



Universidade Federal da Bahia
Faculdade de Farmácia
Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA E TECNOLÓGICA DO
AMIDO DA AMÊNDOA DA SEMENTE DA MANGA (*Mangifera indica* L.)
VARIEDADE TOMMY ATKINS**

JOICIANA CARDOSO ARRUDA DE SOUZA

**Salvador, Bahia
2019**

JOICIANA CARDOSO ARRUDA DE SOUZA

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA E TECNOLÓGICA DO
AMIDO DA AMÊNDOA DA SEMENTE DA MANGA (*Mangifera indica* L.)
VARIEDADE TOMMY ATKINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências de Alimentos da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências de Alimentos.

Orientador: Prof. Renato Souza Cruz
Co-orientador: Profa. Geany Peruch Camilloto

Salvador, Bahia
2019

Cardoso Arruda de Souza, Joiciana
EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA E TECNOLÓGICA DO
/ Joiciana Cardoso Arruda de Souza, Jéssica Franco
Freitas Macena. -- Salvador, 2019.
66 f. : il

Orientador: Renato Souza Cruz.
Coorientador: Geany Peruth Camilloto.
Dissertação (Mestrado - Ciências de Alimentos) --
Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal
da Bahia, 2019.

1. Agroindústria. 2. Resíduo. 3. Amido. 4.
Aditivos. 5. Propriedades de Pasta. I. Franco Freitas
Macena, Jéssica. I. Souza Cruz, Renato. II. Peruth
Camilloto, Geany. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

TERMO DE APROVAÇÃO

JOICIANA CARDOSO ARRUDA DE SOUZA

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA E TECNOLÓGICA DO
AMIDO DA AMÊNDOA DA SEMENTE DA MANGA (*Mangifera indica* L.)
VARIEDADE TOMMY ATKINS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (nível Mestrado Acadêmico) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciência de Alimentos.

Aprovada em 09 de julho de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Renato Souza Cruz
Universidade Estadual de Feira de Santana
Orientador

Dr^a. Cíntia Maria Ariani Fontes
Universidade Estadual de Feira de Santana

Dr. Christiano Vieira Pires
Universidade Federal de São João Del-Rei

*A Deus, pela sua infinita misericórdia.
Aos meus pais, Josafá e Regina
Ao meu esposo Arthur César
Dedico!*

AGRADECIMENTOS

Foi necessária muita fé, dedicação, persistência, coragem e, principalmente, amor e estudo. A todos aqueles que acreditaram e me apoiaram, quero deixar meus sinceros agradecimentos.

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por iluminar sempre o meu caminho com oportunidades, me dando forças para superar os obstáculos e concedendo a graça de alcançar os meus objetivos.

Aos meus pais Josafá e Regina por todo apoio e por me tornarem a pessoa que sou hoje. Ao meu marido Arthur César, pelo amor, compreensão, apoio, estando presente em todos os momentos durante esta jornada, agradeço pelas palavras de conforto e incentivo para que eu pudesse concluir este estudo.

Às minhas amigas e companheiras Rita de Cássia e Jéssica Franco. Rita pelo incentivo apoio sempre. À Jéssica por ter sido minha companheira de estudos e de laboratório nesta jornada onde juntas demos suporte uma a outra. Nossa parceria com certeza tornou essa caminhada mais fácil, mais alegre e mais confiante.... Amigas, muito obrigada, tenho certeza que Deus sabe de todas as coisas quando colocou vocês em minha vida.

Ao meu orientador, Prof^o. Dr. Renato Souza Cruz por ter acreditado no meu potencial, por toda orientação, atenção e apoio, pelos conhecimentos construídos, pela compreensão e por ser este exemplo de pessoa e profissional para mim onde mesmo quando as coisas não estavam indo bem, estava sempre com um sorriso no rosto. Meus sinceros muito obrigada!

À minha co-orientadora Prof^a. Dr. Geany Peruch Camilotto por sempre estar disposta a ajudar e compartilhar seus conhecimentos.

Ao suporte financeiro fornecido pela FAPESB, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos da Universidade Federal da Bahia e a Universidade Estadual de Feira de Santana pela parceria e disponibilidade de laboratório e equipamentos.

Meus sinceros muito obrigada!

"Seja você a mudança que quer ver no mundo"
Mahatma Gandhi

RESUMO

Com grande destaque na economia brasileira, a fruticultura é muito utilizada industrialmente. A agroindústria da manga é uma atividade em expansão no Brasil e produz grande volume de resíduos que não são reaproveitados e que podem ser descartados de forma inadequada no ambiente. Na indústria alimentícia, o amido pode ter aplicabilidade como ingrediente para alterar ou controlar diversas características como textura, aparência, consistência, umidade e estabilidade no *shelflife*. Os objetivos deste estudo foram extrair o amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins e caracterizá-lo quanto suas propriedades tecnológicas, reológicas e físico-químicas e analisar o perfil da textura dos géis de amido quando submetidos a aditivos comumente utilizados na indústria alimentícia. O amido analisado apresentou 53,89% de rendimento de extração, o teor de umidade se apresentou dentro do esperado demonstrando um valor menor que o máximo permitido para as fontes tradicionais de amido, de acordo com a legislação. De acordo com o teor de amilose, o amido analisado foi considerado como amido de alta amilose. A taxa de sinérese foi considerada baixa o que mostrou que o amido possui boa estabilidade. A capacidade do amido absorver óleo foi maior que a de água. A viscosidade máxima encontrada esteve acima que a do milho em 92°C. Os grânulos de amido apresentaram formatos esféricos a elipsoidais irregulares com superfície com ranhuras e tamanhos diferenciados com temperaturas inicial de gelatinização em 75,3°C. O difratograma mostrou que o amido apresentou cristalinidade tipo A com grau de cristalinidade de 54,74%. O poder de intumescimento aumentou com o aumento da temperatura. No perfil de textura (TPA) do gel de amido submetido aos aditivos cloreto de sódio, sacarose e ácido cítrico foi constatado diferença significativa ($p \leq 0,05$) quando comparado com a amostra controle enquanto que quando adicionado de emulsificante não houve diferença significativa em nenhum dos parâmetros analisados (dureza, coesividade e gomosidade). As propriedades do amido indicaram grande potencial para uso em produtos alimentícios principalmente os que requerem baixa taxa de sinérese como pudins e geleias.

Palavras Chave: Agroindústria; Resíduo; Amido; Aditivos; Propriedades de Pasta.

ABSTRACT

With great prominence in the Brazilian economy, fruit farming is widely used industrially. Mango agroindustry is an expanding activity in Brazil and produces a large volume of waste that is not reused and can be disposed of inappropriately in the environment. In the food industry, starch may have applicability as an ingredient to alter or control various characteristics such as texture, appearance, consistency, moisture and *shelflife* stability. The aim of this study were to extract the almond starch from the mango (*Mangifera indica* L.) Tommy Atkins variety and to characterize it as its technological, rheological and physical-chemical properties and to analyze the texture profile of the starch gels when submitted to additives commonly used in the food industry. The analyzed starch presented 53.89% of extraction yield, the moisture content was presented within the expected demonstrating a lower value than the maximum allowed for the traditional sources of starch, according to the legislation. According to the amylose content, the analyzed starch was considered as high amylose starch. The syneresis rate was considered low which showed that the starch has good stability. The starch is ability to absorb oil was greater than that of water. The maximum viscosity found was higher than that of maize at 92°C. The starch granules presented irregular ellipsoidal spherical shapes with surface with grooves and differentiated sizes with initial gelatinization temperatures at 75.3°C. The diffractogram showed that the starch presented type A crystallinity with a degree of crystallinity of 54.74%. The swelling power increased with increasing temperature. A significant difference ($p \leq 0.05$) was observed in the texture profile (TPA) of the starch gel submitted to the additives sodium chloride, sucrose and citric acid when compared to the control sample, whereas when added with emulsifier there was no significant difference in none of the analyzed parameters (hardness, cohesiveness and gumminess). Starch properties indicated great potential for use in food products, especially those requiring a low rate of syneresis such as puddings and jellies.

Keywords: Agroindustry; Residue; Starch; Additions; Folder Properties.

LISTA DE ABREVIACOES, SMBOLOS E SIGLAS

FAPESB – Fundação de Amparo  Pesquisa do Estado da Bahia

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

PI – Poder de Intumescimento

CAA – Capacidade de Absorção de gua

CAO – Capacidade de Absorção de leo

DSC – Differential Scanning Calorimetry

Ti – Temperatura Inicial

Tc – Temperatura de Pico

ΔH – Variação de Entalpia

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

RVA – Rapid Viscosity Analyser

RVU – Viscosidade em Umidade

Cl⁻ – Cloreto

OH⁻ – Hidróxido

TPA – Texture Profile Analysis

UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana

BA – Bahia

RSA – Rendimento do Amido

NaOH – Hidróxido de Sódio

DRX – Difro de Raios - X

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins.
- Figura 2** – Caroço (A) e a amêndoa (B) da Manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins.
- Figura 3** – Representação esquemática do grânulo de amido.
- Figura 4** – Padrões de difração de raio-X dos amidos que apresentam cristalinidade tipo A, B e C.
- Figura 5** – Representação esquemática do polímero de amilose com ligações do tipo α -(1,4).
- Figura 6** – Representação esquemática do polímero de amilopectina com ligações do tipo α - (1,6).
- Figura 7** – A) Classificação das cadeias de amilopectina em tipo A, B e C. B) Estrutura da amilopectina formando as regiões amorfas e cristalinas no grânulo de amido.
- Figura 8** – Fotomicrografias dos amidos de mandioca (A), biri (B), batata (C), araruta (D), mandioquinha-salsa (E) e milho (F).
- Figura 9** – Curva de empastamento típico, obtido em aparelho de RVA apresentando os parâmetros comumente medidos e viscosidade em unidade RVU.
- Figura 10** – Curva típica de deformação obtida na análise por TPA em alimentos sólidos ou semissólidos.
- Figura 11** – Extração do amido da amêndoa do caroço da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins.
- Figura 12** – Análise do perfil de textura do amido da amêndoa do caroço da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins em meio a aditivos.
- Figura 13** – Poder de Intumescimento do grânulo do amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins versus a Temperatura.
- Figura 14** – Tendência à retrogradação do amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins.
- Figura 15** – Capacidade de absorção em água (CAA) e Capacidade de absorção em óleo (CAO) do amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins.
- Figura 16** – Viscoamilograma agregado do amido da amêndoa da manga Tommy Atkins.

Figura 17 – Microscopia em microscópio eletrônico de varredura (MEV) do amido extraído da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) Tommy Atkins – Aumento de 500x (A); 750x (B); 3000x (C); 5000x (D).

Figura 18 – Perfil de DRX dos grânulos de amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Composição química das sementes de amidos de diferentes fontes.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análises físico-químicas do amido da amêndoa da manga.

