristalinas (LEACH et al., 1959; PERONI, 2003).

Com base em Lawal et al. (2011), a elevação da temperatura prejudica as ligações moleculares, enfraquecendo as estruturas granulares do amido, e consequentemente facilitando a ação da água e sua retenção no grânulo. Os resultados obtidos para solubilidade e poder de inchamento dos amidos extraídos das amêndoas dos cultivares de mangas, com diferentes temperaturas estão apresentados nas Tabelas 17 e 18.

Tabela 17- Solubilidade (%) dos amidos das amêndoas de manga de diferentes cultivares

	Temperaturas (°C)	
Cultivares	60	90
Bourbon	15,75±0,13^{b}	16,36±0,24^{a}
Espada vermelha	15,88±0,60^{b}	15,04±0,14^{b}
Keitt	16,75±0,18^{a}	15,49±0,42^{b}
Palmer	16,45±0,38^{a}	16,56±0,29^{a}
Parwin	16,45±0,30^{b}	15,18±0,10^{b}
Tommy Atkins	15,53±0,20^{b}	16,63±0,10^{a}

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.
Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação a solubilidade o amido das cultivares Keitt e Palmer apresentaram os maiores valores em 60°C com 16,75% e 16,45%, respectivamente. Entretanto, aos

90°C as cultivares Bourbon, Palmer e Tommy Atkins apresentaram as maiores porcentagens, sendo o valor médio 16,51%.

Assim, os resultados observados para os amidos das cultivares Keitt (60°C) e Tommy Atkins (90°C), ambos com elevados teores de amilose (Tabela 10), exibiram que quanto maior o teor amilose presente no grânulo de amido, maior será sua capacidade de solubilização em solução aquosa, devido ao processo de lixiviação da amilose com temperaturas elevadas.

Tabela 18- Poder de inchamento ($g.g^{-1}$) dos amidos das amêndoas de manga de diferentes cultivares

	Temperaturas (°C)	
Cultivares	60	90
Bourbon	3,83±0,10[a]	12,44±0,08[a]
Espada vermelha	3,74±0,02[a]	12,29±0,26[a]
Keitt	3,89±0,02[a]	12,66±0,24[a]
Palmer	3,21±0,08[b]	12,32±0,06[a]
Parwin	3,11±0,02[b]	12,49±0,26[a]
Tommy Atkins	3,06±0,03[b]	12,43±0,25[a]

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.
Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao poder de inchamento (PI), os amidos ‘Bourbon’, ‘Espada vermelha’ e ‘Keitt’ diferiram dos demais amidos estudados pelos maiores valores. Aos 90°C, os amidos não diferiram estatisticamente.

De acordo com Guo et al., (2018), ao examinar o PI e a solubilidade de amidos extraídos das sementes de cinco frutas de 50 a 90°C, notaram que o amido de nêspera apresentou um aumento significativo a 65°C e depois aumentaram gradualmente conforme aumentava a temperatura, enquanto que o amido de jaca os valores aumentaram a 85°C. Em relação ao amido de manga, apresentou o maior PI e solubilidade entre os cincos amidos de sementes a 95°C, sendo semelhantes aos amidos estudados nesse trabalho, com valores mais elevados a 90°C. Estudos relatam que esses valores são significativamente maiores do que os amidos

convencionais, como o de arroz e milho, respectivamente (CAI et al., 2015; LIN et al., 2016)

Estudando amidos extraídos de amêndoas de cinco cultivares de manga indiana, ou seja, Chausa, Totapuri, Kuppi, Langra e Dashehari, notaram que o PI dos amidos variou de 18,0 a 19,7 g/g, sendo o maior para o 'Totapuri' e o menor para o amido 'Langra' (KAUR et al., 2003), sendo valores superiores aos encontrados nesse estudo.

O amido da amêndoa de manga obtido nesse trabalho apresentaram valores de PI menores do que a maioria dos amidos nativos encontrados na literatura. Como no caso o amido de duas variedades de mandioca, com PI de 21,3 e 29,6 g/g. Demais trabalhos, verificaram PI 58,12 e 36,20 g/g em amido de batata e milho, respectivamente (OSUNDAHUNSI; MUELLER, 2011; SINGH, CHAWLA, SINGH, 2004). Entretanto, alguns estudos vem relatando os amidos de milho e batata com poder de inchamento 13 e 45,5 g/g, enquanto o índice de solubilidade em água foi relatado em 10 e 27%, respectivamente, sendo resultados semelhante ao encontrado para os amidos de mangas (ZHANG et al, 2020; ZHU, 2020).

As análises de PI e S são importantes e aptas para demonstrar o comportamento do amido em solução aquosa, por meio da proporção amilose e amilopectina, a fim de que os resultados sejam levados em consideração para produção de alimentos com especificidades características. Além de contribuem para importantes características de produtos ricos em amido, como comportamento reológico durante o aquecimento em excesso de água e a as propriedades de pasta (TONGDANG, 2008; MESQUITA, 2015).

De acordo com Singh et al. (2003), o inchamento do grânulo admite a exsudação da amilose resultando no aumento da solubilidade e claridade da pasta. A pasta obtida se resulta da mistura de grânulos quebrados, inchados e coloidais dispersos. A mistura pode variar e depende da temperatura, do conteúdo de água, fonte botânica, e o cisalhamento durante o aquecimento.

As Tabelas 19 e 20, representam o PI e solubilidade dos amidos das polpas de mangas.

Os resultados obtidos para a solubilidade mostraramdiferenças entre as cultivares nas duas temperaturas de análise. O amido da cultivar Keitt teve 17,75% e Tommy Atkins 17,40% em 60°C. No entanto, aos 90°C a cultivar Keitt (16,70%) e

Parwin (16,49%) apresentaram os maiores valores, respectivamente. Assim, a ‘Keitt’ teve os maiores valores em ambas temperaturas.

Tabela 19- Solubilidade (%) dos amidos das polpas de manga de diferentes cultivares

	Temperaturas (°C)	
Cultivares	60	90
Bourbon	16,52±0,03^{c}	15,37±0,24^{b}
Espada vermelha	16,66±0,03^{c}	15,74±0,16^{b}
Keitt	17,76±0,20^{a}	16,70±0,08^{a}
Palmer	17,18±0,08^{b}	15,13±0,41^{b}
Parwin	16,20±0,15^{d}	16,49±0,16^{a}
Tommy Atkins	17,40±0,02^{a}	15,25±0,27^{b}

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.
Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 20- Poder de inchamento (g.g^{-1}) dos amidos das polpas de manga de diferentes cultivares

	Temperaturas (°C)	
Cultivares	60	90
Bourbon	6,84±0,11^{a}	11,37±0,21^{ab}
Espada vermelha	6,30±0,04^{a}	11,48±0,31^{ab}
Keitt	6,39±0,36^{a}	11,17±0,03^{b}
Palmer	6,57±0,27^{a}	11,89±0,01^{a}
Parwin	6,50±0,17^{a}	11,53±0,46^{ab}
Tommy Atkins	6,80±0,01^{a}	11,89±0,08^{a}

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.
Fonte: Elaborado pela autora.

O PI obtido para os amidos aos 60°C não diferiram estatisticamente, porém aos 90°C ocorreram diferenças entre as cultivares.

Em amidos de bananas verdes, Zhang et al. (2005), relataram valores semelhantes ao obtido nesse estudo, conforme o método de Leach et al. (1959), com a solubilidade variando de 16,3 a 21,7 % e o poder de inchamento com 30,1 a 35,3 g/g. Enquanto que Izidoro (2011), ao analisar o amido de banana 'Nanica' obteve 18,08 g/g de PI e 10,43% de solubilidade a 90°C, conforme a metodologia de Torre-Gutiérrez et al. (2008).

Os amidos das polpas de mangas apresentaram valores dentro da faixa relatados na literatura, no qual, alguns autores encontraram valores de PI em amido de banana 8,7 g/g na temperatura de 90°C e em amido de fruta-pão o valor foi de 6,40 g/g a 80°C (WALISZEWSKI et al. 2003; ADEBOWALE et al. 2005).

O valor do poder de inchamento pode apresentar alteração conforme a variedade do amido. De acordo com Singh et al (2009), o PI depende da capacidade de retenção de água das moléculas de amido por ligações de hidrogênio. As ligações são quebradas durante a gelatinização e passam a fazer ligações de hidrogênio com a água,sendo o PI regulado pela cristalinidade do amido. Baixos valores de PI podem estar relacionado com a presença de lipídeos no amidos, ocasionando a formação de um complexo com a amilose (SINGH; CHAWLA; SINGH, 2004).

Assim, ambos são danificados pelo conteúdo de amilose, tamanho do grânulo de amido, estrutura cristalina, proteína e teor de lipídios e estrutura da amilopectina. Alguns amidos resultam em diferentes porcentagem de solubilidade e poder de inchamento conforme a morfologia e propriedades estruturais dos grânulos (HUANG et al., 2007; GUO et al., 2018).

4.11 Propriedade térmica

A análise de calorimetria exploratória diferencial (Differential Scanning Calorimetry-DSC) permite uma avaliação da ação do calor em relação as modificações químicas e físicas da amostra. Na técnica acontecerá o surgimento de um pico exotérmico e indicando aumento da entalpia, enquanto um pico endotérmico segue na direção oposta. De modo geral, a desidratação, redução e transições de fase ocasionam efeitos endotérmicos, enquanto a oxidação, cristalização e certas reações de decomposição produzem efeitos exotérmicos (FONTES, 2018).

A determinação das propriedades térmicas por calorimetria exploratória diferencial proporciona resultados sobre a composição, o nível de gelatinização do

amido e a organização da estrutura cristalina dos grânulos (MWETA et al., 2010; ALTAY; GUNASEKARAN, 2006; KAWAI; PEI-LING et al, 2012; FUKAMI; YAMAMOTO, 2012).