Tabela 2: Resultados médios do perfil de textura de géis de amido adicionados de diferentes aditivos.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
OBJETIVOS	17
Objetivo Geral	17
Objetivos Específicos	17
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	18
Manga	18
Amido	21
Propriedades tecnológicas do amido	26
<i>Gelatinização</i>	26
<i>Retrogradação</i>	27
<i>Poder de intumescimento (PI)</i>	28
<i>Capacidade de absorção de água (CAA)</i>	28
<i>Capacidade de absorção de óleo (CAO)</i>	28
<i>Transparência da pasta</i>	29
Técnicas de caracterização	29
Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	29
Viscosimetria	31
Aditivos	32
Cloreto de Sódio	32
Sacarose.....	33
Ácido	34
Lipídeo.....	35
Textura	36
MATERIAL E MÉTODOS	37
Material	37
Extração do amido	37
Características Físico-química do amido	39
Características Funcionais	39
<i>Poder de Inchamento (PI)</i>	39
<i>Estabilidade ao congelamento e descongelamento</i>	39
<i>Clareza de Pasta e tendência a retrogradação</i>	40
<i>Capacidade de absorção de água e óleo</i>	40
<i>Viscosidade (RVA)</i>	41
Características Morfológicas	41
<i>Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)</i>	41
<i>Tamanho do grânulo de amido</i>	41
<i>Difração de Raios-X (DRX)</i>	41
Perfil de textura instrumental (TPA)	41
RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56

INTRODUÇÃO

O amido é uma importante fonte de energia na nutrição humana. Considerado a reserva energética dos vegetais podendo ser encontrados em sementes, raízes e tubérculos. Segundo Oliveira Filho e Mancim, (2009), de todos os polissacarídeos, o amido é o único produzido em grânulos (pequenos agregados individuais) que são sintetizados nas células de cada planta adquirindo tamanho e forma de acordo com o sistema biossintético e pelas condições físicas impostas ao tecido. O fato de ser armazenado em grânulos e serem insolúveis em água fria, pode ser considerado de fácil extração. Dessa forma, apresenta diversas aplicações na indústria alimentícia ou na nutrição humana (CORDOBA et al., 2016).

Este polímero consiste essencialmente em dois componentes: amilose e amilopectina. Eles estão ligados por ligações $\alpha - (1,4)$ ligações em cadeias lineares e ramificações formadas por ligações $\alpha - (1,6)$, a proporção entre amilose e amilopectina pode resultar em grânulos de amido com propriedades físico-químicas e funcionais diferenciadas. O amido pode contribuir grandemente para a textura e as propriedades de muitos alimentos e tem várias aplicações indústrias como espessante, estabilizador coloidal, gelificante, retentor de umidade e agente de viscosidade (CORDOBA et al., 2016). Todas essas aplicações industriais estão intimamente ligadas a formação de pasta de uma suspensão de amido quando submetido a uma temperatura. Assim, o comportamento de pasta do amido é um importante fator para utilização industrial devido as mudanças ocorridas no grânulo durante a gelatinização e retrogradação (OLIVEIRA FILHO; MANCIM, 2009).

A manga (*Mangifera indica* L.) pertencente à família *Anacardiaceae* com grande quantidade de polpa e pouca acidez, possui características sensoriais agradáveis ao consumidor como sabor e aroma. Além disso, é a mais produzida e a que apresenta maior participação no volume comercializado no mundo. Na indústria alimentícia, o maior emprego da fruta se dá na forma de suco integral ou polpa congelada, que constitui a matéria-prima para a produção de outros produtos como: doces, geleias, sucos e néctares, além de poder ser adicionada a sorvetes, misturas de sucos, licores dentre outros produtos (MENDES; RIBEIRO; ALMEIDA, 2015).

Onias e Cavalcanti, (2014) citaram que no beneficiamento dos frutos há o descarte da casca e caroço produzindo uma grande quantidade de resíduo orgânico industrial correspondente a 28-43% do peso total da fruta. Atualmente, as questões ambientais, de

sustentabilidade e ecoeficiência têm chamado a atenção para aproveitamento de resíduos agroindustriais como uma potencial fonte de compostos de alto valor agregado que podem ser aplicadas em alimentos.

O fruto da manga é constituído de exocarpo (casca), mesocarpo (polpa comestível) e endocarpo (caroço) e todas essas partes do fruto podem ser aproveitadas industrialmente (ONIAS; CAVALCANTI, 2014). O amido presente na amêndoa da semente da manga pode ser incluído na dieta de monogástricos, incluindo seres humanos, como ingrediente em geleias, doces, sorvetes dentre outros, sem causar efeitos adversos (VIEIRA et al., 2009).

Nesse contexto, novos estudos que caracterizem fontes não convencionais de amido são necessários pois muitos setores alimentícios buscam por utilizar amido nativo em seus produtos que apresente propriedades semelhantes às dos amidos modificados como maior claridade de pasta, resistência a altas temperaturas, a diminuição da viscosidade a baixas temperaturas e maior resistência à acidez.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

A presente pesquisa teve como objetivo extrair o amido de uma fonte não convencional e caracteriza-lo quanto suas propriedades tecnológicas, reológicas e físico-químicas visando sua aplicação como ingrediente na indústria de alimentos.

Objetivo Específicos

- Extrair e caracterizar o amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins;
- Caracterizar o amido quanto a sua composição, morfologia, características físico-químicas, térmicas e tecnológica;
- Analisar o perfil da textura dos géis de amido quando submetidos a aditivos comumente utilizados na indústria alimentícia como: sacarose, cloreto de sódio, emulsificante e ácido cítrico.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins

A fruticultura no Brasil, terceiro maior produtor de frutas no mundo, é um dos segmentos de maior destaque na economia, responde por um volume de produção com cerca de 40 milhões de toneladas, representando 5,7% da produção mundial com calendário de safra ao longo de todo ano. A área colhida de manga no Brasil em 2016 teve produção de 1 milhão de toneladas chegando a uma produtividade de 16,2 toneladas por hectare (ANDRADE, 2012; IBGE, 2016).

A manga (*Mangifera indica* L.) pertencente à família Anacardiaceae, está entre as frutas tropicais de maior expressão econômica no mercado brasileiro e internacional. O fruto é natural do Sul e Sudeste da Ásia, porém, há grandes produções em todo o mundo. É uma fruta subtropical e tropical conhecida popularmente e de grande importância em termos de produção (MENDES; RIBEIRO; ALMEIDA, 2015). Com uma área plantada de 67 mil hectares, o Brasil está entre os nove principais países produtores de manga do mundo, sendo a região Nordeste a principal produtora do país. No mercado interno, a comercialização da manga centraliza-se na variedade norte-americana Tommy Atkins que representa 79% da área plantada no País (CZAIKOSKI, 2016).

Atualmente, a manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins é a mais produzida e a que apresenta maior participação no volume comercializado no mundo, principalmente por sua coloração intensa, produções elevadas e resistência ao transporte a longas distâncias (MENDES; RIBEIRO; ALMEIDA, 2015). Os frutos da variedade “Tommy Atkins” pesam aproximadamente 500g. Possui forma oval-oblonga, de ápice arredondado, com pedúnculo inserido na região central. Apresenta casca grossa, lisa, de cor amarelo-alaranjada, com manchas que podem ser vermelho-claro ou escuro. A polpa é de cor amarelo-escura com textura firme e consistente, possui médio teor de fibras, casca aderente e polpa consistente (LUCENA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2010).

De acordo com a variedade, as amêndoas de seus caroços podem conter cerca de 6,0% de proteínas, 11% de lipídeos, 77% de carboidratos, 2% de fibras e 2% de cinzas, com base em seu peso seco (ZEIN EL-BAGOURY; KASSAB, 2005) e em média cerca de 58% de amido segundo Onias e Cavalvanti (2014).

A manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins está apresentada na Figura 1.



Figura 1 – Imagem ilustrativa da Manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins.

Fonte: OLIVEIRA et al., (2010).

A manga inicialmente produzida no estado de São Paulo foi difundida para o país onde nos polos de agricultura irrigada do Nordeste incorporou o plantio tecnificado, principalmente no Submédio do Vale do São Francisco, nos estados da Bahia e Pernambuco e outras áreas irrigadas no Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Sergipe. Portanto, vários empreendimentos foram instalados na região semiárida nordestina, com plantios comerciais de variedades demandadas pelo mercado externo. Em todas essas áreas, o cultivo da manga chamada "tipo exportação" entrou em fase de franca expansão, tendo como base as cultivares Tommy Atkins, Haden, Palmer, Keitt, Van Dyke, Kent, entre outras (OLIVEIRA et al., 2010).

O cultivo da manga na região semiárida tem destaque no cenário nacional, não apenas pelo volume de produção e expansão da área cultivada, mas, principalmente, pela qualidade da manga produzida e altos rendimentos alcançados (OLIVEIRA et al., 2010). A agroindústria da manga é uma atividade em expansão e produz grande volume de resíduos que não são reaproveitados. Na indústria alimentícia o maior emprego da fruta se dá na forma de polpa, que constitui como matéria-prima para a elaboração de vários produtos como sucos, geleias dentre outros. O fruto da manga é constituído de exocarpo (casca), mesocarpo (polpa comestível) e endocarpo (caroço). Durante o processamento industrial há o descarte do caroço, que junto com a casca, compõe o resíduo correspondente a 28-43% do peso total da fruta (ONIAS; CAVALCANTI, 2014). O caroço e a amêndoa da manga estão apresentados na Figura 2, respectivamente.

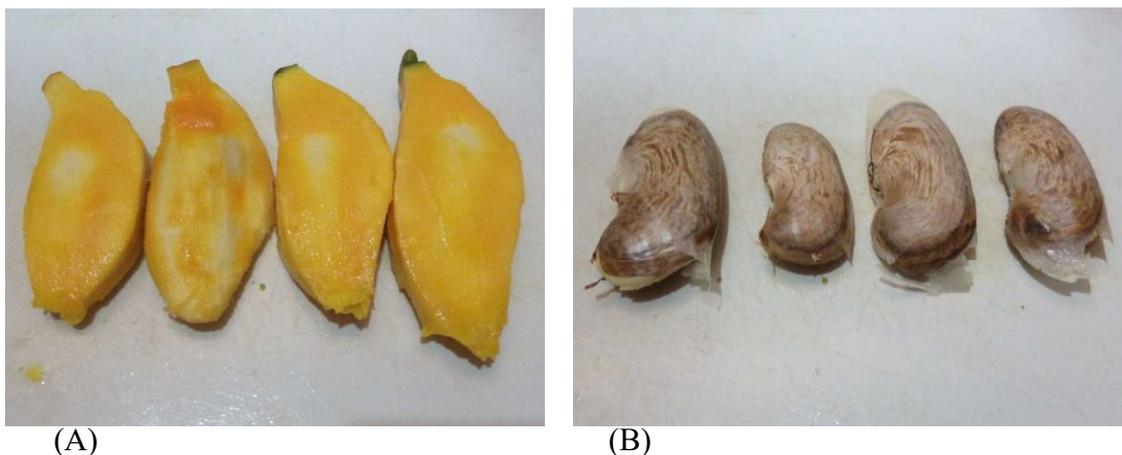


Figura 2 – Imagem ilustrativa que representam o caroço (A) e a amêndoa (B) da Manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins.

Fonte: Acervo próprio.

Diversos estudos foram realizados para o adequado aproveitamento de resíduos orgânicos industriais da manga (MENDES, RIBEIRO, ALMEIDA, 2015; COELHO, VIANA, AZEVÊDO, 2014; ONIAS, CAVALCANTI, 2014; CAVALCANTI et al., 2011; SILVA et al., 2013; MENDES, BORA, RIBEIRO, 2012;), para isso, é necessário o conhecimento dos constituintes com investigações científicas e tecnológicas (VIEIRA et al., 2009).

Vários produtos podem ser desenvolvidos com a utilização de cascas de manga, dentre as pesquisas destacam-se: doces de corte e geleia da casca da manga (DAMIANI et al., 2011); Obtenção de antioxidante natural da casca da manga ubá (HUBER et al., 2012); Bebida energética com a casca da manga e água de coco (SOUSA, 2009). Ainda, destaca-se a farinha da casca da manga rica em fibra alimentar, lipídio, proteína, carotenóides e pectina, podendo ser uma alternativa para elaboração de alimentos (AZEVEDO et al., 2008; COELHO, AZEVEDO, SÁ, 2013). Cavalcanti e seus colaboradores (2011) relataram que o resíduo do processamento da manga é uma potencial fonte de antioxidantes para o uso na indústria de alimentos em substituição aos antioxidantes sintéticos. As amêndoas dos caroços da manga apresentam amido que podem ser utilizados como ingredientes, nas indústrias agroalimentares, os amidos e derivados são utilizados como ingredientes, componentes básicos ou aditivos, adicionados em baixas quantidades, para melhorar a fabricação, apresentação ou conservação do produto (COELHO, VIANA, AZEVÊDO, 2014; MENDES, RIBEIRO, ALMEIDA, 2015).