As propriedades térmicas de gelatinização dos amidos das amêndoas de mangas estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21- Gelatinização dos amidos das amêndoas de diferentes cultivares de manga

Cultivares	T_i (°C)	T_p (°C)	T_f (°C)	ΔT(°C)	ΔH ($J.g^{-1}$)
Bourbon	67,05±0,10^{b}	71,85±0,02^{ab}	76,37±0,07^{b}	9,32±0,035^{a}	13,72±0,22^{a}
Espada vermelha	66,41±0,04^{b}	71,18±0,35^{d}	76,19±0,24^{b}	9,78±0,28^{a}	14,02±0,50^{a}
Keitt	67,73±0,40^{a}	72,31±0,04^{a}	77,22±0,41^{a}	9,49±0,82^{a}	12,58±0,55^{a}
Palmer	66,75±0,05^{bc}	71,39±0,05^{ab}	76,29±0,12^{b}	9,54±0,17^{a}	13,56±0,88^{a}
Parwin	66,90±0,09^{bc}	71,57±0,15^{ab}	76,05±0,01^{b}	9,15±0,08^{a}	12,70±1,04^{a}
Tommy Atkins	67,03±0,11^{b}	71,47±0,22^{c}	76,22±0,17^{b}	9,19±0,05^{a}	12,54±0,17^{a}

Onde: Ti, Tp, Tf = temperatura inicial, de pico e final; ΔT(variação de temperatura) = Tf-Ti; ΔH = variação de entalpia. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.

Fonte: Elaborado pela autora.

Por meio dos resultados do DSC, torna-se possível observar a temperatura de gelatinização referente ao grânulo de amido, evento térmico no qual há a desorganização da estrutura cristalina do grânulo e formação de gel. As temperaturas iniciais de gelatinização dos amidos de amêndoa de manga variaram de 66,41 a 67,73ºC, com a cultivar Keitt tendo a maior T_i. Os resultados mostraram que os amidos de amêndoa começaram a gelatinizar por volta dos 66,41°C e estavam completamente gelatinizados aos 77,22°C. As cultivares Bourbon, Espada vermelha, Palmer, Parwin e Tommy Atkins apresentaram as menores temperaturas iniciais e a 'Keitt' maior temperatura final.

Cooke e Gidley (1992) e Rocha et al. (2011), relatam que o ΔT refere-se ao grau de heterogeneidade dos cristais nos grânulos, enquanto o ΔH reflete a quantidade de duplas hélices que são desfeitas durante a gelatinização. Também

relatam que temperaturas elevadas e maior variação de entalpia (ΔH) resultam estruturas moleculares cristalinas mais fortes ou mais ordenadas.

Os amidos das cultivares Bourbon e Espada vermelha além da Palmer e Parwin contém os menores teores de amilose, ou seja, apresentam mais cadeias de amilopectina em suas estruturas em relação aos amidos dos outros cultivares (Tabela 10). Em relação aos amidos 'Keitt' e 'Tommy Atkins' apresentam amidos com maiores teores de amilose e, consequentemente, menores variações de entalpia em relação aos amidos citados acima.

Kaur et al. (2004), ao realizarem a análise DSC com a mesma taxa de aquecimento para amidos extraídos de amêndoas de cinco diferentes cultivares de manga, as temperaturas máximas varia de 77,9 a 80,2°C, respectivamente. Entretanto, Bet et al. (2017), estudando amido de amêndoa de manga variedade “Palmer” observou valores de temperatura de gelatinização semelhantes, 80,4ºC. Estes valores de temperatura de gelatinização estão superiores aos encontrados nesse estudo.

Hassan et al. (2013), retrataram que a variedade da amêndoa de manga analisado pode ocasionar a variação de temperaturas, pois encontraram temperaturas máximas mais baixas, entre 65 a 68°C, para as quatro variedades estudadas. Os valores de temperatura de gelatinização das mangas estudadas foram semelhantes aos encontradas nos amidos de fontes convencionais. Os amidos de arroz, milho e batata apresentaram temperaturas máximas em torno de 66, 63 e 66°C, respectivamente (SINGH et al., 2003).

As propriedades térmicas de gelatinização dos amidos das polpa de mangas estão retratados na Tabela 22.

Em relação a temperatura de gelatinização referentes aos amidos extraídos das polpas, as temperaturas iniciais de gelatinização variaram de 63,70 a 65,75ºC. A temperatura inicial, de pico e final dos amidos das polpas diferiram estatisticamente entre si. Durante a análise térmica, os amidos começaram a gelatinizar por volta dos 63,70°C e estão completamente gelatinizados aos 73,40°C. A cultivar ‘Tommy Atkins’ apresentou maior temperatura final.

Com base na variação de temperatura, o amido da ‘Espada vermelha’ exibiu menor homogeneidade de sua área cristalina em relação aos outros cultivares. ‘Tommy Atkins' e 'Palmer' apresentam os extremos em relação a variação de entalpia (ΔH), respectivamente, maior e menor.

Tabela 22- Gelatinização dos amidos das polpas de diferentes cultivares de manga

Cultivares	Ti (°C)	Tp (°C)	Tf (°C)	ΔT(°C)	ΔH (J.g^{-1})
Bourbon	63,90±0,47^{b}	67,36±0,51^{bc}	70,84±0,25^{c}	6,94±0,22^{cd}	12,09±0,23^{abc}
Espada vermelha	64,34±0,19^{b}	67,69±0,18^{bc}	72,30±0,33^{b}	7,96±0,13^{a}	12,02±0,87^{abc}
Keitt	64,57±0,07^{b}	68,22±0,05^{b}	72,37±0,14^{b}	7,80±0,07^{b}	12,60±0,24^{ab}
Palmer	63,70±0,11^{b}	66,71±0,29^{c}	70,34±0,34^{c}	6,64±0,22^{d}	13,13±0,69^{a}
Parwin	64,55±0,62^{b}	67,99±0,56^{b}	71,79±0,43^{b}	7,24±0,19^{bc}	11,26±0,89^{bc}
Tommy Atkins	65,75±0,43^{a}	69,57±0,47^{a}	73,40±0,34^{a}	7,65±0,09^{b}	10,63±0,20^{c}

Onde: Ti, Tp, Tf = temperatura inicial, de pico e final; ΔT(variação de temperatura) = Tf-Ti; ΔH = variação de entalpia. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.
Elaborado pela autora.

Bello-perez et al. (2005), trabalharam com amido de duas cultivares de mangas, a ‘Criollo’ mostrou a temperatura de pico mais alta (70,5°C) do que a ‘Manila’ com 69,2°C. Esses resultados são semelhantes ao encontrados nesse estudo, variando conforme a cultivar da manga. Ahmad et al. (1999), encontraram temperaturas de gelatinização semelhantes para amidos de sagu (69,4-70,1°C), mas com entalpias de gelatinização mais altas (15,1-16,7 J g^{-1}). Entretanto, Patil et al. (2014), relatou valores superior para temperatura de pico 84,53°C em amido de manga.

De acordo com Lagunes-Delgado et al. (2021), a análise resultou uma temperatura de início de gelatinização mais alta para o amido Palmer (78,4°C) do que para o amido Haden (74,5°C), e entalpia de gelatinização (10,5 J.g^{-1}), respectivamente. As temperaturas de gelatinização de ambos os amidos de manga foram superiores ao obtidos nessa pesquisa e em relação ao amido de milho (62-75°C), batata (58-70°C) e trigo (57-66°C) (VAMADEMAN, BERTOFT, 2015).

As temperaturas elevadas de gelatinização dos amidos de manga podem ser importantes em diferentes usos industriais, sendo um assunto de extrema importância. A variação de entalpia para amidos de manga (10 -12 J.g^{-1}), podem ser atribuída a distribuição homogênea do comprimento de cadeias curtas da amilopectina (MARTINEZ et al. 2018; VAMADEVAN E BERTOFT, 2015).

Bello-Perez et al. (2005), ressaltam que a propriedade de gelatinização pode ser usada para a aplicação desses amidos de manga em produtos cárneos. Com base em Thomas e Atwell (1999), durante a gelatinização e retrogradação ocorrem alterações nos grânulos e resultam ao comportamento de pasta, que vem sendo medida principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido.

Posteriormente ao processo térmico de gelatinização, a pasta de amido resultante é instável e durante seu armazenamento e resfriamento apresenta transformações estruturais, sendo denominado como retrogradação (HERNÁNDEZ-MEDINA et al., 2008). De acordo com Jane e Chen (1992), o perfil de gelatinização do amido é persuadível pela arquitetura granular, sua composição (amilopectina e amilose), e o grau de polimerização (GP) de amilopectina.

Os grânulos de amidos quando em contato com a água fria acarreta uma união e absorção ligeira de água pelas regiões amorfas, sendo de 10 e 20%, podendo se reverter com secagem do grânulo. Entretanto, ao aquecer os grânulos em água, eles incham de forma irreversível, além de perder a organização estrutural e ocasionando a união dos cristais (DENARDIN; SILVA, 2009).

De modo geral, o que determina principalmente o comportamento da pasta são as alterações que acontecem na viscosidade no processo de gelatinização e retrogradação do amido. Deste modo, conforme aquece o amido com a água, os grânulos se incham e absorvem a água, ocasionando o processo de gelatinização, no qual as pontes de hidrogênio se quebram devido a uma perda irreversível da estrutura cristalina. Em seguida, conforme o sistema é esfriado acontece uma re-associação, em que duas ou mais moléculas gelatinizadas começam a se unir em estruturas ordenadas e formando pontos de união em várias regiões (ZENG et al., 1997; MATUSUGUMA, 2006).

Nessa etapa, as pontes de hidrogênio do polímero amido–água são substituídas por pontes polímero-polímero, formando uma rede de gel e dando lugar ao processo de retrogradação (ZENG et al., 1997; MATUSUGUMA, 2006). Estas áreas ocasionam a alteração no índice de refração, e consequentemente conforme o processo de retrogradação evolui o gel torna-se mais opaco ATWELL; HOOD; LINEBACK, 1998; DENARDIM; SILVA, 2009).

Alguns fatores podem afetar o processo de retrogradação de um amido, como as etapas de processamento, presenças de componentes (lipídios, açúcares, entre

outros), quantidade de água, tempo, fonte do amido e a temperatura de armazenamento. As alterações ocasionada na estrutura do amido influenciará suas propriedades fisiológicas e funcionais (COLONNA; LELOUP; BULÉON, 1992). Provavelmente devido a esses fatores, nenhum amido extraído das amêndoas das mangas apresentaram leitura após a retrogradação, ocasionando erro na leitura do equipamento.

Os resultados obtidos na análise térmica dos amidos das polpas de mangas retrogradados (Tabela 23). De acordo com os resultados a retrogradação começou em torno de 46,56°C e finaliza com 54,79°C, estando completamente retrogradado. A 'Palmer' registrou a maior temperatura final (54,79°C). Em relação as temperaturas de gelatinização, observa-se que são mais baixas após a retrogradação, indicando que para a gelatinização do amido de manga verde retrogradado é necessária uma menor temperatura em relação ao amido de manga verde nativo.

Todos os amidos retrogradados tiveram baixas variações de temperatura (1,10 a 1,44°C), com diferenças entre estes. Após a retrogradação, a energia necessária para a fusão foi menor, com variações de entalpia (ΔH) de 2,0 a 3,35 ($J.g^{-1}$)

Tabela 23- Retrogradação dos amidos das polpas de diferentes cultivares de manga

Cultivares	Ti (°C)	Tp(°C)	Tf (°C)	ΔT(°C)	ΔH($J.g^{-1}$)	R/%
Bourbon	47,13±0,59^{b}	54,30±0,06^{d}	48,23±0,55^{b}	1,10±0,04^{b}	2,59±0,01^{c}	21,55±1,49^{bc}
Espada vermelha	47,10±0,44^{b}	54,81±0,04^{c}	48,42±0,55^{b}	1,32±0,11^{ab}	2,29±0,06^{d}	19,08±0,40^{cd}
Keitt	46,69±0,04^{b}	54,29±0,03^{b}	47,82±0,06^{b}	1,13±0,02^{ab}	3,00±0,00^{b}	23,89±1,69^{b}
Palmer	53,61±0,27^{a}	54,28±0,03^{d}	54,79±0,16^{a}	1,18±0,11^{ab}	3,35±0,01^{a}	31,53±1,12^{a}
Parwin	46,56±0,25^{b}	54,20±0,01^{d}	48,00±0,44^{b}	1,44±0,19^{a}	2,27±0,00^{d}	17,34±0,34^{d}
Tommy Atkins	46,83±0,19^{b}	56,80±0,05^{a}	48,21±0,33^{b}	1,38±0,14^{ab}	2,00±0,00^{e}	17,79±0,32^{d}

Onde: Ti, Tp, Tf = temperatura inicial, de pico e final; ΔT(variação de temperatura) = Tf-Ti; ΔH = variação de entalpia; R/% (ΔH do amido gelatinização/ ΔH amido retrogradação x 100). Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Todos os resultados foram realizados em duplicata e expressos ± desvio padrão.

Elaborado pela autora.

A variação de entalpia após a retrogradação está relacionada com a capacidade de associação entre a amilose e amilopectina. O amido da ‘Palmer’ apresentou maior ΔH de retrogradação (3,35 $J.g^{-1}$), indicando que a quebra de ligações de pontes de hidrogênio formadas durante o processo ocorreu com maior facilidade em comparação com os demais. Enquanto que ‘Tommy Atkins’ apresentou o menor ΔH (2,00 $J.g^{-1}$).

Os amidos das cultivares Palmer e Keitt apresentaram as maiores porcentagens de taxas de retrogradação, com 31,53% e 23,89%, indicando que boa parte de suas estruturas são capazes de reassociar-se. Os resultados obtidos demonstram que os amidos retrogradados de manga verde precisam de uma temperatura menor e liberação de energia para serem gelatinizados novamente.

Durante o processo de gelatinização e retrogradação ocorrem alterações nos grânulos dos amidos, sendo os principais no comportamento da pasta do amido (YAMANI, 2010). O comportamento de amidos gelatinizados e retrogradados são de grande interesse para pesquisadores na área alimentícia, pois interfere na aceitabilidade, qualidade e durabilidade de vários alimentos constituídos de amido (KARIM, NORZIAH e SEOW, 2000).

4.12 Propriedade de pasta

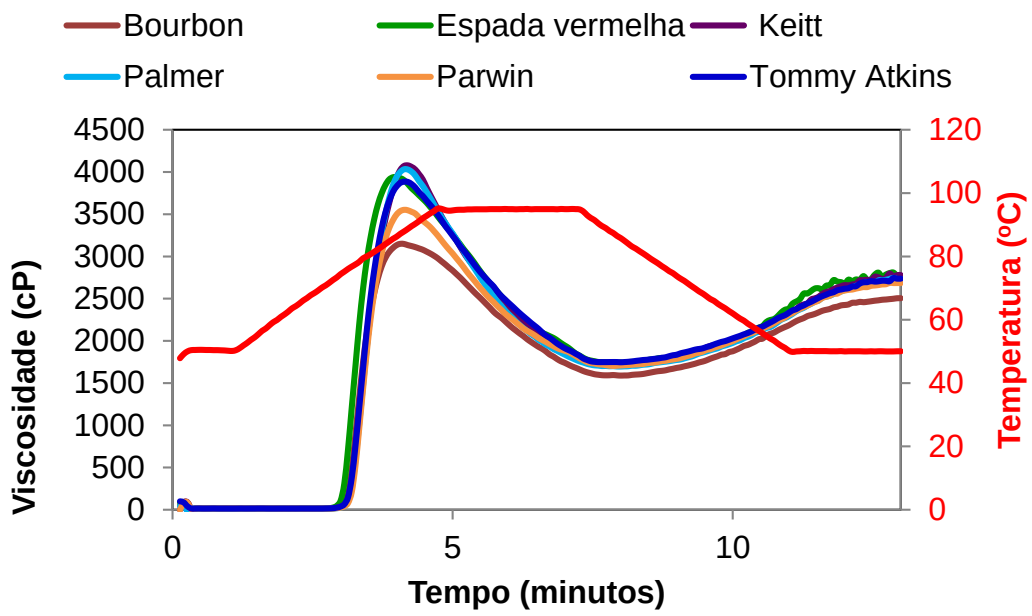
A análise viscosimétrica pode ser utilizada para avaliar a viscosidade do amido por meio de um ciclo de aquecimento e resfriamento (HIGLEY et al., 2003). Normalmente, os parâmetros determinados para análise segundo Sandú e Singh (2007) são: temperatura de pasta; pico de viscosidade ou viscosidade máxima; resistência; quebra da viscosidade; viscosidade final e tendência à retrogradação (*set-back*).

Durante a análise, as curvas obtidas a partir da medição da viscosidade da suspensão do amido refletem os eventos moleculares que acontecem nos grânulos de amido, e permitem uma comparação do comportamento dos amidos durante e após o cozimento (SANDHU E SINGH, 2007). Enquanto o empastamento de um pico de viscosidade é obtido, os grânulos apresentam diversos estados, sendo a maioria totalmente inchados e intactos, enquanto que o alinhamento molecular de qualquer polímero solubilizado ainda não ocorreu (YAMANI, 2010).

Na análise viscosimétrica, durante os 95°C, os grânulos de amido começam a se quebrar ocasionando a solubilização dos polímeros de amilopectina e amilose. Nesta etapa ocorre a quebra seguida da diminuição na viscosidade. Posteriormente, na fase de resfriamento, os polímeros de amilose e amilopectina presente no grânulo começam a se re-associar, e um aumento na viscosidade é registrado. De acordo com Peroni (2003), este segundo aumento da viscosidade é denominado como tendência a retrogradação ou *set-back*.

As propriedades de viscosidade dos amidos obtidos das amêndoas de mangas analisados pelo RVA encontram-se sumarizados na Tabela 24. Na Figura 10, está o perfil viscoamilográfico de cada amido.

Figura 10- Perfil de viscosidade dos amidos obtidos das amêndoas das mangas de diferentes cultivares



Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados apresentam que o pico de viscosidade variam de 3150 a 4081 cP, sendo o amido da 'Keitt' com maiores valores e baixa resistência a aquecimento e agitação referente a quebra da viscosidade (QV), também apresentou maior tendência de retrogradação (TR), possivelmente relacionado ao seu maior teor de amilose. Enquanto, que a cultivar Bourbon apresentou os menores valores de pico de viscosidade (PV), quebra da viscosidade (QV) e tendência de retrogradação (TR). De

acordo com Charles et al. (2005) e Yoo et al. (2009), o maior teor de amilose leva a maior setback.

Tabela 24- Propriedade de pasta dos amidos das amêndoas de diferentes cultivares de manga

Cultivares	Temperatura de Pasta (°C)	Tempo de pico (min)	(cP)			
			PV	QV	VF	TR
Bourbon	74,40	4,10	3.150	1.560	2.505	916
Espada vermelha	72,60	4,00	3.939	2.201	2.768	1.030
Keitt	74,32	4,16	4.081	2.352	2.778	1.048
Palmer	74,65	4,16	4.040	2.344	2.733	1.037
Parwin	74,65	4,16	3.554	1.850	2.685	981
Tommy Atkins	74,37	4,10	3.884	2.140	2.736	1.031

PV= pico de viscosidade; QV= quebra de viscosidade; VF=viscosidade final; TR= tendência a retrogradação.

Fonte: Elaborado pela autora.

Com relação à quebra de viscosidade, a variação observada na análise dos amidos foi de 1560 a 2352 cP, com os amidos de 'Bourbon' e 'Keitt'. A ‘Bourbon’ evidenciou maior valor, significando que tiveram baixa resistência ao calor e agitação.

A viscosidade final dos amidos das amêndoas variaram de 2505 a 2778 cP. A análise de pasta permitiu notar que o amido da cultivar ‘Keitt’ apresentou alta viscosidade final e tendência a retrogradação.

As temperaturas de pasta dos amidos variaram de 72,60ºC a 74,65ºC, com os menores valores observados para a ‘Espada vermelha’ e os maiores para ‘Palmer’ e ‘Parwin. Também mostraram que os amidos são de fácil cozimento, sendo o menor tempo de pico apresentado pela ‘Espada vermelha’ (4,00 min), enquanto que o maior tempo foi apresentado por três cultivares Keitt, Palmer e Parwin com 4,16 min.