Amido

O amido é uma fonte energética de grande destaque na alimentação humana, considerado o principal carboidrato de reserva produzidos pelas plantas e consumido pelo homem. O amido é encontrado em sementes, frutos, tubérculos e raízes, sendo armazenado na forma de grânulos insolúveis em água, apresenta facilidade no processo de extração tornando-o único na natureza, com ampla possibilidade de utilização diretamente na dieta humana ou na indústria alimentícia (MENDES; BORA; RIBEIRO, 2012). Os diâmetros dos grânulos de amido podem variar de menor que 1 μm a maior que 100 μm geralmente com formas esféricas, ovoidal, angular ou bastante irregular de acordo com a fonte botânica e grau de maturação da fonte (BERTOLINI, 2010).

Segundo Núñez-Santiago; Bello-Pérez; Tecante (2004), o amido está presente em todas as partes da planta, raiz, caule, fruto e semente. A quantidade de amido varia entre as espécies, por exemplo, nos cereais (milho, trigo, arroz), o conteúdo deste amido varia de 30 a 80%; legumes (feijão, ervilha) de 25 a 50%; tuberosas (batata, mandioca) de 60 a 90%, em base seca, bem como de algumas frutas tropicais como banana verde (acima de 70%), em base seca. Pode também ser encontrado em algas (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

Os grânulos de amido são polímeros normalmente compostos por dois tipos de polissacarídeo: a amilose e a amilopectina. A origem botânica e o grau de maturação da planta determinam a proporção dessas duas macromoléculas (KIM et al., 2012). A funcionalidade do amido se dá de acordo com a proporção das macromoléculas de amilose e amilopectina, assim como a organização física das mesmas dentro da estrutura do grânulo. A relação amilose-amilopectina é um dos fatores mais importantes que afeta as propriedades físico-químicas, o desempenho de processamento e a funcionalidade do amido. (CEREDA, 2001; CHEN et al., 2019).

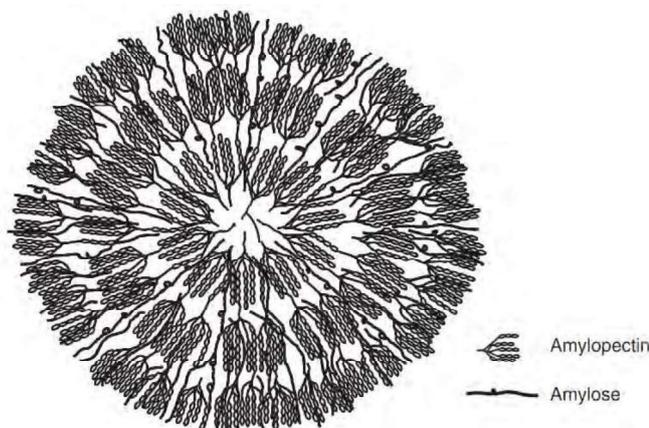


Figura 3 – Representação esquemática do grânulo de amido.

Fonte: Beemiller e Wistler (2009).

Os grânulos de amido são organizados em regiões cristalinas e amorfas (Figura 7 A e B). As cadeias laterais de amilopectina constituem a região cristalina que podem ser caracterizadas em três principais padrões de difrações de raios-X, dos tipos A, B e C. As regiões amorfas são compostas pela amilose e pelos pontos de ramificação. Com isso, a cristalinidade dos grânulos é muito utilizada como diferenciador das fontes botânicas. O grau de cristalinidade é atribuída a amilopectina formada pelas longas cadeias de polissacarídeos do grânulo de amido meio as pontes de hidrogênio (PARKER, RING, 2001; SAJILATA, 2006).

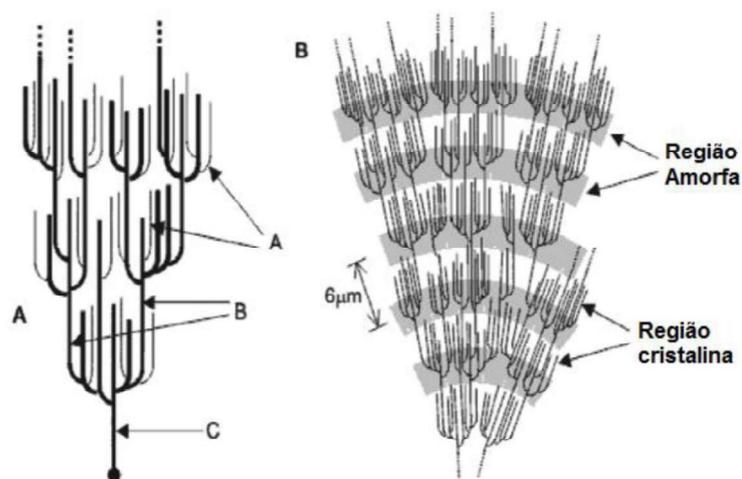


Figura 7 – A) Classificação das cadeias de amilopectina em tipo A, B e C.

B) Estrutura da amilopectina formando as regiões amorfas e cristalinas no grânulo de amido.

Fonte: Traduzido de Denardin; Silva (2008).

A estrutura do tipo A, com picos de intensidade em 2θ : 15, 17, 18, e 23° é mais comum em cereais, tem amilopectina de comprimentos de cadeia de 23 a 29 unidades de glicose, com estrutura helicoidal externa dupla. Nesse tipo de estrutura, as cadeias lineares de amilose são empacotadas formando ligações de hidrogênio com cadeias lineares externas de amilopectina. No padrão de cristalinidade do Tipo B, com picos de intensidade em 2θ : 5,6, 15, 17, 22 e 23° , a estrutura consiste em amilopectina de comprimentos de cadeia de 30 a 44 moléculas de glicose padrão este, sendo mais comum em amidos provenientes de tuberosas, frutas e em amido com alto teor de amilose. Já no Tipo C, a estrutura é composta de amilopectina de comprimentos de cadeia de 26 a 29 moléculas de glicose, uma combinação de tipo A e B com predominância em A, típico de ervilhas e feijões. Uma forma adicional, chamada tipo V, ocorre em grânulos gelatinizados, onde a amilose pode complexar com iodo, dimetil sulfóxido, lipídeos ou álcoois que induzem a formação de hélices simples. Os padrões de difração de raio-X tipo

A, B e C, estão apresentados na Figura 4 (CASTANHA et al., 2018; CHEL-GUERREIRO et al., 2016; BELLO-PÉREZ et al., 2006; SAJILATA et al., 2006).

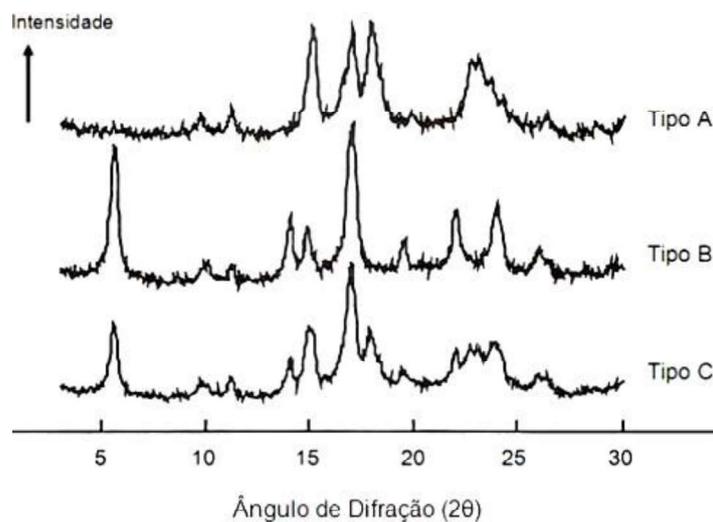


Figura 4 – Imagem ilustrativa dos padrões de difração de raio-X dos amidos que apresentam cristalinidade tipo A, B e C.

Fonte: Bertolini (2000).

As moléculas de amilose e amilopectina não são encontradas livres na natureza, estão presentes apenas como agregados semicristalinos organizados em grânulos de amido. A amilose apresenta papel limitado na formação de cristais, apesar disso pode influenciar a organização das duplas hélices, interferindo na densidade de empacotamento das cadeias de amilopectina. A amilose é um polímero essencialmente linear de glicose unidas de D-glicose unidas por ligações α -glicosídicas α -D-(1,4) e algumas poucas ligações α -1,6, que tendem a assumir um arranjo helicoidal e está principalmente localizada nas regiões amorfas (BERTOLINI, 2010; CHEN et al., 2019; TESTER; KARKALAS, QI, 2004).

As moléculas de amilose (Figura 5) possuem conformação helicoidal e correspondem cerca de 30% do amido, variando de acordo com a sua fonte. De acordo com a quantidade de amilose, os amidos podem ser classificados em diferentes grupos: amidos cerosos, que contêm pequenas quantidades de amilose (cerca de 1%), amidos normais, que contêm entre 17 e 24% de amilose, e amido de alta amilose, com 70% ou mais deste polímero (BELLO- PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006). As cadeias de amiloses apresentam estrutura linear e por isso encontram-se mais disponíveis para reassociar-se, ocorrendo maior perda de água (aumento da sinérese) no produto. Isso mostra que a amilose tem influência direta no processo de retrogradação do amido,

portanto quanto maior o teor de amilose mais rápido ocorrerá o processo de retrogradação. (DENARDIN; SILVA, 2008).

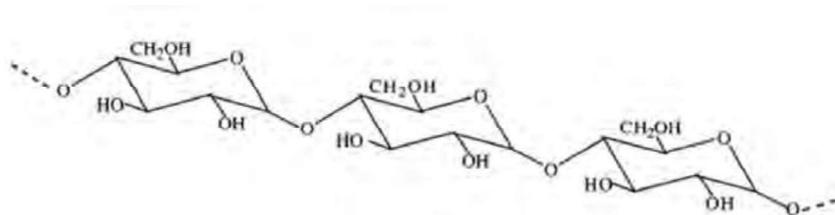


Figura 5 – Representação esquemática do polímero de amilose com ligações do tipo α -(1,4).

Fonte: Muralikrishna e Nirmala, (2005).

Estudos relatam que a funcionalidade do amido é influenciada pelo teor de amilose, assim como o comprimento das cadeias de amilopectina, tamanho e distribuição dos grânulos e teor de fósforo (TAKIZAWA et al., 2004; HUANG et al., 2015). O teor de amilose e as características das partículas e microestrutura dos grânulos podem determinar se o amido poderá ser utilizado na indústria alimentícia como agente estabilizante (MADRUGA et al., 2014), gelificante (DUTTA et al., 2011) e/ou espessante (RENGSUTTHI; CHAROENREIN, 2011), por exemplo.

A amilopectina (Figura 6) possui uma estrutura altamente ramificada, sendo a estrutura responsável pela cristalinidade dos grânulos de amido. Considerada a mais importante das duas frações, a amilopectina sozinha pode formar o grânulo, como ocorre em grânulos mutantes que são desprovidos de amilose (TESTER; KARKALAS; QI, 2004). A amilopectina é um polímero de estrutura ramificada formada por unidades de D-glicose unidas por ligações α -D-(1,4) e segmentos contendo D-glicose com ramificações nas ligações α -D-(1,6) (BERTOLINI, 2010).