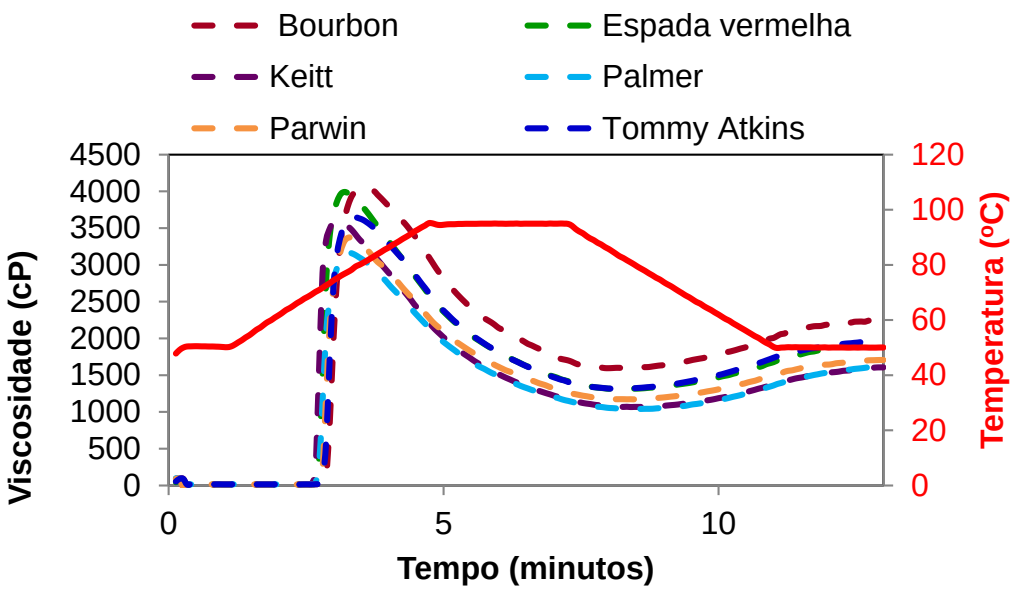
A temperatura de pasta fornecida pelo RVA, indica o primeiro indício do processo de empastamento. As temperaturas obtidas nesse estudo foram superior a observadas pelos amidos nativos e modificados de variedades de mandioquinha-salsa, que apresentaram 58,4°C até 62,5°C e semelhante aos apresentadas para os

amidos de batata-doce 74,18 e 78°C e algumas variedades de batata 71,85°C (MATSUGUMA, 2006; SHARIFFA et al., 2009; TETCHI et al., 2007; KAUR et al., 2009).

Guo et al. (2018), ao trabalhar com amidos de sementes extraídos de cincos frutas, o amido da amêndoa de manga, apresentou os valores menores para o pico de viscosidade (711 cP), tendência a retrogradação (215 cP), e o da lichia os valores mais altos. Esses valores são inferiores ao obtidos nesse estudo, e as diferenças nos resultados dos amidos podem ser devido a morfologia distintas, composição molecular e ao inchaço dos grânulos, respectivamente (SINGH, et al., 2005).

No ramo alimentício, a viscosidade desejável do amido irá variar e depender de acordo com o tipo de alimento. Normalmente amidos com baixa viscosidade vem sendo utilizados na elaboração de sopas prontas, e amidos com alta viscosidade para recheios de tortas (YAMANI, 2010). A Tabela 25, demonstra as propriedades de viscosidade dos amidos extraídos das polpas de mangas analisados pelo RVA. Na Figura 11, está o perfil viscoamilográfico de cada amido.

Figura 11- Perfil de viscosidade dos amidos obtidos das polpas das mangas de diferentes cultivares



Fonte: Elaborado pela autora.

Com base no gráfico, os resultados mostraram que a ‘Bourbon’ se evidenciou das demais variedades, apresentando maiores valores para a viscosidade de pico

(4051 cP), viscosidade final (2256 cP) e tendência a retrogradação (663 cP). Esse resultado pode estar relacionado ao teore de amilose, ou seja, quanto mais baixo o teor de amilose o pico de viscosidade será elevado.

Tabela 25- Propriedade de pasta dos amidos das polpas de diferentes cultivares de manga

Cultivares	Temperatura de Pasta (°C)	Tempo de pico (min)	cP			
			PV	QV	VF	TR
Bourbon	71,82	3,56	4.051	2.458	2.256	663
Espada vermelha	69,82	3,16	3.993	2.679	1.936	622
Keitt	69,42	3,10	3.619	2.553	1.606	540
Palmer	69,82	3,30	3.171	2.132	1.615	576
Parwin	71,07	3,30	3.373	2.205	1.706	538
Tommy Atkins	71,02	3,30	3.648	2.332	1.964	648

PV= pico de viscosidade; QV= quebra de viscosidade; VF=viscosidade final; TR= tendência a retrogradação.

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação as temperaturas de pasta, os amidos apresentaram uma variação de 69,42ºC a 71,82ºC, com os menores valores observados para a ‘Keitt’ e o maior ‘Bourbon’. Também mostraram que os amidos são de fácil cozimento, sendo o menor tempo de pico apresentado pela ‘Keitt’ (3,10 min), enquanto que o maior tempo foi apresentado pela ‘Bourbon’.

Leonel et al. (2011), estudando as propriedades de pasta de amidos de sete genótipos de bananeira relataram uma variação de 185,0 a 460,59 RVU para o pico de viscosidade dos amidos (MESQUITA, 2015). Trabalhos envolvendo amidos de banana verde, exibiram valores superiores de temperaturas de pasta, variando de 75,41ºC a 79,85ºC, conforme a cultivar. As bananas 'Kluai' apresentaram variação de temperatura de pasta de 79,2 °C a 83,2 °C e o amido da banana 'Nanicão' apresentou temperatura de pasta de 71,06 °C e o da banana 'Terra', 74,5 °C (VATANASUCHART et al., 2012; FREITAS e TAVARES, 2005; MESQUITA, 2015).

A propriedade de pasta depende principalmente da rigidez do grânulo do amido, sendo que pode afetar o seu poder de intumescimento e a quantidade de

amilose lixiviada na solução (SANDHU e SINGH, 2007). Entretanto, alguns fatores podem influenciar o comportamento dos amidos como a distribuição do cumprimento das cadeias ramificadas da amilopectina, teores de amilose, conteúdo de fósforo, lipídios, tamanho e concentração dos grânulos e pela temperatura (JANE et al., 1999; PERONI, ROCHA, FRANCO, 2006).

5 CONCLUSÃO

Os rendimentos de extração dos amidos das amêndoas e das polpas são variáveis conforme as cultivares, no qual, o amido da amêndoa ‘Keitt’ e a polpa ‘Bourbon’ evidenciaram maiores valores.

Na composição química e mineral dos amidos extraídos das mangas, os maiores teores de lipídeos, proteínas e açúcares totais foram observado nos amidos isolados das amêndoas. Os amidos isolados da cultivar Bourbon (amêndoas e polpas) destacam-se pelo teor de fósforo.

Os amidos isolados das amêndoas caracterizam-se por grânulos predominantemente ovalados enquanto a polpa esférico. No padrão de difração de raio-x, em ambos amidos foram do Tipo-A, independente da cultivar.

Os cultivares diferiram para os teores de amilose tanto nos amidos isolados das amêndoas quanto da polpa, não exibindo mesmo comportamento na cultivar para as partes analisadas. Os amidos isolados das amêndoas de manga têm temperaturas de gelatinização, variação de temperaturas e entalpias de gelatinização mais elevadas que os amidos isolados da polpa.

O amido da amêndoa ‘Keitt’ apesentou os maiores valores de pico de viscosidade, quebra de viscosidade, viscosidade final e tendência a retrogradação. Por outro lado, nos amidos das polpas, a ‘Bourbon’ apresentou maior temperatura de pasta, PV, VF e maior tendência a retrogradação.

As diferenças observadas para os amidos estudados mostram diferentes potencialidades de aplicações para fins alimentícios e não alimentícios destes, o que pode contribuir para a expansão da agroindustrialização de mangas no Brasil, reduzir o desperdício da fruta e ampliar o mercado de amido não convencional.

REFERÊNCIAS

ADEBOWALE, K. O.; AFOLABI, T. A.; OLUOWOLABI, B. I. Functional, physicochemical and retrogradation properties of sword bean (Canavalia gladiata) acetylated and oxidized starches. **Carbohydrate Polymers**, v.65, p.93-101, 2006.

ADEBOWALE, K. O.; OLU-OWOLABI, B. I.; OLAWUMI, E. K.; OLAYIDE LAWAL, O.S. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch. **Industrial Crops and Products,** n. 21, p. 343–351, 2005.

AGAMA-ACEVEDO, E., NUÑEZ-SANTIAGO, M. C., ALVAREZ-RAMIREZ, J., BELLO-PÉREZ, L. A. Physicochemical, digestibility and structural characteristics of starch isolated from banana cultivars. **Carbohydrate Polymers**, v. 124, p. 17 - 24, 2015.

AGUSTINIANO-OSORNIO, J.C.; GONZÁLEZ-SOTO, R. A.; FLORES- HUICOCHEA, E.; MANRIQUE-QUEVEDO, N.; SANCHEZ-HERNANDEZ, L.; BELLO-PEREZ, L.A. Produção de amido resistente de manga amido usando um struder de parafuso único. J. **Sci. Food Agric**. v. 85, p. 2105–2110, 2005.

AHMAD, F.B.; WILLIAMS, P. A.; DOUBLIER, J. L.; DURAND, S.; BULEON, A. Physico-chemical characterisation of sago starch. **Carbohydr Polym** 38: 361–370, 1999.

AKANBI, T.O.; NAZAMID, S.; ADEBOWALE, A. A. Functional and pasting properties of a tropical breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch from Ile-Ife, Osun State, Nigeria. **International Food Research Journal,** v. 16, p. 151-157, 2009.

AKUBOR, P. I. Proximate composition and selected functional properties of African breadfruit and sweet potato flour blends. **Journal of Plant Foods for Human Nutrition,**v, 51, p. 53-60, 1997.

ALMEIDA, M. C. B. de M. **Estudo para fins industriais das propriedades funcionais do amido nativo e modificado hidrotermicamente, provenientes de banana verde, variedade 'prata'**. 2013. p .112. Tese (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Pombal (PB), 2013.

ALTAY, F.; GUNASEKARAN, S. Influence of drying temperature, water content, and heating rate on gelatinization of corn starches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 54, n. 12, p. 4235-4245, 2006.

ANGGRAINI, V.; SUDARMONOWAT, E.; HARTATI, N. S.; SUURS, L.; VISSER, R. G. F. Characterization of Cassava Starch Attributes of Different Genotypes. **Starch - Stärke**, 6:472-481, 2009.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2019. Santa Cruz do Sul: **Editora Gazeta Santa Cruz**, p. 40, 2019.

AOAC - Associação de químicos analíticos oficiais. **Métodos oficiais de análise.** International. 19. ed. Gaithersburg. Revisão atual 2, 2012.

AROGBA, S. S. Physical, chemical and functional properties of Nigerian mango (Mangifera indica L.) kernel and its processed flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 73, n. 3, p. 321 - 328, 1997.

ASHOUSH, I. S., GADALLAH, M. G. E. Utilization of mango peels and seed kernels powders as sources of phytochemicals in biscuit. **World J. Dairy Food Science**, v. 6, n. 1, p. 35 - 42, 2011.