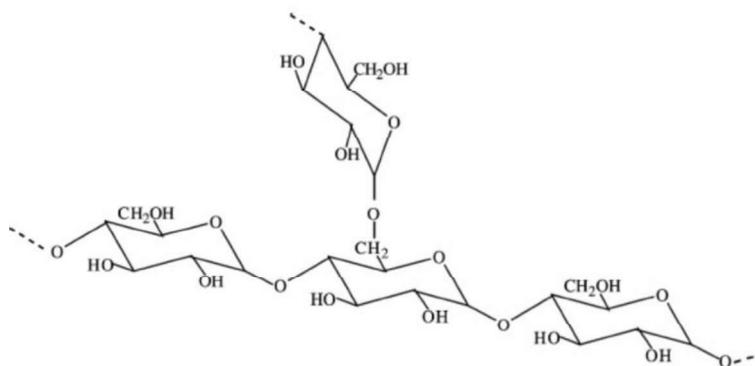


Figura 6 – Representação esquemática do polímero de amilopectina com ligações do tipo α -(1,6).

Fonte: Muralikrishna e Nirmala, (2005).

A organização das cadeias de amilopectina (Figura 7 A) é baseada na identificação das cadeias A, B e C. As cadeias A são ligadas nas cadeias B ou C pelo grupo terminal redutor por ligações α -(1,6), entretanto delas não saem ramificações. As cadeias B são ligadas em outra cadeia B ou C, e delas ramificam outras cadeias A ou B. Cada molécula de amilopectina tem apenas uma cadeia C, que possui o único grupo terminal redutor da molécula (VANDEPUTTE; DELCOUR, 2004; DENARDIN; SILVA, 2008; JANE, 2009).

O amido apresenta características físico-químicas superiores quando comparado com outros carboidratos. Os fatores físico-químicos e funcionais do amido estão relacionados às características estruturais do grânulo as quais dependem da fonte botânica, do local e das condições de crescimento, dentre outras (BATISTA et al., 2010). No Quadro 1 são apresentadas a composição química de amidos de diferentes fontes botânicas.

Quadro 1: Dados da composição físico-química de amidos de diferentes fontes.

ORIGEM BOTÂNICA	PROTEÍNA	CINZAS	UMIDADE	AMILOSE	LIPÍDIOS
Trigo Australiano	0,25	0,15	10,70	30,80	-
Cevada	0,10	0,20	-	36,10	0,70
Milho	0,48	0,10	11,80	25,00	0,75
Aveia	0,53	0,03	9,40	25,40	0,73
Banana	-	0,02	9,80	-	0,09
Arroz	0,49	0,33	10,90	24,00	0,89
Sorgo	2,11	1,47	5,30	16,03	0,85

Fonte: Adaptado de Bello-Pérez et al., (2006).

A indústria alimentícia sé a maior consumidora de amido, entretanto as indústrias química e têxtil também utilizam este polímero em seus processos industriais devido a suas propriedades físico-químicas e funcionais exclusivas (FRANCO; DEMIATE; ROCHA, 2008). Este constituinte contribui consideravelmente para as propriedades de textura de muitos alimentos e tem várias aplicações industriais, como espessante, estabilizante coloidal, geleificante, agente de volume, retentor de água e agente de viscosidade (MENDES; BORA; RIBEIRO, 2012). Cavalcanti e colaboradores, (2011) em seus estudos citaram que as propriedades espessantes e geleificantes do amido são os principais motivos da utilização do mesmo em produtos industrializados devido a sua capacidade de regular e estabilizar textura.

A utilização de amidos na forma nativa na indústria pode apresentar algumas limitações que os tornam menos adequados para a diversidade de aplicações requeridas no processamento de alimentos. A inadequação das propriedades aos fins propostos, além da elevada tendência à separação de fases após a gelatinização, decorrente da reassociação das moléculas, com exsudação da água de hidratação durante o armazenamento (retrogradação e sinérese) são aspectos indesejáveis na indústria alimentícia (BARTZ et al., 2012). Em muitos casos, o amido utilizado tem que ser modificado (química, física, enzimaticamente) antes de sua utilização, com o objetivo de melhorar e aperfeiçoar as propriedades físicas do polímero em consonância com a sua aplicação específica (BERTOLINI, 2010). Visando superar essas deficiências, muitos estudos têm sido necessários para que se encontre um amido nativo de fonte não convencional que forneça características semelhantes às dos amidos modificados.

Propriedades tecnológicas do amido

Devido às suas características tecnológicas, o amido tem sido objeto de muita pesquisa e ampla aplicação na indústria alimentícia. As propriedades térmicas dos amidos contribuem para a determinação de sua funcionalidade específica podendo ser direcionados para a melhoria de processos. Altas temperaturas são frequentemente empregadas no processamento industrial de amido, o que pode alterar a orientação e / ou a intensidade das ligações de hidrogênio dentro dos grânulos. Assim, o estudo térmico desses produtos é interessante, pois fornece mais informações sobre o comportamento do amido quando exposto ao aquecimento (BET et al., 2018).

Gelatinização

Quando os grânulos de amido entram em contato com a água fria, ligeiramente incham (10 à 20%) devido à difusão e absorção de água nas regiões amorfas, processo considerado reversível pela secagem. No entanto, quando os grânulos são aquecidos em água, eles incham irreversivelmente num fenômeno denominado gelatinização (DENARDIN; SILVA, 2008). A gelatinização do amido é tida como o colapso e a desintegração da ordem molecular dos grânulos devido à quebra da estrutura cristalina, e conduz a modificações irreversíveis nas suas propriedades, tais como o inchamento do grânulo, a fusão da estrutura cristalina, a perda de birrefringência e a solubilização do amido. O tipo de amido, a concentração da dispersão, a temperatura utilizada e a intensidade de cisalhamento durante o aquecimento são fatores determinantes para a

gelatinização dos grânulos e a consequente formação de pasta. O tamanho do grânulo de amido também afeta a gelatinização pois quanto maior o grânulo, maior seu poder de hidratação (BARTZ et al., 2012; RICÓN; PADILHA, 2004).

Os grânulos de amido estão completamente gelatinizados quando atingem a temperatura de gelatinização, que ocorre numa faixa de temperatura devido à perda gradativa da birrefringência, iniciando no momento em que a perda de birrefringência é primeiramente notada, até o momento onde menos de 10% da birrefringência permanece (BERTOLINI, 2010; ROCHA; DEMIATE; FRANCO, 2008). Já o fim da gelatinização ocorre com um conjunto de mudanças que envolvem a ruptura da estrutura granular, o inchamento, a hidratação e a solubilização das moléculas de amido (DENARDIN; SILVA, 2008).

A estrutura molecular da amilopectina pode controlar, em parte, as propriedades de inchamento e gelatinização do grânulo devido a fatores como: comprimento da cadeia, extensão da ramificação e peso molecular. Outros fatores como a proporção de amilose: amilopectina e a arquitetura granular (proporção de regiões cristalinas e amorfas) também devem ser levados em consideração (DENARDIN; SILVA, 2008). Quando a temperatura do amido atinge entre 60 e 70°C, os grânulos insolúveis são rompidos pela energia fornecida. A energia necessária para que ocorra o rompimento das ligações de hidrogênio é denominada entalpia de gelatinização (ΔH_{gel}) (TESTER; KARKALAS; QI, 2004). Esse parâmetro fornece uma medida total da qualidade e quantidade de cristalinidade sendo também um indicador da perda da ordem molecular dentro do grânulo (SINGH et al., 2003).

Retrogradação

A pasta de amido após a gelatinização não apresenta estabilidade e quando submetida ao resfriamento e armazenamento, o amido gelatinizado pode sofrer um processo denominado retrogradação. Neste processo, as moléculas de amido vão perdendo energia com o passar do tempo e com isso, as ligações de hidrogênio tornam-se mais fortes, assim, as cadeias começam a se reassociar num estado mais ordenado. O gel de amido vai tornando mais opaco à medida que a retrogradação se processa devido a formação de zonas de junção entre as moléculas que formam áreas cristalinas que alteram o índice de refração (DENARDIN; SILVA, 2008). Como resultado do processo de reassociação das moléculas de amilose, tem-se a sinérese. A sinérese dos géis de amido

é determinada pela quantidade de água liberada pelo sistema durante o armazenamento (SODHI; SINGH, 2003).

Durante o processo de retrogradação, a amilose e a amilopectina possuem características cineticamente diferentes. A amilose retrograda mais rapidamente devido a sua estrutura linear que facilita uma reassociação com amiloses adjacentes, formando estruturas cristalinas de duplas hélices. Com isso, amidos com alto teor de amilose possuem maior disposição para retrogradação (PARKER; RING, 2001; THARANATHAN, 2002).

Em contrapartida, a amilopectina retrograda em uma taxa muito menor durante um longo período de tempo devido as ramificações das cadeias e, além disso, a estabilidade dos cristais é menor do que da amilose (KARIM; NORZIAN; SEOW, 2000). É possível que a tendência a retrogradação seja minimizada através de modificações químicas. Com a introdução de grupos iônicos como fosfatos ou hidrofóbicos como acetil ou propionil nas unidades de glicose impedem a associação de moléculas de amido inibindo a retrogradação (GERMANI, 2008).

Poder de intumescimento (PI)

Singh et al., (2003) em seu estudo relataram que, quando ocorre o aquecimento das moléculas de amido em excesso de água, a estrutura cristalina é rompida, e conseqüentemente as moléculas de água formam pontes de hidrogênio entre a amilose e amilopectina, expondo seus grupos hidroxil, causando um aumento no intumescimento do grânulo. Esse poder de intumescimento varia de acordo com a fonte do amido, fornecendo evidências da interação entre as cadeias de amido dentro dos domínios amorfos e cristalinos. Pode-se dizer que, o poder de intumescimento (PI) é um parâmetro que compara a massa do grânulo intumescido, em uma certa temperatura, com a massa do grânulo seco (CEREDA, 2001).

Capacidade de absorção de água (CAA) e Capacidade de absorção de óleo (CAO)

A capacidade de absorção de água está relacionada com o intumescimento dos grânulos de amido e tem relação com a viscosidade de pasta a frio onde os grânulos de amido danificados absorvem água à temperatura ambiente e incham, resultando num incremento da viscosidade. As capacidades de absorver e reter água e óleo podem melhorar a textura e retenção de sabor, no entanto a avaliação desses atributos podem

ajudar a reduzir perdas por umidade dos produtos (MASSOLA; BIANCHINI, 2019; CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002).

Os grânulos de amido incham ligeiramente (10-20%) em contato com água fria, devido à difusão e absorção de água nas regiões amorfas (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006). Segundo Mohamed et al. (1998) os seus estudos mostraram que a absorção de óleo aumenta linearmente com o teor de amilopectina no amido. Enquanto que o teor de amilose, aumentou na interação entre os polissacarídeos e reduziu na absorção de óleo.

Transparência de Pasta

A claridade de pasta é um parâmetro importante para a utilização do amido na indústria alimentícia, pois a depender da empregabilidade, a característica de transparência ou opacidade pode ser desejável ou não dependendo do produto a ser produzido. Amidos com grandes tendências a retrogradação produzem pastas opacas devido a compactação das moléculas que dificultam a passagem da luz (MATSUGUMA, 2009).

A presença de cadeias relativamente curtas de amilose e amilopectina adiciona opacidade às suspensões de amido e alimentos que as contêm. Em produtos como pudins, essa opacidade é uma vantagem; no entanto em geléias e recheios de frutas requerem suspensões de amido com alta clareza. A transparência da pasta é comumente determinada pela porcentagem de transmitância de uma solução diluída de amido (1% p / p) em um comprimento de onda de 650 nm (ALCÁZAR-ALAY; MEIRELES, 2015).

Técnicas de Caracterização

Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura fornece informações características da morfologia do material pela captação de imagem tridimensional das amostras fornecendo parâmetros como tamanho e formato dos grânulos de amido. O tamanho dos grânulos de amido pode variar em uma escala de alguns milímetros a frações micrométricas onde diferentes formas podem ser encontradas, ambos dependentes da sua fonte botânica. A utilização da MEV depende do objetivo de cada observação pois esta análise permite observações diretas das estruturas poliméricas sendo a principal vantagem o método simples de preparação na maioria dos casos. (COULTATE, 2004; DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

O tamanho e forma dos grânulos de amido variam de acordo com a espécie (Figura 8), já a distribuição de tamanho varia de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta. Esta análise fornece informações sobre a origem dos amidos contribuindo assim para sua caracterização. Grânulos de amidos nativos podem ser reconhecidos pela forma, tamanho e posição do hilo (FRANCO et al., 2001). Parâmetros como: composição do amido, propriedades de pasta, suscetibilidade enzimática, gelatinização, propriedade de inchamento e cristalinidade e características de cozimento, são todos afetados pelo tamanho do grânulo (LINDEBOOM; CHANG; TYLER, 2004).

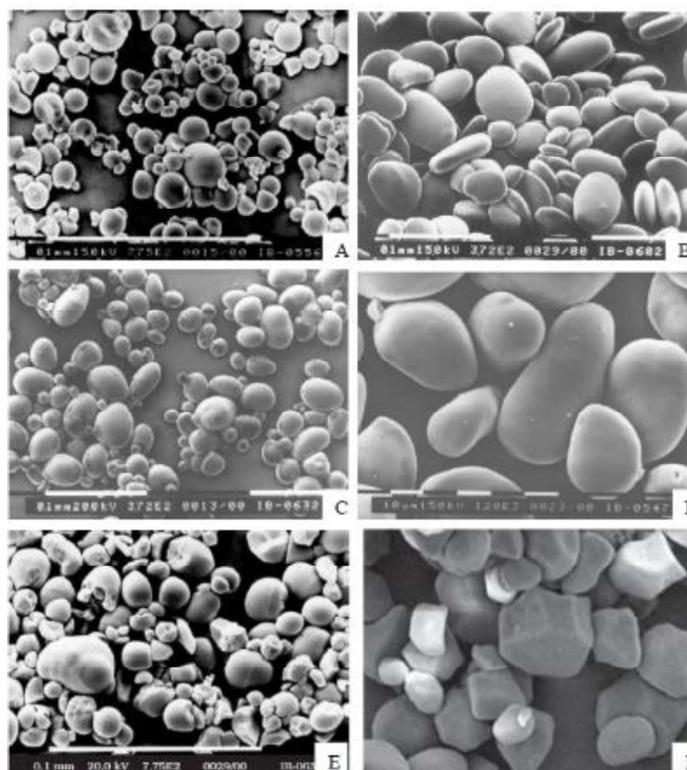


Figura 8 – Fotomicrografias dos amidos de mandioca (A), biri (B), batata (C), araruta (D), mandioquinha-salsa (E) e milho (F).

Fonte: Adaptado de Leonel (2007).

Viscosimetria

A viscosidade é considerada uma das propriedades mais importantes dos materiais amiláceos pois a sua curva representa o comportamento do amido durante o aquecimento e permite avaliar as características da pasta formada, devido as modificações estruturais das moléculas de amido e também pela tendência a retrogradação durante o resfriamento. Na presença de água e calor, os grânulos de amido expandem absorvendo água. Com o aquecimento, a temperatura de gelatinização é atingida e, conseqüentemente, uma pasta é formada (LUSTOSA et al., 2009).

Durante a análise de viscosidade do amido utilizando o equipamento *Rapid Viscosity Analyser* (RVA) é possível obter curvas de viscosidade aparente para uma suspensão de amido submetido a agitação, aquecimento e resfriamento, a uma taxa constante de temperatura. Analisando essas curvas são obtidas informações sobre a temperatura de início de formação de pasta, a resistência dos grânulos inchados à ação mecânica, a viscosidade máxima e a temperatura em que ela ocorre, assim como a influência do resfriamento sobre a viscosidade (HECK et al., 2011). De acordo com Franco et al. (2001) a viscosidade de pasta do amido, avaliada em viscoamilógrafo, parece ser determinada por dois fatores: o grau de intumescimento dos grânulos e a resistência desses à dissolução pelo calor ou a fragmentação pela agitação mecânica.

Durante a fase de temperatura constante os grânulos de amido começam a se quebrar e a solubilização dos polímeros continua. Neste ponto ocorre uma quebra na viscosidade seguida de sua diminuição. Quando ocorre o resfriamento, alguns polímeros de amilose e amilopectina solubilizados começam a reassociar, formando um precipitado ou gel e outro aumento na viscosidade é registrado. Este segundo aumento da viscosidade é conhecido como tendência a retrogradação ou *setback* (BEMILLER; WHISTLER, 2009).

De acordo com Sandhu e Singh (2007), ao interpretar as propriedades de pasta através da curva de empastamento, geralmente podem ser obtidos os seguintes parâmetros:

- Temperatura de pasta: temperatura em graus célsius, calculada com base no tempo de funcionamento do RVA (6°C/min), correspondente ao ponto onde se inicia a formação da curva de gelatinização;
- Viscosidade de pico: valor de máxima viscosidade do amido, durante o ciclo de aquecimento;
- Quebra: diferença de viscosidade entre o pico máximo e a viscosidade mínima a 95°C;
- Viscosidade Final: valor da viscosidade à temperatura final de resfriamento (50°C);
- Tendência à retrogradação: diferença de viscosidade mínima a 95°C e a viscosidade final também chamado de *setback*.

Na Figura 9, demonstra-se curva de empastamento típico, obtido em aparelho de RVA apresentando os parâmetros comumente medidos e viscosidade em unidade RVU.

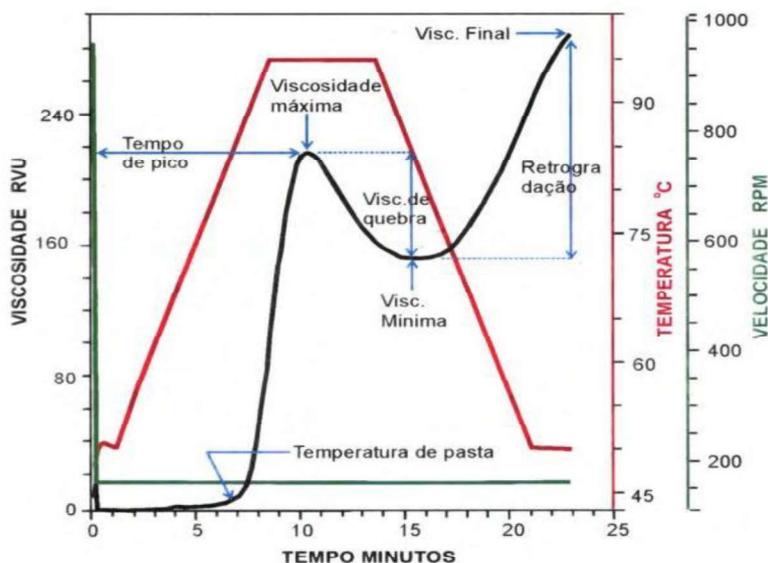


FIGURA 9 – Curva de empastamento típico, obtido em aparelho de RVA apresentando os parâmetros comumente medidos e viscosidade em unidade RVU.

Fonte: SILVA et al., (2008) com adaptações.

Aditivos

Muitas indústrias alimentícias utilizam o amido como componente básico ou como aditivos em baixas quantidades para melhorar a fabricação, apresentação ou conservação dos produtos. A preferência de muitos setores alimentícios é por amidos nativos que não foram alterados quimicamente, mas que apresentem propriedades semelhantes às dos amidos modificados. Durante a gelatinização e retrogradação dos grânulos de amido sofrem mudanças que são determinantes no comportamento de pasta desses amidos (OLIVEIRA FILHO; MANCINI, 2009).

Durante a fase de cozimento dos alimentos, os ingredientes presentes interferem de maneira bem definida nas características de intumescimento os grânulos e na viscosidade final de pasta (OLIVEIRA FILHO; MANCINI, 2009). Alguns ingredientes comumente utilizados pela indústria alimentícia como sódio, sacarose, ácidos e lipídeos podem provocar alterações tanto satisfatória quanto insatisfatória durante o processamento e armazenamento de produtos alimentícios.

Cloreto de Sódio

Dependendo da natureza e/ou concentração, os sais podem causar tanto elevação ou queda da temperatura e entalpia de gelatinização, portanto, podem aumentar ou diminuir o grau de gelatinização e retrogradação em suspensões de amido (CHIOTELLI

et al., 2002). Wang et al., (2016) em seu estudo, propôs que a gelatinização do amido em uma solução salina pode afetar a estruturação devido ao efeito dos sais e as interações eletrostáticas entre sais e grupos hidroxila de amido. Estes mesmos autores ressaltam que, a presença de sais pode promover a quebra das ligações de hidrogênio entre as moléculas de amido até certo ponto de forma que, os grânulos de amido podem absorver mais água e ser dissolvido mais facilmente nas soluções salinas do que naqueles sem sais.

A solução de amido quando na presença de soluções salinas pode mudar significativamente a gelatinização e retrogradação do amido, pode também demonstrar um aumento na temperatura de gelatinização e entalpia do amido, assim como aumento a sinérese dos amidos, indicando mais separação de água do sistema de amido ou acelerando a retrogradação (LI, ZHANG, GAO, 2015; WANG et al., 2016).

A gelatinização do amido em soluções neutras de cloreto de sódio pode ser controlada pela estrutura da água e interações eletrostáticas entre amido e os íons. Na presença de cloreto de sódio, os ânions se comportam como agentes gelatinizantes causando a ruptura de ligações de hidrogênio. Este componente pode desestabilizar as ligações de hidrogênio, ocasionando maior intumescimento dos grânulos de amido e proporcionando maior lixiviação de amilose, amilopectina e fragmentos, e com isso o pico de viscosidade máxima é atingido mais rapidamente (LI, ZHANG, GAO, 2015; OLIVEIRA FILHO; MANCINI, 2009).

Sacarose

As interações entre o amido e a sacarose permitem a competição pela água disponível como uma substância hidrofílica, alterando assim as propriedades de gelatinização e retrogradação do amido em vários estágios de diferentes maneiras. Os carboidratos, dependendo da concentração podem afetar o gel de amido tornando-o fraco quando em altas quantidades, porém melhorando o gel em proporções baixas (HONG; ZHU; GU, 2014; OLIVEIRA FILHO; MANCINI, 2009). Segundo Ribeiro e Seravalli (2007), os açúcares reduzem a força do gel por ligarem moléculas de água, interferindo na formação da estrutura da rede de gel.

As moléculas de açúcar, dependendo da estrutura, podem impedir a reorganização da cadeia, tornando toda a estrutura fraca. Com o aumento da quantidade de sacarose são produzidos géis mais transparentes e macios, entretanto níveis muito elevados de açúcar resultam na formação de um xarope, em vez de gel (ACQUARONE; RAO, 2003). A sacarose pode interagir com o amido em sistemas de pasta. A penetração de sacarose pode

e elevar a temperatura de gelatinização pela desordem dos grânulos de amido. A sacarose também pode funcionar como imobilizador de água devido ao espaçamento dos grupos hidroxila equatorial nos anéis de açúcar que corresponde à estrutura de "rede" da água líquida. Portanto, a sacarose é capaz de aumentar a temperatura de colagem, atrasando o inchaço do amido (HONG; ZHU; GU, 2014). A grande maioria dos açúcares podem reduzir a quantidade de lixiviação da amilose demonstrando efeitos anti-plastificantes e contribuindo para as propriedades texturais de produtos alimentícios à base de amido, mas adiando a gelatinização aumentando a temperatura de gelatinização durante um longo período de armazenamento (GÖKŞEN1; EKOZ, 2019).