ATWELL, W.A.; HOOD, L.F.; LINEBACK, D.R. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. **Cereal Foods World**, v.33, n.3, p.306-311, 1998.

BASIAK, E., LENART, A., DEBEAUFORT, F. Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 348 - 356, 2017.

BELLO-PÉREZ, L. A.; APARICIO-SAGUILA, A.; MÉNDEZ-MONTEALVO, G.; SOLORZA-FERIA, J.; FLORES-HUICOCHEA, E. Isolation and Partial characterization of Mango (*Magnifera indica* L.) Starch: Morphological, Physicochemical and Functional Studies. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 60, p. 7–12, 2005.

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Food Science and Technology**, *28*, 571-578, 2008.

BERNARDES-SILVA, A. P. F.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 23, n. 1, p. 116-120, 2003.

BET, C. D. et al. Effect of acid modification on the thermal, morphological and pasting properties of starch from mango kernel (Mangifera indica L.) of Palmer variety**. International Food Research Journal**, [s. l.], v. 24, n. 5, p. 1967–1974, 2017.

BHARTI, I.; SINGH, S.; SAXENA, D. C. Influence of alkali treatment on physicochemical, pasting,morphological and structural properties of mango kernel starches derived from Indian cultivars. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 125, 203–212, 2018.

BILIADERIS, C. G. The structure and interactions of starch with food constituents. **Canadian Journal Physiology Pharmacology**, Birmingham, v. 69, n. 1, p. 60-78. 1991.

BILLMEYER Jr., F. W. Textbook of polymer science. 3rd. ed. **New York: John Wiley & Sons**, 1984.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 3 ed., São Paulo: Livraria Varela, 2003.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à Química dos Alimentos**. 2ed. São Paulo: Varela, p. 223, 1999.

BRASIL. Resolução n. 263, de 22 de setembro de 2005. Altera a Resolução n. 12, de 24 de julho de 1978. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. **Padrões de identidade e qualidade para os alimentos (e bebidas)**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Brasil, set 2005.

CAI, J.; MAN, J.; HUANG, J.; LIU, Q.; WEI, W.; WEI, C. Relationship between structure and functional properties of normal rice starches with different amylose contents. **Carbohydrate Polymers**, v. 125, p.35-44, 2015.

CAVALCANTI, M. T.; SILVA, V. C.; COSTA, T. S.; FLORÊNCIO, I. M.; FLORENTINO, E. R. Obtenção do amido do endocarpo da manga para diversificação produtiva na indústria de alimentos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, p.80-83, 2011.

CAVALLINI, O. F. **Caracterização físico-química do amido e da farinha da fruta-pão (*artocarpus altilis*) e aplicação em pão de forma**. 2015. 109 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo. 2015.

CEREDA, M. P. Agricultura: **tuberosas amiláceas Latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 3, cap. 5, p. 83-99, 2003.

CHARLES, A. L. et al. Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 53, n. 7, p. 2717-2725, 2005.

COOKE, D.; GIDLEY, M. J. Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinization: origin of the enthalpic transition. **Carbohydrate Research**, v. 227, p. 103-112, 1992.

COLONNA, P. et al. Pisum sativum and vicia faba carbohydrates: Part IV — Granular structure of wrinkled pea starch. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 43-59, jan. 1982.

COLONNA, P.; LELOUP, V.; BULÉON, A. Limiting factors of starch hydrolysis. **Eur. J. Clin. Nutr**. 46(2 Suppl): p. 17-32, 1992.

COLUSSI, V. Z.; PINTO, S. L. M.; EL HALAL, B.; BIDUSKI; PRIETTO, L.; CASTILHOS, D. D.; DA ROSA ZAVAREZE, E.; DIAS, A. R. G. Acetylated rice starches films with different levels of amylose: mechanical, water vapor barrier, thermal, and biodegradability properties**, Food Chem.** v. 221, p. 1614–1620, 2017.

CORDEIRO, E. M. S. **Biocompósitos poliméricos obtidos a partir da fração lignocelulósica e amilácea do caroço de manga (mangifera indica), Tommy atkins**. 2013. 68 p. Tese (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - PPGCEM, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2013.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E. S.; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A.A. S.; MATTOSO, L. H. C. Estudo Comparativo de Amidos Termoplásticos Derivadosdo Milho com Diferentes Teores de Amilose. **Polímeros: ciência e tecnologia**, v.15,n. 4, p.268 – 273, 2005.

COPELAND, L.; BLAZEK, J.; SALMAN, H.; TANG, M. C. Form and functionality of starch. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 1527-1534, 2009.

COZZOLINO, S. M. F. **Deficiências de minerais**. Estudos Avançados, v. 21(60), p.119-126, 2007.

CLERICI, M. T. P. S.; KALLMANN, C.; GASPI, F. O. G.; MORGANO, M. A.; MARTINEZ-BUSTOS, F; CHANG, Y. K. Physical, chemical and technological characteristics of Solanum lycocappum A. St. - HILL (Solanaceae) fruit flour and starch. **Food Research International [online]**, v. 44, p. 7, p. 2143-2150, 2011.

DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P.; CARVALHO, L. J. C. B. Características e propriedades do amido extraído de camadas do tecido da raiz de mandioca cv. Mico (Manihot Sculenta Crantz), **Brazilian Journal of Food and Technology**, v.5, p.217-223, 2002.

DE BATISTA, P. F. ; LIMA, M. A. C. DA; TRINDADE, D. C. G.; ALVES, R. E. Quality of different tropical fruit cultivars produced in the lower basin of the São Francisco Valley. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, (1), p.176-184, 2015. DOI:10.1590/S1806-66902015000100021.

DE LIMA, J. R. F. O comportamento das exportações de manga do brasil: janeiro-junho de 2021. **Observatório da Manga – EMBRAPA**, p. 1-13, 2021.

DE OLIVEIRA, A. R. et al. Cultivo da mangueira. Embrapa Semiárido,2004. (Embrapa Semiárido. Sistemas de produção). Disponível em:< https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/111770/1/Cultivo-da-Mangueira-Sistema-de-producao.pdf >. Acesso em: 20 jan. 2022.

DEMIATE, I. M.; WOSIACKI, G.; CZELUSNIAK, C.; NOGUEIRA, A. Determinação de açúcares redutores e totais em alimentos, comparação entre método colorímetro e titulométrico. **UEPG- Ciências exatas e da terra**, p. 65 -78, 2002.

DENARDIN, C.C.; SILVA, L.P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.945-954, 2009.

DIAS, F. T. G. **Obtenção de amidos modificados e sua aplicação na redução de filtrado de fluidos de perfuração de poços de petróleo**. 2014. Tese (Doutorado) IMA, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

DO CARMO, A. S. do; ALMEIDA, J. M. de; HOLANDA, H. D. de. Avaliação sensorial de biscoitos tipos cookies utilizando a farinha de manga Tommy Atkins (*Mangifera indica* L.). **Revista brasileira de agrotecnologia** (BRASIL), v. 7, n. 2, p. 288 – 293, 2017.

EGGLESTON, G.; SWENNEN, R. AKONI, S. Physicochemical studies on starches isolated from plantain cultivars, plantain hybrids and cooking bananas. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 44, p. 121-128. 1992.

ELIASSON, A. C. (ed). **Starch in Food: Structure, Function and Applications**. Boca Raton: CRC Press, p. 156-184, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, p 306, 2006.

ESPINOSA-SOLIS, V.; JAY-LIN, J.; BELLO-PEREZ, L. A. Physicochemical Characteristics of Starches from Unripe Fruits of Mango and Banana. **Wiley-vch verlag gmbh & co**, p. 291–299, 2009.

FALADE, K.O.; AYETIGBO, O.E. Effects of annealing, acid hydrolysis and citric acid modifications on physical and functional properties of starches from four yam (Dioscorea spp.) cultivars. **Food hydrocolloids**, 43(2015): 529-539, 2015.

FEIRA, J. M. C. **Obtenção de polieletrólito polimérico a partir da modificação química de amido de mandioca**. 2010. Tese (Doutorado). Universidade federal do rio grande do sul. 2010.

FERREIRA, S.; ARAUJO, T.; SOUZA, N.; RODRIGUES, L.; LISBOA, H. M.; PASQUALI, M.; TRINDADE, G.; ROCHA, A. P. Physicochemical, morphological and antioxidant properties of spray-dried mango kernel starch**. Journal of Agriculture and Food Research**, v.1, 2019.

FONTES, S. de M. **Caracterização e prospecção tecnológica do amido de banana verde variedade mysore**. 2016. 92 f. Tese (Mestrado Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de ciências e tecnologia agroalimentar programa de pós-graduação em sistemas agroindustriais, Pombal, 2016.

FONTES, R. L. da S. **Extração e caracterização de biopolímeros obtidos a partir do resíduo agroindustrial da manga Ubá (Mangifera Indica L.): Aplicação em filmes alimentícios**. 137 f. 2018. Tese (Doutorado em Ciências de alimentos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

FOWOMOLA, M. A. Some nutrients and antinutrients contents of mango (Magnifera indica) seed. **African Journal of Food Science**. vol.4(8), p. 472 - 476, 2010.

FRANCO, C. M. L.; CEREDA, M. P.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. Campinas: Fundação Cargill, v. 1, 224p, 2001.

FREITAS, M. C. J.; TAVARES, D. de Q. Caracterização do grânulo de amido de bananas (Musa aaa-nanicão e musa aab-terra). **Ciência Tecnológica Alimentos**, Campinas, p.217- 222. abr.-jun. 2005.

GHARIBZAHEDI, S. M. T.; JAFARI, S. M. The importance of minerals in human nutrition: bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation**. Trends in Food Science & Technology**, 62, 119-132, 2017.

GOMES, G. I. G.; BARONA, S. R.; GONZÁLEZ, N. R. S. Preparações de pós instantâneos de farinha de banana verde por processo de extrusão. **Poweder Technology**, v. 353, p. 437-443, 2019.

GOMES, M. A. **Caracterização de filmes comestíveis do amido fosfatado da SwartziaBurchellipara aplicação pós-colheita em tomate cereja**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Goiás, 2014.

GONZÁLEZ, N.M.; GÓMEZ, P.P.; GARCÍA, M.E.R. Effect of the addition of potassium and magnesium ions on the thermal, pasting, and functional properties of plantain starch (*Musa paradisiaca*). **International Journal of Biological Macromolecules**, v.124, p.41–49, 2019.