Na presença de açúcares os géis de amido em geral apresentam um efeito significativo sobre a gelatinização e propriedades reológicas. Os açúcares podem alterar a temperatura de gelatinização, alterar a entalpia por gelatinização e, de forma semelhante, podem aumentar ou diminuir a taxa e grau de gelatinização e retrogradação (LI, LI, GAO, 2014). O efeito de açúcares na gelatinização do amido foi estudado por muitos pesquisadores usando uma ampla gama de técnicas. Por exemplo, medições reológicas (AHMED, 2012; GUNARATNE et al., 2007; PROKOPOWICH, BILIADERIS, 1995; SOPADE, HALLEY, JUNMING, 2004; WANG et al., 2016; TENG et al., 2013), microscopia de luz (GONERA, CORNILLON, 2002; RUMPOLD, KNORR, 2005), difração de raios X (HOOVER, SENANAYAKE, 1996; PERRY, DONALD, 2002).

Ácidos

As pastas de amido sofrem rupturas, em meio ácido destruindo a estrutura e o aspecto físico da pasta. Wang e Wang (2001) mostraram que a presença de ácidos durante a gelatinização do amido causa a ruptura da estrutura do mesmo e provoca uma queda na viscosidade da pasta. Quando o ácido é utilizado, nem sempre o produto se torna espesso ou se gelatiniza apropriadamente. Podem-se formar também géis mais macios pela redução do tamanho dos grânulos de amido (OLIVEIRA FILHO; MANCIM, 2009).

Eles concluíram que a viscosidade é uma função do pH e não depende do tipo de ácido. Guerreiro e Meneguelli (2009) citaram em sua pesquisa que a mudança da viscosidade foi induzida por uma mudança no tamanho do grânulo de amido e pelos números de cadeias de amilose e amilopectina causada pela adição de ácido. Entretanto Hirashima, Takahashi e Nishinari (2005) estudaram o comportamento reológico do amido de milho em diferentes tipos de ácidos (acético, láctico e málico) e constataram que houve

um aumento da viscosidade em meio ácido. Esses mesmos autores explicaram que o aumento da viscosidade pode ter sido ocasionado por uma mudança no tamanho do grânulo de amido e pelo aumento de número de cadeias de amilose e amilopectina lixiviadas, causado pela adição de ácido. Esse aumento na viscosidade nunca foi relatado na literatura anteriormente (HIRASHIMA; TAKAHASHI; NISHINARI, 2005).

Lipídeo

Os óleos e gorduras são bastante utilizados no preparo de alimentos e tem funções importantes como realçar o sabor, melhorar a textura e conferir o aroma desejado (MARTINS; BROILO; ZANI, 2014). No entanto, vale ressaltar que a digestibilidade do amido pode ser afetada por fatores intrínsecos como a presença de complexos de amido-lipídio. Dependendo da concentração de lipídios pode haver influência sobre a gelatinização e a retrogradação do amido uma vez que o mecanismo de interação entre amilose e os lipídeos atribui-se à formação de associações por inclusão do lipídio no interior da cadeia de amilose. Com isso, ocorre uma conformação de dupla hélice com estrutura parcialmente cristalina, este complexo compete com a cristalização da amilose, deixando menor quantidade deste polissacarídeo livre para a formação de pontes de hidrogênio com outras cadeias de amilose (LOBO; SILVA, 2003).

Com essas informações vale salientar a importância de estudos que analisem o comportamento do amido em meio a gordura quando este é usado como aditivo em produtos alimentícios. As gorduras quando na presença de géis de amido, se complexam com a amilose retardando a absorção de água pelos grânulos, pois as gorduras e proteínas tendem a encobrir o amido, retardando a hidratação do grânulo e diminuindo a velocidade de desenvolvimento da viscosidade. Estudos relatam que o aumento da concentração de gordura pode afetar na queda no pico de viscosidade máxima, mínima e final do amido (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007; OLIVEIRA FILHO; MANCINI, 2009).

Textura

Através das propriedades de textura dos géis de amido pode-se avaliar o desempenho de um amido num processo de produção alimentar, possibilitando o desenvolvimento de novos produtos e a otimização de processos industriais. O grau de firmeza do gel é dependente de fatores como o volume e deformação dos grânulos, a cristalinidade da amilopectina e a retrogradação do gel em associação com a sinérese. Com isso, pode-se dizer que amidos que exibem géis mais duros tendem a ter maior teor

de amilose e cadeias maiores de amilopectina (DHILLON; SEETHARAMAN, 2011; SANDHU; SINGH, 2007).

A textura é definida como o conjunto dos atributos mecânicos, geométricos e superficiais de um produto, perceptíveis por meio de receptores mecânicos, tácticos e até visuais e auditivos. A textura pode ser avaliada, sensorialmente e instrumentalmente, por meio de diferentes técnicas (ROSENTHAL, 2001). O método de compressão de TPA (*Texture Profile Analysis*), é um dos mais comumente utilizados devido a sua alta correlação entre a avaliação instrumental e sensorial. Esta análise consiste em comprimir o material testado duas vezes quantificando parâmetros mecânicos utilizando curvas de força-deformação, simulando as condições do processo de mastigação. O processo ocorre em dois ciclos completos de compressão e decompressão de uma amostra de alimento, simulando a ação dos dentes durante o processo de mastigação. No decorrer do teste, é realizada a primeira compressão, seguida de um relaxamento da amostra e, por fim, a segunda compressão, o primeiro e o segundo ciclo de compressão são geralmente referidos como primeira e segunda mordida como pode ser observado na Figura 10 (NAKAMOTO; NISHIKUBO; KOBAYASHI, 2018; RAMOS; GOMIDE, 2007).

A partir do gráfico de força x tempo que mostra o perfil de textura da amostra, com a análise dos picos de força e das áreas sob os picos podem ser diretamente obtidos os seguintes parâmetros: dureza, fraturabilidade, coesividade, elasticidade (flexibilidade), adesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência (RAMOS; GOMIDE, 2007).

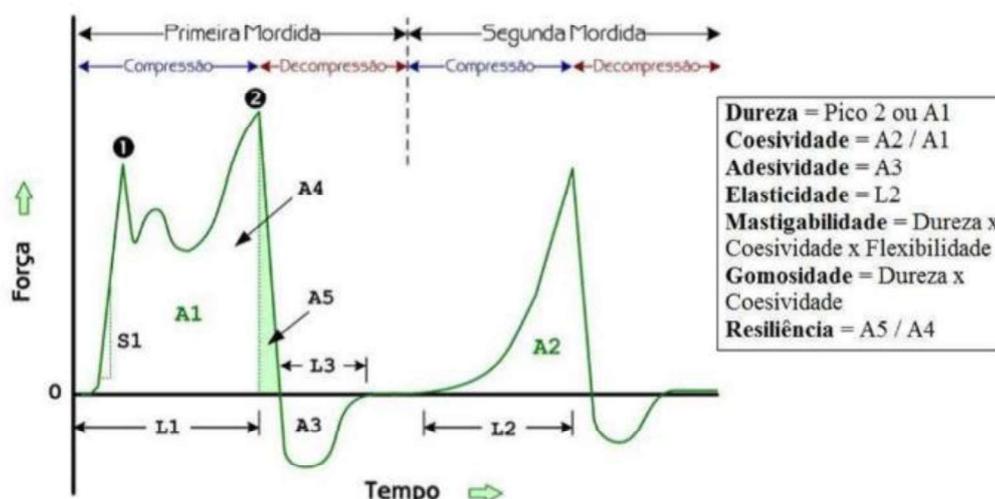


FIGURA 10 – Curva típica de deformação obtida na análise por TPA em alimentos sólidos ou semissólidos.

Fonte: Ramos; Gomide (2007).

MATERIAL E MÉTODOS

Material

A matéria-prima utilizada no desenvolvimento desta pesquisa foi a amêndoa contida no endocarpo da manga (*Mangifera indica* L.) da variedade Tommy Atkins em estágio de maturação maduros, obtida em diferentes lotes em mercados locais na cidade de Feira de Santana, BA. Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Panificação do Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

Extração e Rendimento do Amido da Amêndoa da Manga

O amido foi obtido pelo método descrito por Loos, Hood e Graham, (1981), com adaptações, utilizando solução de metabissulfito de sódio a 1% no processo de extração. As mangas foram devidamente higienizadas (Figura 11-A) e em seguida descascadas, sendo as polpas separadas das sementes com o auxílio de uma faca doméstica inoxidável (Figura 11-B). Após esse processo, as sementes foram separadas e quebradas manualmente com o auxílio de uma faca inoxidável, obtendo-se as amêndoas (Figura 11-C). As amêndoas foram cortadas em pequenos pedaços (Figura 11-D) e trituradas com solução de metabissulfito de sódio a 0,2% (v/v) em liquidificador doméstico Walita, 800W durante 10 min (Figura 11-E). O material obtido foi disperso em água destilada e filtrado em tecido voil (Figura 11-F). O bagaço retido foi lavado em água destilada para remover o amido aderido. Em seguida, o filtrado contendo o amido foi deixado em repouso para decantação durante 24 h em geladeira sob temperatura de 0,7°C (Figura 11-G). Após este período, o sobrenadante foi removido e o amido ressuspenso em água destilada a cada 2h durante 8h. A suspensão de amido foi centrifugada Refrigerated Centrifuge Excelsa Mod. 280R a 1105g por 12 min, sendo o sobrenadante novamente descartado (Figura 11-H). O resíduo de amido obtido (Figura 11-I) foi seco em estufa de secagem e esterilização Marconi, modelo MA 033 à 40°C por 12 h (Figura 11-F) e após a secagem, foi triturado em almofariz (Figura 11-L), peneirado em malha de 60 mesh e acondicionado em um recipiente de vidro limpo e seco sob temperatura ambiente, e armazenado para análise (Figura 11-M). O método de extração do amido está apresentado na Figura 11. O rendimento (RSA) do amido foi obtido de

acordo com a Equação 1, onde (me) é a massa do amido seco após a extração e (mc) a massa da semente sem casca.