GUO, K.; LIN, L.; FAN, X.; ZHANG, L.; WEI, C. Comparison of structural and functional properties of starches from five fruit kernels. **Food Chemistry**, p. 75-82, 2018.

HASJIM, J.; LAVAU, G. C.; GIDLEY, M. J.; GILBERT, R. G. In vivo and in vitro starch digestion: are current in vitro techniques adequate? **Biomacromolecules**, 2010.

HASSAN, L. G.; MUHAMMAD, A. B.; ALIYU, R. U.; IDRIS, Z. M. I; IZUAGIE, T.; UMAR, K.J. ; SANI ,N.A. Extraction and Characterisation of Starches from Four Varieties of Mangifera indica Seeds. **Journal of Applied Chemistry**, 3, 16-23, 2013.

HERNÁNDEZ-MEDINA, M.; TORRUCO-UCO, J.G.;CHEL-GUERRERO,L.; BETANCUR-ANCONA, D. Caracterización fisicoquimica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.3, p.718-726, 2008.

HIGLEY, J.S.; LOVE, S.L.; PRICE, W.J.; NELSON, J.E.; HUBER, K.C. The Rapid Visco Analyzer (RVA) as a tool for differentiating potato cultivars on the basis of flour pasting properties. **American Journal of Potato Research**, v.80, p.195-206, 2003.

HOOVER, R. The impact of heat-moisture treatment on molecular structures and properties of starches isolated from different botanical sources. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, l., v. 50, n. 9, p. 835-847, 2010.

HUANG, J.; SCHOLS, A. H.; JIN, V.; SULMANN, E.; VORAGEN, A. G. J. Characterization of differently sized granule fractions of yellow pea, cowpea and

chickpea starches after modification with acetic anhydride and vinyl acetate. **Carbohydrate Polymers**.v 67, p. 11–20, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. **Produção agrícola municipal - PAM**, 2019. Disponível em: < https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 23 fev. 2021.

IZIDORO, D. R. **Influência do pré-tratamento com ultra-som e da secagem nas propriedades químicas, físicas e funcionais do amido de banana verde**. 2011. 201f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

JAHURUL, M. H. A., ZAIDUL, I. S. M., GHAFOOR, K., AL-JUHAIMI, F. Y., NYAM, K. L., NORULAINI, N. A. N., SAHENA, F., OMAR, A. M. Mango (Mangifera indica L.) by-products and their valuable components**: A review. Food Chemistry**, Malásia, v. 183, p. 173 - 180, 2015.

JANE, J.; CHEN, J. -F. Effect of amylose molecular size and amylopectin branch chain length on paste properties of starch. **Cereal Chemistry,** [s.l.], v. 69, n. 1, p. 60-65, 1992.

JANE, J. et al. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, v.76, n.5, p.629-637, 1999.

JANE, J. Current understanding on starch granule structures. **Journal of Applied Glycoscience**, l, v.53, n. 3, p. 205-213, 2006.

KAPTSO, K., NJINTANG, Y., NGUEMTCHOUIN, M., SCHER, J., HOUNHOUIGAN, J., MBOFUNG, C. Physicochemical and micro-structural properties of flours, starch and proteins from two varieties of legumes: Bambara groundnut (Vigna subterranea**). Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 4915 - 4924, 2014.

KARIM, A.; NORZIAH, M. H.; SEOW, C. C. Methods for the study of starch retrogradation. **Food Chemistry**, Whiteknights, v. 71, n. 1, p. 9-36, 2000.

KATZ, J. R.; VAN ITALLIE, T. B. The physical chemistry of starch and bread making all varieties of starch have similar retrogradation spectra. Z Physik Chem, 1, v. 150, p. 90. 1930.

KAUR, M.; SINGH, N.; SANDHU, K. S.; GURAYA, H. S. Physicochemical, morphological, thermal and rheological properties of starches separated from kernels of some Indian mango cultivars (*Mangifera indica L.*). **Food Chemistry**, v. 85, n. 1, p. 131 -140, 2004.

KAUR, M.; SINGH, N.; SANDHU, K. S.; GURAYA, H. S. Physicochemical, thermal and pasting properties of starches separated from different potato cultivars grown at different locations. **Food Chemistry**, v.101, p.643-651, 2006.

KAUR, M.; PUNIA, S.; SANDHU, S.; AHMED, J. Impact of high pressure processing on the rheological, thermal and morphological characteristics of mango kernel starch. International Journal of Biological Macromolecules, v. 140, p.149–155, 2019.

KAWAI, K.; FUKAMI, K.; YAMAMOTO, K. Effect of temperature on gelatinization and retrogradation in high hydrostatic pressure treatment of potato starch–water mixtures. **Carbohydrate Polymers,** [s.l.], v. 87, n. 1, p. 314-321, 2012.

KIM, H. Y., LEE, J. H., KIM, J. Y., LIM, W. J., LIM, S. T. Characterization of nanoparticles prepared by acid hydrolysis of various starches**. Starch-Stärke**, v. 64, n. 5, p. 367 - 373, 2012.

KITTIPHOOM, S. Utilization of mango seed. **International Food Research Journal**, v. 19, Issue 4, p. 1325 - 1335, 2012.

KOBAYASHI, S., SCHUARTZ, S.J., LINEBACK, D.R. Comparison of the structure of amylopectins from different wheat varieties. **Cereal Chemistry**, l, v. 68, n. 2, p. 71-74, 1986.

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.

LAGUNES-DELGADO, C.; AGAMA-ACEVEDO, E.; PATIÑO-RODRÍGUEZ, O.; MARTINEZ, M. M.; BELLO-PÉREZ, L. A. Recovery of mango starch from unripe mango juice. **LWT- Food Science and Technology**, v.153, 2021.

LAWAL, O. S.; ADEBOWALE, K. O. Physicochemical characteristics and thermal properties of chemically modified jack bean (Canavalia ensiformis) starch. **Carbohydrate Polymers**, v.60, p.331-341, 2005.

LAWAL, O. S.; LAPASIN, R.; BELLICH, B.; OLAYIWOLA, T. O.; CESÀRO, A; YOSHIMURA, M., et al. Rheology and functional properties of starches isolated from five improved rice varieties from West Africa. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 1785-1792, 2011.

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.

LEACH, H.W.; McCOWEN, L.D.; SCHOCH, T.J. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v.36, n.6, p.534-544, 1959.

LEÃO, A. L. M.; SANTOS, L. C. Consumo de micronutrientes e excesso de peso: existe relação? **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 15(1), p. 85-95, 2012.

LEMOS, D. M.; S. F. DA SILVA; J. C. B. DE LIMA; F. B. DA SILVA; E. P. DE SOUSA. Parâmetros químicos, físicos e físico-químicos de resíduos da manga.

Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.8, n.2, p.01 – 03. Mossoró – RN, 2013.

LEOBET, J. **Casca de banana (musa cavendishii) como fonte de energia e caracterização do resíduo mineral fixo**. 2016. 101 p. Tese (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.

LEONEL, M.; DO CARMO, E. L.; LEONEL, S.; FRANCO, C. M. L.; CAMPANHA, R. B. Extração e caracterização do amido de diferentes genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Floricultura**, Jaboticabal, v. 33, out, 2011.

LI, L., CHEN, H., WANG, M., LV, X., ZHAO, Y., XIA, L. Development and characterization of irradiated-corn-starch films. **Carbohydrate Polymers**, v. 194, p. 395 - 400, 2018.

LIMA, B. N. B.; CABRAL, T. B.; NETO, R. P. C.; TAVARES, M. I. B; PIERUCCI, A. P. T. Estudo do amido de farinhas comerciais comestíveis. **Polímeros**, vol. 22, n. 5, p. 486- 490. 2012.

LIN, J-H; LII, C-y; CHANG, Y-H. Change of granular and molecular structures of waxy maize and potato starches after treated in alcohols with or without hydrochloric acid. **Carbohydrate Polymers**, v.59, p. 507–515, 2005.

LUO, Z,; ZOU, J.; CHEN, H.; CHENG, W.; FU, X.; XIAO, Z. Synthesis and characterization of amylose–zinc inclusion complexes. **Carbohydrate Polymers**, v.137, p.314–320, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: **Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo**, p. 319, 1997.

MANICA, I. et al. **Manga: tecnologia,produção, pós-colheita, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes, p. 617, 2001.

MARCON, M. J. A. et al. Expansion properties of sour cassava starch (polvilho azedo): variables related to its practical application in bakery. **Starch/Stärke**, l, v. 61, n. 2, p. 716-726, dez. 2009.

MARLES, R. J. Mineral nutrient composition of vegetables, fruits and grains: the context of reports of apparent historical declines. **Journal of Food Composition and Analysis**. v.56, p.93-103, 2017.

MARTINEZ, M. M.; LI, C.; OKONIEWSKA, M.; MUKHERJEE, I.; VELLUCCI, D.; HAMAKER, B. Slowly digestible starch in fully gelatinized material is structurally driven by molecular size and A and B1 chain lengths. **Carbohydrate Polymers**, 197, 531–539, 2018.

MATSUGUMA, L.S. **Caracterização do amido de mandioquinha salsa (Arracacia xanthorrhiza) nativo e modificado por oxidação**. Ponta Grossa, 2006. 112p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Tecnologia de Alimentos - Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2006.

MEDINA, J. C. Cultura. In: MEDINA, J. C. et al. **Manga: da cultura ao processamento e comercialização**. São Paulo; ITAL,p. 9-241 (Serie Frutas Tropicais, 8), 1981.

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. **Caracterização para fins industriais dos amidos nativos e modificados extraídos de amêndoas de sementes de manga, variedade "Tommy Atkins"**. 2011. 66 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2011.

MENDES, M. L. M.; BORA, P. S.; RIBEIRO, A. P. L. 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 InstitutoAdolfo Lutz** (Impresso), v. 71, n. 1, p. 76 - 84, 2012.

MESQUITA, C. B.; LEONEL, M.; FRANCO, C. M. L.; LEONEL, S.; GARCIA, E. L.; SANTOS, T. P. R. Caracterização de amidos de banana obtidos de cultivares cultivadas no Brasil. **Revista Internacional de Macromoléculas Biológicas**, v. 89, p. 632-639, ago., 2016.

MESQUITA, C. de B. **Características físico-químicas de amidos genótipos de bananeiras**. 2014. 87 f. Tese (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

MESQUITA, C. DE B.; GARCIA, E. L.; BOLFARINI, A. C. B.; LEONEL, S.; FRANCO, C. M. L.; LEONEL, M. A fertilização com fosfato altera as características do amido de banana 'Maçã'. **Revista Internacional de Macromoléculas Biológicas**, v. 112, p. 1138- 1145, fev., 2018.