$$RSA (\%) = \frac{me (g)}{mc (g)} \times 100 \quad (\text{Eq. 01})$$

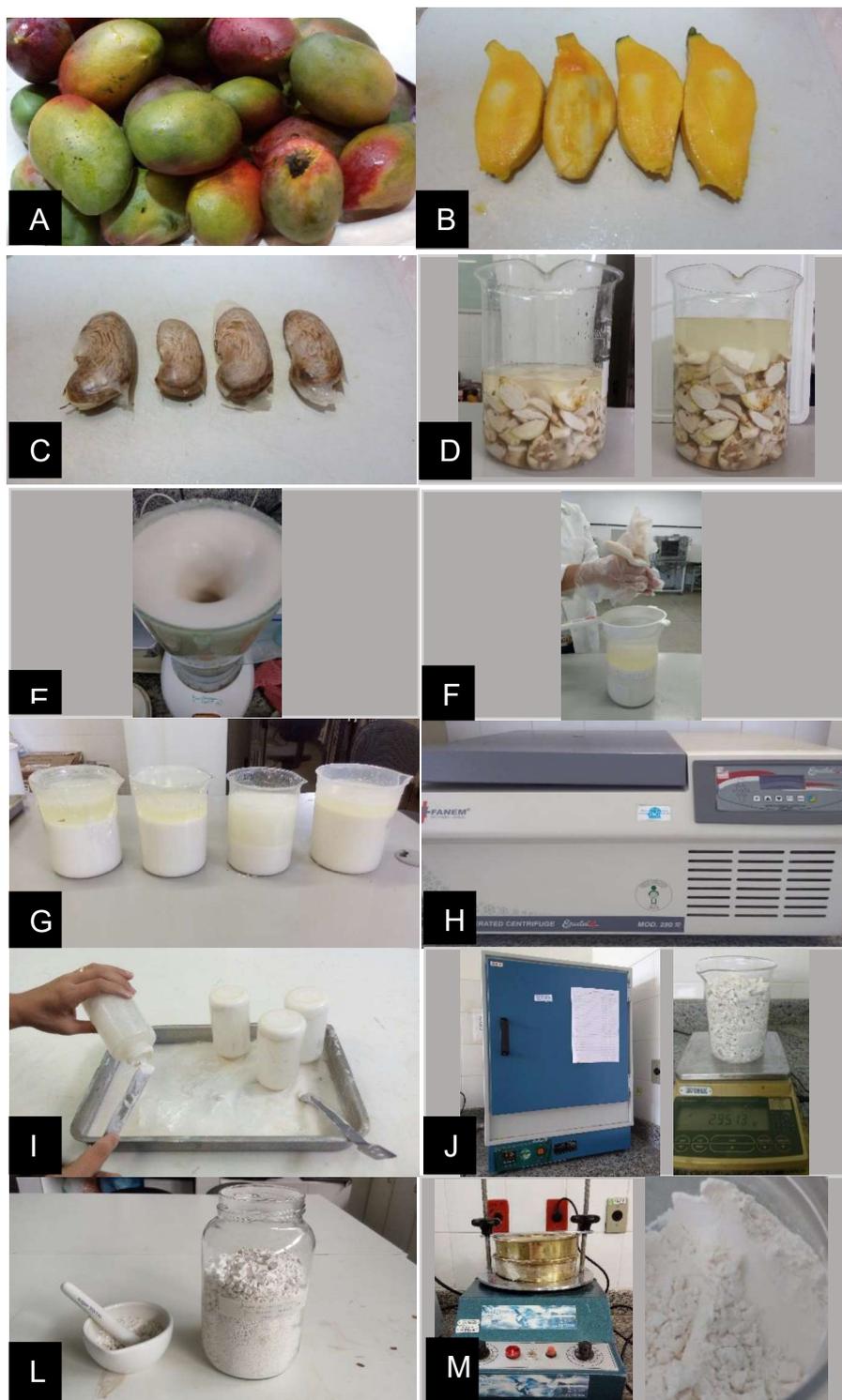


Figura 11 – Extração do amido da amêndoa do caroço da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins. Fonte: Acervo da autora.

Características Físico-químicas

As características físico-químicas do amido obtido foram determinadas de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, (2005) em triplicata. Foram realizadas as análises de Umidade - em estufa com circulação de ar por dessecação a 105°C até peso constante; Cinzas por incineração em mufla a 550°C; e Proteínas totais pelo método de Kjeldahl ($N \times 6,25$). A densidade absoluta do amido foi realizada segundo metodologia recomendada por Schoch e Leach (1964). Lipídios totais pelo método de Bligh & Dyer; O teor de amilose foi determinado de acordo com a metodologia de Martinez e Cuevas (1989). O resultado médio das análises foi expresso seguido seu respectivo desvio padrão.

Características Funcionais

Poder de Inchamento (PI)

A determinação do PI foi de acordo com o método descrito por Adebawale, Afolabi e Lawal (2002), com adaptações. Foram separadas três amostras de 8g de amido cada, em tubos Falcon de 50mL, secos e previamente pesados. O amido foi então disperso em 100mL de água destilada onde foram homogeneizados manualmente. Aqueceu-se a suspensão resultante em banho-maria à diferentes temperaturas (30, 50, 60, 70, 80 e 90°C) durante 30 min com agitação a cada 5 min e centrifugadas por 5 min a 1306g. Em seguida, o sobrenadante foi descartado e a massa devidamente pesada. O Poder de Inchamento (PI) foi determinado pela equação 2:

$$(PI) = \frac{\text{Massa do gel (g)}}{\text{Massa da amostra em base seca (g)}} \quad (\text{Eq. 02})$$

Estabilidade ao Congelamento e Descongelo

A estabilidade do gel de amido ao congelamento e descongelamento foi avaliada pelo método de White et al. (1989). Uma suspensão aquosa de amido (5%) foi aquecida a 95 °C com agitação manual intermitente a cada 5 minutos durante 30 min, e depois se arrefeceu à temperatura ambiente num banho de água com gelo. A pasta foi pesada em porções de (20g) em tubos de centrífuga e sujeitas a 7 ciclos de congelamento e descongelamento. Cada ciclo consistiu por sucessivos congelamentos a -18 °C durante

24 h e descongelamento a 30 °C durante 30 min, seguido por centrifugação a 3800g durante 30 min no último ciclo. O sobrenadante foi pesado e a extensão da sinérese, calculada conforme a Equação 3. Os valores foram expressos em porcentagem de água exsudada, em relação à massa inicial da pasta.

$$\text{Sinérese (\%)} = \frac{\text{Massa de água do sobrenadante (g)}}{\text{Massa total da pasta (g)}} \times 100 \quad (\text{Eq. 03})$$

Clareza da Pasta e Tendência a Retrogradação

A clareza de pasta e tendência a retrogradação foram determinadas de acordo com Lawal, (2004). Foram pesadas 0,5 g das amostras de amido e suspensas em 5 mL de água destilada em tubos de ensaio vedados com algodão. Os tubos foram aquecidos em um banho-maria fervente, com ocasional agitação, durante 30 min. As suspensões foram estocadas na geladeira a 4 °C por 24 h para nucleação, depois foram armazenadas a 30 °C por 9 dias, para o monitoramento da tendência à retrogradação das amostras. A transmitância (%T), a 650nm, foi então determinada em espectrofotômetro (BIOSPECTRO SP-220), nos dias 1, 2, 3, 5, 7, 8 e 9.

Capacidade de Absorção de Água e Óleo

O método de Beuchat, (1977) foi utilizado para determinar a capacidade de absorção de água e óleo do amido extraído. Água destilada, 30mL, foi adicionada a 3g de amido, pesada em tubos de centrífuga, formando uma suspensão. A mesma foi homogeneizada e colocada em repouso por 30 min. Logo após, as suspensões foram centrifugadas, por 15 min, a 3400g e os tubos foram pesados. O mesmo procedimento foi utilizado com o óleo de soja para a determinação da capacidade do amido de absorver o óleo. As massas da água ou do óleo absorvidas foram expressas em g.100g⁻¹ de amido em base seca, calculadas pela Equação 04.

$$CA = (pc/ps) \quad (\text{Eq. 04})$$

Onde: CA = Capacidade de absorção (água ou óleo)

pc = Peso do tubo com amostra após centrifugação

ps = Peso do tubo com amostra seca

Viscosidade

A determinação das propriedades de pasta ocorreu em equipamento BRABENDER VISCOGRAPH E (USB) Version 4.4 com amostras, na concentração de 35g em 465mL de água destilada com uma taxa de temperatura de 1,5°C por minuto. Nessa análise foram obtidos os valores de temperatura de pasta, viscosidades máxima, mínima e final, quebra de viscosidade 2 (diferença entre a viscosidade máxima e mínima) e tendência à retrogradação (diferença entre a viscosidade final e mínima).

Características Morfológicas

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Tamanho do Grânulo de Amido

A avaliação de morfologia do grânulo do amido foi realizada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), onde foi utilizado o metalizador da DENTON VACUUM, modelo DESCK V. As amostras foram metalizadas durante 2 min em fita dupla face e revestidas em ouro. A caracterização do amido por MEV foi realizada em microscópio eletrônico de varredura da JEOL, modelo JSM-6610LV com 30kV de voltagem onde foram captadas cinco imagens diferentes, dentre as quais apenas quatro se apresentaram mais nítidas.

A análise de tamanho foi realizada no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal da Bahia em Salvador Bahia. Mastersizer, foi o equipamento utilizado para análise de tamanho em faixa micro que fornece os dados de D10, D50, D90 que representam as faixas de tamanhos de 10%, 50% e 90% da população das partículas.

Difração de Raios-X (DRX)

Esta análise foi realizada no laboratório da CATAM – Grupo de Catálise e Meio Ambiente na Universidade Federal da Bahia onde o difratograma de difração de raios X foi obtido a partir do amido em forma de pó contendo aproximadamente 16% de umidade. Os parâmetros utilizados no Difratômetro de Raios- X Shimadzu, modelo XRD-6000 com monocromador de grafite foram: operação com radiação CuK ($\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$), a uma potência de 40 kV/30 mA, com velocidade de varredura de 1,2°/min, sob ângulo de 2θ , variando de 3-35°, e intervalos de 0,02°.

Perfil de textura instrumental (TPA)

A análise foi realizada no Laboratório de Embalagens do Departamento de Tecnologia da UEFS. Foram preparados géis com 8g de amido em 200mL de água

destilada onde foram adicionados individualmente, concentrações de 2% de cloreto de sódio (sal doméstico), 7% de sacarose (açúcar cristal), 0,3% de ácido cítrico e 3% de emulsificante comercial (Emustab) em água destilada. Após a formação do gel, foram transferidos para recipientes descartáveis (Figura 12) com capacidade de 50mL. Foram acrescentadas, em cada recipiente, fitas adesivas para alcançar o molde desejado. Em seguida, foram levados para refrigeração em geladeira doméstica durante 24h. O gel excedente do recipiente de 50mL foi cortada manualmente com a utilização de uma faca doméstica e as amostras foram retiradas dos moldes. Para determinar a textura do gel foi utilizado método descrito por Almeida (2016) com adaptações. Utilizou-se o equipamento denominado Texturômetro Texture Analyser, modelo TA XT plus para avaliar o perfil de textura do gel. As amostras foram submetidas aos seguintes parâmetros: probe 36mm, velocidade pré-teste 1,0mm/s, velocidade de teste 0,5mm/s e velocidade pós-teste 0,5mm/s com distância de compressão de 10mm com 5s de tempo entre as compressões. Os resultados foram comparados por teste de média DUNNETT com nível de significância de 5% onde foram avaliados os perfis de dureza, coesividade e gomosidade. As análises foram realizadas em três repetições em duplicatas.



Figura 12 – Análise do perfil de textura do amido da amêndoa do caroço da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins em meio a aditivos.
Fonte: Acervo da autora.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Extração e rendimento do amido

O processo de extração do amido da amêndoa da manga teve um rendimento de 53,89%, resultado próximo ao encontrado por Nawab et al., (2016) e Silva et al., (2013), com amido presente na amêndoa da mesma variedade de manga (56% e 59,82% de

rendimento, respectivamente. Já em comparação com amido encontrado no caroço da jaca, Jiamjariyatam (2017) encontrou rendimento de 55,95%, mostrando assim que a amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) apresentou rendimento dentro dos encontrados na literatura.

Composição Físico-química do Amido

Os dados referentes à caracterização físico-química do amido analisado nesta pesquisa encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados médios das análises físico-químicas do amido da amêndoa da manga.

Constituintes	Quantidades*
Umidade (%)	9,86 ± 0,08
Cinzas (%) b.s.	0,03 ± 0,01
Proteína (%) (N x 6,25) b.s.	3,63 ± 0,18
Lipídeos (%) b.s.	4,63± 0,01
Densidade Absoluta (g/mL) b.s.	1,48 ± 0,01
Teor de Amilose (%) b.s.	46,77± 0,07

*Cada valor representa a média ± desvio padrão de três determinações.

A umidade do amido da amêndoa da manga foi de (9,86%) semelhante com ao encontrado por outros autores, como Silva et al. (2013) e Mendes et al. (2015) em amido de manga da mesma variedade (10,14 e 10,30%) respectivamente. Lima et al. (2012) analisaram a fécula de batata obtiveram umidade de (7,37%). A umidade encontrada está dentro do esperado demonstrando um valor menor que o máximo permitido para as fontes tradicionais de amido. De acordo com a ANVISA, RDC N° 263 de 2005 este valor é de (21%) para amido de milho e (18%) para o amido de mandioca (BRASIL, 2005).