MILLAN-TESTA, C. E., MENDEZ-MONTEALVO, M. G., OTTENHOF, M. A., FARHAT, I. A., & BELLO-PEREZ, L. A.Determination of molecular and structural characteristics of okenia, mango, and banana starches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 495–501, 2005.

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.

MODESTO, J. H. **Produtividade, sazonalidade e análises tecnológicas de frutos de cultivares de mangueira em condições subtropicais**. 2013. 65 f. Tese (Mestrado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

MONTEIRO, A. P. S. **Filmes de amido de amêndoa de manga: influência de nanocristais de amido e celulose.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federa do Ceará, 2017.

MORAIS, R. R. **Produção de etanol pela levedura Saccharomyces bayanus INCQS 40235 a partir do amido de Solanum lycocarpum (lobeira)**. 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

MOURA, W. S. **Extração e caracterização do amido do Hedychium coronarium e elaboração de filmes biodegradáveis**. 2008. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Moleculares – Área de concentração: Físico-química) - Universidade Estadual de Goiás, 2008.

MUCCILLO, R. C. S. T. **Caracterização e Avaliação de Amido Nativo e Modificado de Pinhão Mediante Provas Funcionais e Térmicas**. 156p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MWETA, D.E. et al. Isolation and physicochemical characterisation of starch from cocoyam (Colocasia esculenta) grown in Malawi. **Journal of the Science of Food and Agriculture,** [s.l.], v. 90, n. 11, p. 1886-1896, 2010.

NARA, S.; KOMIYA, T. Studies on the relationship between water-satured state and crystallinity by the diffraction method for moistened potato starch. **Starch/Stärke**, v. 35, p. 407-410. 1983.

NELSON, N. A fotometric adaptaion of Somogyi method for the determination of glucose. **J.Biol.Chen**. , v. 153, p. 375-80, 1944.

NWOKOCHA, M. L., WILLIAMS, A. P. WILLIAMS. Comparative study of physicochemical properties of breadfruit (Artocarpus altilis) and white yam starches**. Carbohydrate Polymers**, p. 294–302, 2011.

NZIKOU, J. M., KIMBONGUILA, A., MATOS, L., LOUMOUAMOU, B., PAMBOU-TOBI, N. P. G., NDANGUI, C. B., ... DESOBRY, S. Extraction and characteristics of seed kernel oil from mango (Mangifera indica). **Research Journal of Environmental and Earth Sciences**, v. 2, n. 1, p. 31 - 35, 2010.

OATES, C.G. Towards and understanding of starch granule structure and hydrolysis. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v. 8, n. 11, p. 375-382, 1997.

OLIVEIRA, A. V. **Filmes bionanocompósitos à base de amido e nanocristais de amido de amêndoa de manga.** 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

OLIVEIRA, G. P. Uso do paclobutrazol na produção de manga. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 7, 2020.

ONIAS, E. A.; CAVALCANTI, M. T. Obtenção e caracterização do amido do endocarpo da manga Tommy Atkins proveniente do resíduo agroindustrial. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil), v 9, n. 5, p. 60 - 63, dez., 2014.

OSUNDAHUNSI, O. F.; MUELLER, R. Functional and dynamic rheological properties ofacetylated starches from two cultivars of cassava. **Starch/Stärke**. v. 63, p. 3-10, 2011.

PATIL, P. D.; GOKHALE, M. V.; CHAVAN, N. S. Mango starch: Its use and future prospects. **Innovare Journal of Food Science**, v.2, p.29-33, 2014.

PATIÑO-RODRÍGUEZ, O.; AGAMA-ACEVEDO, E.; RAMOS-LOPEZ, G.; BELLO-PÉREZ, A. Unripe mango kernel starch: Partial characterization. **Food Hydrocolloids**, 2019.

PEI-LING, L. et al. Effect of high hydrostatic pressure on modified noncrystalline granular starch of starches with different granular type and amylase content. **LWT– Food Science and Technology**, [s.l.], v. 47, p. 450-458, 2012.

PEPE, L. S. **Impacto do tratamento térmico com baixa umidade sobre as características físico-químicas e reológicas de amidos de mandioca, araruta e mandioquinha-salsa**. 2011. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São José do Rio Preto, 2011.

PEREIRA, L. D. **Caracterização do amido nativo e modificação química do amido da fruta-de-lobo (*solanum lycocarpum)* com tripolifosfato de sódio**. 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Moleculares) – Universidade Estadual de Goiás, 2011.

PÉREZ, S.; BERTOFT, E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. **Starch/Stärke**, [s.l.], v. 62, n. 8, p. 389-420, 2010.

PERONI, F.H.G.; ROCHA, T.S.; FRANCO, C.M.L. Some structural and physicochemical characteristics of tuber and root starches. **Food Science and Technology International**, [s.l.], v. 12, n. 6, p. 505-513, dez. 2006.

PERONI, F. H. G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. São José do Rio Preto, 2003. Dissertação – (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), IBILCE – UNESP, 2003.

PINTO, A. C. Q.; COSTA, J. G.; SANTOS, C. A. F. Principais variedades. In: GENÚ, P. J.; PINTO, A. C. Q. A cultura da mangueira. **Brasília: Embrapa informação tecnológica**, p. 93-116, 2002.

PINTO, C. A. Q.; SILVA, D. J.; PINTO, P. A. C. Mangueira. In. Crisostomo, L.A., Naumov, A. (Org) Adubando para alta produtividade e qualidade: Fruteiras tropicais do Brasil. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial **Tropical**, p. 125-145, 2009.

PLANCHOT, V.; COLONNA, P.; GALLANT, D. J.; BOUCHET, B. Extensive degradation of native starch granules by alpha-amylase from Aspergillus fumigatus. **Journal of Cereal Science**, v.21, p.163-171,1995.

PURAVANKARA, D.; BOHGRA, V.; SHARMA, R. S. Effect of antioxidant principles isolated from mango (Mangifera indica L.) seed kernels on oxidative stability of buffalo ghee(butter-fat). **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v 80, p. 522–526, 2000.

PRZETACZEK-ROZNOWSKA,I.; FORTUNA, T.; WODNIAK, M.; LABANOWSKA, M.; PAJAK, P.; KRÓLIKOWSKA, K. Propriedades da fécula de batata tratada com radiação de microondas e enriquecida com aditivos minerais. **Jornal Internacional de Macromoléculas Biológicas**, v. 124. p. 229-234, mar. 2018.

RATNAYAKE, W. S.; HOOVER, R.; WARKENTIN, T. Pea starch: Composition, structure and properties - a review. **Starch/Stärke**, v. 54, p. 2170234. 2002.

RENGSUTTHI, K.; CHAROENREIN, S. Physico-chemical properties of jackfruit seed starch(Artocarpus heterophyllus) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce.**Food Science and Technology**. v 44, p. 1309-1313, 2011.

RIBEIRO, A. P. L**. Estudos dos amidos de mandioca nativo, modificado e modificados combinados por via química para utilização na indústria alimentícia**. 2011. p.111. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba. 2011.

ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. Características estruturais e físico- químicas de amidos de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciên. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 620-628, jul-set. 2008.

ROCHA, T.S., CUNHA, V.A.G., JANE, J., FRANCO, C.M.L. Structural characterization of Peruvian Carrot (Arracacia xanthorrhiza) starch and the effect of annealing on its semicrystalline structure. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, p.4208-4216, 2011

RODRIGUES, A. A. M. Revestimentos e filmes biodegradáveis de diferentes fontes amiláceas: caracterização e aplicação pós- colheita em manga. 2019. 131 f. Tese (Doutorado - Agronomia) - Universidade federal da paraíba centro de ciências agrárias agronomia – Areia, 2019.

ROLLAND-SABATÉ, A.; SÁNCHEZ, T; BULÉON, A.; COLONNA, P.; JAILLAIS, B.; CEBALLOS, H.; DUFOUR, D. Structural characterization of novel cassava starches with low and high-amylose contents in comparison with other commercial sources. **Food Hydrocolloids**, v. 27, n.1, p.161-174, 2012.

SÁ, F. **Avaliação das propriedades funcionais e térmicas do amido da fruta-pão (*Artocarpusaltilis*) nativo e modificado por succinilação e hidrólise ácida**. 2007. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba. JoãoPessoa, 2007.

SAEAURNG, K.; KUAKPETOON, D. A comparative study of mango seed kernel starches and other commercial starches: the contribution of chemical fine structure to granule crystallinity, gelatinization, retrogradation, and pasting properties, **J. Food. Meas. Char.** n. 12, v. 4, p. 2444–2452, 2018.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Resistant starch - a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, p. 1-17. 2006.

SANDHU, K. S.; LIM, S. T. Structural characteristics and in vitro digestibility of Mango kernel starches (*Mangifera indica L.*). **Food Chemistry**, v. 107, Issue 1, p. 92 - 97, 2008.

SANDHU, K. S.; LIM, S. T. Structural characteristics and in vitro digestibility of Mango kernel starches (*Mangifera indica L.*). **Food Chemistry**, v. 107, Issue 1, p. 92 - 97, 2007.

SANDHU, K. S.; SINGH, N. A comparison of native and acid thinned normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 40, p.1527-1536, 2007.

SANTOS, C. N. P. dos. **Elaboração de um estruturado de polpa de manga (Mangifera indica L. cv Tommy Atkins) parcialmente desidratada por osmose**. 2003. 79 p. Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Campinas, 2003.

SCHOCH, T.J. Substâncias gordurosas no amido, In: Whistler RL (ed.) Métodos em carboidratos, v. 04, New York, USA: **Imprensa acadêmica**, p. 56-61/ 101-103, 1964.

SERRANO, P. O.; FRANCO, C. M. L. Modificação hidrotérmica annealing e hidrólise enzimática do amido de mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 3, p. 220-232, jul./set., 2005.

SHAMAI, K.; BIANCO-PELED, H.; SHIMONI, E. Polimorfismo do amido resistente tipo III. **Polímeros de carboidratos**, v.54, p. 363-369, 2003.

SHARIFA, Y.N.; KARIM, A.A.; FAZILAH, A.; ZAIDUL, I.S.M. Enzymatic hydrolysis of granular native and midly heat-treated tapioca and sweet potato starches at sub-gelatinization temperature. **Food Hydrocolloids**, v.23, p.434-440, 2009.

SHARMA, R. et al. X-ray diffraction: a powerful method of characterizing nanomaterials. **Recent Research in Science and Technology**, [s. l.], v. 4, n. 8, p. 77–79, 2012.

SHIN, S.I. et al. Effect of hydrothermal treatment on formation and structural characteristics of slowly digestible non-pasted granular sweet potato starch. **Starch/Stärke**, l, v. 57, n. 9, p. 421-430, set. 2005.

SILVA, A. K. N da.; ABE, S. T. H.; SANTOS, O. V dos. Processing of mangosteen (Garcinia mangostana L.) rind with a view to the nutritional value and anthocyanin. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, 07(02), 1074-1087, 2013.

SILVA, A. C.; SOUZA, A. P.; LEONEL, S.; SOUZA, M. E.; RAMOS, D. P.; TANAKA, A. A. Growth and flowering of five mango cultivar under subtropics conditions of Brazil. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 03, p. 393, 2014.

SILVA, A. P. M.; OLIVEIRA, A. V.; PONTES, S. M.; PEREIRA, A. L.; ROSA, M. F.; AZEREDO, H. M. Mango kernel starch films as affected by starch nanocrystals and cellulose nanocrystals, **Carbohydr. Polym**. n. 211, p. 209–216, 2019.

SILVA, G. A. S.; CAVALCANTI, M. T.; ALMEIDA, M. C. B. de M.; ARAÚJO, A. dos S.; CHINELATE, G. C. B.; FLORENTINO, E. R. Utilização do amido da amêndoa da manga Tommy Atkins como espessante em bebida láctea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1326–1332, 2013.

SILVA, I. R. A. **Caracterização do extrato amiláceo nativo e modificado quimicamente da semente de abacate (Persea americana Mill)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Química e Bioquímica de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

SILVA, P. R. N. da.; VIANA, E. de S.; FERNANDES, J. C.; JESUS, J. L. de.; REIS, R. C.Avaliação dos atributos de qualidade do amido de plátanos. **10ª Jornada Científica – Embrapa Mandioca e Fruticultura**, p. 101, 2016.

SINGH, J.; SINGH, N. Studies on the morphological, thermal and rheological properties of starch separated from some Indian potato cultivars. **Food Chemistry**, v.75, p.67-77, 2001.

SINGH, N. et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 81, n. 2, p. 219–231, 2003.

SINGH, N.; CHAWLA, D.; SINGH, J. Influence of acetic anhydrife on physicochemical, morphological and thermal properties of corn and potato starch. **Food Chemistry**. v 86, p.601-608, 2004.

SINGH, N.; KAUR, L.; EZEKIEL, R.; GURAYA, H. S. Microstructural, cooking and textural characteristics of potato (Solanum tuberosum L.) tubers in relation to physicochemical and functional properties of their flours. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 1275-1284, 2005.

SINGH, N., SINGH, J., KAUR, L., SODHI, N. S., GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. Food Chemistry, v. 81, p. 219 - 231, 2009.

SIVAKUMAR, D.;JIANG, Y.; YAHIA, E. M. Maintaining mango (*Mangifera indica L.*) 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.

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.

SOMOGY, M. **Determinação de açúcar no sangue**. J. Biol. Chem., n.160, p. 69 – 73, 1945.

SONTHALIA, M. , SIKDAR , D. C. Production of starch of mango (Mangifera indica L.) seed kernel and its characterization. **International Journal of Technical Research and Applications**. 3, 346-349, 2015.

SOUZA- ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioquinha-salsa (Arracacia xanthorrhiza). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 28(3): 620-628, jul.-set. 2008.

SOUZA, R. C. R.; ANDRADE, C. T. Investigação dos Processos de Gelatinização e Extrusão de Amido de Milho. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 24-30, 2000.

SZYMÓNSKA, J.; MOLENDA, M.; WIECZOREK, J. Study of quantitative interactions of potato and corn starch granules with ions in diluted solutions of heavy metal salts. **Carbohydrate Polymers**, v.134, p.102–109, 2015.

TAGLIAPIETRA, B. L.; FELISBERTO, M. H. F.; SANCHES, E. A.; CAMPELO, P. H.; CLERICI, M. T. P. S. Non-conventional starch sources. **Current Opinion in Food** Science, p. 93–102, 2021.

TESTER, R. F., KARKALAS, J., QI, X. Starch–Composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, n. 2, p. 151-165. mar. 2004.

TETCHI, F.A.; ROLLAND-SABATÉ, A.; AMANI, G.N.;COLONNA, P. Molecular and physicochemical characterization of starches from yam, cocoyam, cassava, sweet potato and ginger produced in the Ivory Coast. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, p.1906-1916, 2007.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. Practical Guide for Food Industry In: Starches. Minnesota: Eagan Press,30p,1999.

THORY, R.; SANDHU, K. S. A Comparison of mango kernel starch with a novel starch from litchi (Litchi chinensis) kernel: Physicochemical, morphological, pasting, and rheological properties. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. 4, p. 911-921, 2017.

TONGDANG, T. Some properties of starch extracted from three Thai aromatic fruit seeds .**Starch/Stärke**. v 60, p. 199–207, 2008.

TONIN, I. P.; FERRARI, C. C.; SILVA, M. G. da; OLIVEIRA, K. L. de; BERTO, M. I.; SILVA, V. M. da; GERMER S. P. M. Performance of different process additives on the properties of mango powder obtained by drum drying. **Drying Technology**, v. 36, p. 355-365, 2018.

TORRES-LEÓN, C. et al. Mango seed: functional and nutritional properties. **Trends in Food Science and Technology**, 55(2016): 109-117, 2016.

TORRE-GUTIÉRREZ, L.; CHEL-GUERRERO, L. S.; BETANCUR-ANCONA, D. Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. **Food Chemistry**, n. 106, p. 1138-1144. 2008.

VALENÇA, A. W., BAKE, A., BROUWER, I. D.; GILLER, K. E. Agronomic biofortification of crops to fight hidden hunger in sub-Saharan Africa**. Global Food Security**, 12, 8-14, 2017.

VAMADEVAN, V.; BERTOFT, E. Impact of different structural types of amylopectin on retrogradation. **Food Hydrocolloids,** 80, 88–96, 2018.

VAMADEVAN, V.; BERTOFT, E. Structure-function relationships of starch components. Starch Staerke, 67(1–2), 55–68, 2015.

VATANASUCHART, N.; NIYOMWIT, B.; WONGKRAJANG, K. Resistant starch content, in vitro starch digestibility and physico-chemical properties of flour and starch from Thai bananas. **Maejo Int. J. Sci. Technol.**, v. 6, n. 2, p. 259-271. 2012.

VIDAL, F. Fruticultura na área de atuação do BNB: produção, mercado e perspectivas. **Caderno Setorial: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE**, ano 5, nº 136, p. 1-9, out., 2020.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, v.35, n.4, p.974-980, 2005.

WALISZEWSKI, K.N.; APARICIO, M.A.; BELLO, L.A.; MONROY, J.A. Changes of banana starch by chemical and physical modification. **Carbohydrate Polymers**. v 52, p. 237–242, 2003.

WANG, S. J.; COPELAND, L. Molecular disassembly of starch granules during gelatinization and its effect on starch digestibility: a review. **Food Function**, l, v. 4, n. 11, p. 1564–1580, 2013.

WANG, Y. J; WHITE, P., POLLAK, L. Physicochemical properties of starches from mutant genotypes of the Inbred line. **Cereal Chemistry**, v. 70, n.2, p. 199-203, 1994.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físicoquímica, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e

com alto teor de amilose. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p.748-753, out./dez., 2009.

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.

YAMANI, B. V. **Caracterização físico-química e funcional de amido de tuberosas originárias da América do Sul: oca (*Oxalis tuberosa* Molina), olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) e mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz e Pavón)**. 2010. 60 p. Dissertação (Mestre em Ciência dos alimentos) – Universidade de São Paulo, 2010.

YOO, S.; JANE, J. Molecular weights and gyration radii of amylopectins determined by high-performance size-exclusion chromatography equipped with multi-angle laser-light scattering and refractive index detectors. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 49, n. 3, p. 307-314, 2002.

YOO, S. et al. Molecular structure of selected tuber and root starches and effect of amylopectin structure on their physical properties**. Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 57, n. 4, p.1556-1564, 2009.

YU, H.; CHENG, L.; YIN, J.; et al. Structure and physicochemical properties of starches in lotus (Nelumbo nucifera Gaertn.) rhizome. **Food Science & Nutrition**. 2013.

ZENG, M.; MORRIS, C.F.; BATEY, I.L.; WRIGLEY, C.W. Sources of variation for starch gelatinization, pasting and gelation properties in wheat. **Cereal Chemistry**, v.74, n.1, p.63-71, 1997.

ZHANG, Z. et al. Sonication enhanced cornstarch separation. **Starch/Stärke**, v57, n.6, p.240-245, 2005.

ZHANG, P.; HAMAKER, B. R. Estrutura e digestibilidade de amido de banana. **Polímeros de carboidratos**, v. 87, p. 1552–1558, 2012.

ZHANG, Y.; ZHU, K.; HE, S.; TAN, L.; KONG, X. Characterizations of high purity of starches isolated from five different jackfruit cultivars. **Food Hydrocolloids**, 52, 785–794, 2016.

ZHANG, T.; LI, B.; XU, F.; HE, S.; ZHANG, Y.; SUN, L.; TAN, L. Jackfruit starch: composition, structure, functional properties, modifications and applications, **Trends Food Sci**. Technol. v.107, p. 268–283, 2020.

ZHU, F. Impact of ultrasound on structure, physicochemical properties, modifications, and applications of starch. **Trends in Food Science & Technology**, 2015.

ZHU, F. Modifications of starch by electric field based techniques. **Trends in Food Science & Technology**, v. 75, p. 158–169, 2020.

ZHU, R.Comparison of physicochemical properties of oca (Oxalis tuberosa), potato, and maize starches, **Int. J. Biol. Macromol**. v.148, p.601–607, 2020.

ZOBEL, H. F. Molecules to Granules: A Comprehensive Starch Review. **Starch/Stärke**, l, v. 40, n. 2, p.44-50, 1988.

ZONG-QIANG FU; LI-JUN WANG; DONG LI; BENU ADHIKARI. Effects of partial gelatinization on structure and thermal properties of corn starch after spray drying. **Carbohydrate Polymers**, v. 88, p. 1319-1325. 2012.