O teor de cinzas em base seca encontrado foi de (0,03%), valor esse considerado bem menor quando comparado ao reportado na literatura. Entretanto, Onias e Cavalcanti (2014) ao realizar estudo semelhante com a mesma variedade de manga obteve (0,07%) de teor de cinzas. Quando comparado com amidos convencionais como o de milho pode-se observar que foram encontrados teores de cinzas maiores, (0,96%) segundo Lima et al. (2012), de (2,54%) para amido da mandioca, segundo Lovera et al. (2017) e para amido de fécula da batata (0,87%), segundo Lima et al. (2012). Onias e Cavalcanti (2014)

citaram que, dependendo da variedade, a amêndoa contida no endocarpo da manga contém (2%) de cinzas com base no seu peso seco

O teor de proteína encontrado nesta pesquisa foi de (3,63%). Para manga de mesma variedade foi encontrado (5,60%) segundo Mendes et al. (2015), e teores de (0,86%) e (0,97%) para amido de banana segundo Naguleswaran et al. (2012) e Pelissari et al. (2012), respectivamente. O teor de proteína encontrado neste estudo foi consideravelmente maior que os encontrados por Lovera et al. (2017) para amido de batata (0,11%).

O amido analisado obteve (4,63%) de teor de lipídeos, valores bem próximos ao encontrado nesta pesquisa foram apresentados por Onias e Cavalcanti (2014) com (4,60%) e Silva et al. (2013) com (4,67%) para amido da manga da mesma variedade. Entretanto o mesmo não aconteceu para Mendes et al. (2015), pois estes encontraram valor superior (7,30%). Para outro tipo de amido de fonte não convencional, como o amido da banana-da-terra (0,02%) e da jaca (0,03%), estudado por Pelissari et al. (2012) e Jiamjariyatam (2017) respectivamente, notou-se que foram valores bem inferiores aos detectados no amido deste trabalho.

O amido estudado apresentou densidade absoluta de (1,48g/mL), valor considerado bem próximo dos encontrados da literatura. O amido de abacate analisado por Builders (2010), apresentou valores de densidade de (1,53g/mL). Já, Zhang et al. (2018) ao analisarem o amido de diferentes variedades de jaca, encontraram valores de densidade entre (1,42 a 1,46g/mL). A densidade influencia economicamente na decisão de qual tipo de amido processar. A decantação e a centrifugação são operações unitárias realizadas no processo de extração do amido, portanto quanto maior a densidade do amido menor será o tempo de retenção nos decantadores e/ou nas centrífugas. A densidade é considerada um parâmetro importante também por ser por meio dela que se calcula o volume específico, sendo este útil para o dimensionamento de embalagens e equipamentos na indústria (OLIVEIRA, 2011).

O teor de amilose encontrado nesta pesquisa foi de (46,77%). De acordo com a quantidade de amilose, este amido pode ser classificado como amido de alta amilose. Belo-Pérez et al. (2005) em seus estudos encontraram teores de (13,3 e 12,9%) em diferentes variedades de manga. Amido de arroz nativo de médio teor apresenta (23,4%) de amilose segundo Bartz et al. (2012). Amidos de fontes convencionais apresentaram teores de amilose de (18,6%) segundo Hoover (2001) para a mandioca e (27,8%) segundo Weber et al. (2009) para o milho. Lopez e colaboradores (2010) caracterizaram o amido

de milho e encontraram teor de (23,86%). De acordo com Yonemoto, Calori-Domingues e Franco (2007) ao analisar amido convencional de diferentes cultivares de trigo obtiveram teores de amilose variando entre (27,46 e 28,31%). O teor de amilose pode variar de acordo com a idade das plantas, variedade ou metodologia aplicada, isso pode justificar a variação entre os valores citados. A porção de amilose do amido afeta a viscosidade e inchaço, o conteúdo de amilose juntamente com outros componentes presentes podem afetar as propriedades de pasta do amido (Bello-Perez et al., 2006).

Caraterísticas Funcionais

Poder de Intumescimento (PI)

O poder de intumescimento está apresentado na Figura 13. Ao analisar os dados nota-se a influência do aumento da temperatura no poder de intumescimento (PI). O PI aumentou à medida que a temperatura aumentou. A influência da temperatura no PI do grânulo foi mais pronunciada no intervalo entre 70 e 80°C, o que pode ser explicado pela ruptura do grânulo de amido neste intervalo de temperatura e posterior hidratação causando intumescimento do mesmo. Temperaturas elevadas são determinantes no poder de intumescimento do grânulo de amido, é nesta fase que ocorre a quebra de interações de hidrogênio, promovendo o intumescimento dos grânulos do amido. Estes parâmetros contribuem para importantes características como as propriedades de pasta durante o aquecimento em excesso de água da maioria dos produtos ricos em amido (MENDES, 2012).

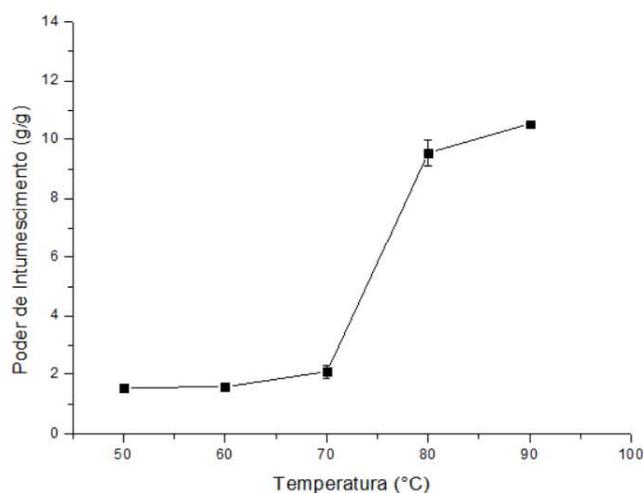


Figura 13 – Poder de Intumescimento do grânulo do amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins versus a temperatura.

O amido analisado teve valor de PI (10,51g/g) a 90°C. Mendes, Ribeiro e Almeida (2015) ao analisarem manga de mesma variedade encontraram PI maior em comparação à presente pesquisa (33,90g/g) à 95°C. Autores como Santos et al. (2016) verificaram PI (68,9 g/g) à 90°C em amido de banana da terra verde. Já Osundahunsi e Mueller (2011), pesquisando propriedades de amido de duas variedades de mandioca, encontraram amidos nativos com PI (21,3 e 29,6 g/g). Destaca-se ainda que Wu et al. (2017), analisando o amido da quinoa observaram que na temperatura de 93°C os valores de PI variaram entre (17,0 a 28,2 g/g), valores estes superiores aos encontrados para a variedade estudada.

O PI é dependente da capacidade de retenção de água nos grânulos de amido por pontes de hidrogênio. O baixo PI pode ser atribuído à presença de lipídeos no amido, que formam complexo com a amilose. O PI depende da capacidade de retenção de água das moléculas de amido por pontes de hidrogênio, estas pontes estabilizam as duplas hélices das estruturas cristalinas dos grânulos de amido que são quebradas durante a gelatinização e passam a ter ligações de hidrogênio com a água, sendo o PI regulado pela cristalinidade do amido. Além disso, o grau de ramificação da cadeia amilácea também pode influenciar o grau de inchamento e a solubilidade deste amido (Mendes; Ribeiro; Almeida, 2015).

Estabilidade do Congelamento e Descongelo

O amido, após 7 ciclos de congelamento e descongelamento, apresentou taxa de sinérese de (1,51%). Esse pequeno percentual de perda de água indica uma menor tendência a retrogradação do gel tornando o amido indicado para produtos onde a sinérese é um fator indesejável como pudins. Valores bem acima do encontrado neste estudo foram encontrados por Pérez-Pacheco et al. (2014) ao analisarem o amido da romã e de milho onde encontraram (78% e 76,33%) de sinérese, respectivamente, após 5 ciclos de congelamento e descongelamento. Foi encontrado na literatura valor de (29,1%) de sinérese após 4 ciclos de congelamento e descongelamento para o amido da semente de abacate segundo Santos et al. (2016). Um fator desejável para a indústria é que o amido seja resistente a ciclos de congelamento e descongelamento (DEMIATE; PEDROSO, 2008). Estudo realizado por Thys e colaboradores (2013) em amido nativo de pinhão e milho obtiveram (4,91 e 8,01%) de sinérese, respectivamente, após 6 ciclos de congelamento e descongelamento, estes mesmos autores citam que, a diferença entre os resultados obtidos deve-se provavelmente a diferenças no método de medição e nos tipos

de amido utilizados em cada experiência. Uma menor sinérese torna o amido mais adequado para uso em creme, pudins e recheios que são congelados armazenados.

Clareza de Pasta e Tendência à Retrogradação

A clareza da pasta pode variar de transparência à opaca, e está relacionada com a dispersão da luz incidente no gel de amido. As pastas de amidos podem apresentar diferenças na capacidade de translucidez devido à presença de lipídeos complexados à amilose e resquícios de grânulos de amidos intumescidos (MENDES; RIBEIRO; ALMEIDA, 2015; CAMPOS et al., 2014). Já a turbidez da pasta durante o armazenamento pode estar atribuída ao desenvolvimento de zonas funcionais que resultam da filtração de cadeias de amilose e amilopectina. O baixo teor de amilose e o tamanho do grânulo de amido podem influenciar na clareza de uma pasta (SODHI; SINGH, 2003).

Na Figura 4 está apresentada os valores da transmitância das suspensões de amido, o que permite avaliar a clareza de pasta e tendência à retrogradação. Pode-se dizer que houve pouca variação na transmitância no decorrer dos dias, onde, corroborando com os resultados da análise anterior o amido apresentou baixa tendência à retrogradação exibindo um perfil estável durante todo o tempo de armazenamento em temperatura de 30°C (Figura 14).

Campos et al. (2014) verificaram em amido do feijão andu (*Cajanus cajan* L.) que a transmitância permaneceu constante no decorrer dos 9 dias de análise, com queda nos dias 7 e 8, o que demonstrou baixa tendência à retrogradação, resultado este similar com o encontrado no presente estudo. Thory e Sandhu (2017) ao analisar o amido da lichia e da manga relataram que a clareza de pasta, após 5 dias de armazenamento à 4°C, foi (0,46%) para a lichia e (8,96 %) para a manga.

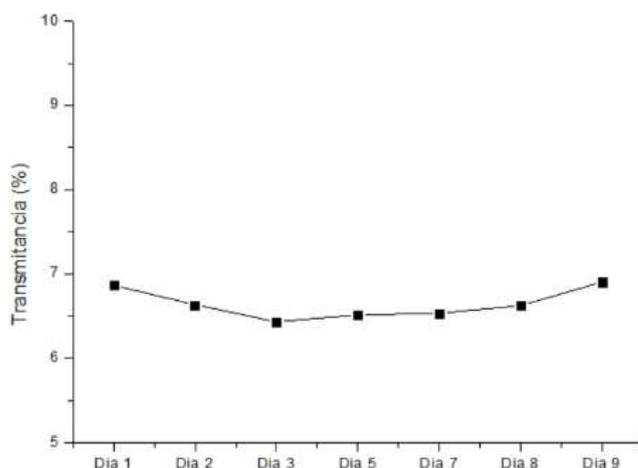


Figura 14 – Tendência à retrogradação do amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica L.*) variedade Tommy Atkins.

Capacidade de Absorção de Água e Óleo

A capacidade de Absorção de Água (CAA) e Óleo (CAO) do amido analisado estão apresentadas na Figura 15 onde pode-se observar que a capacidade do amido de absorver óleo (2,93g/g) foi maior que a de água (1,19g/g).

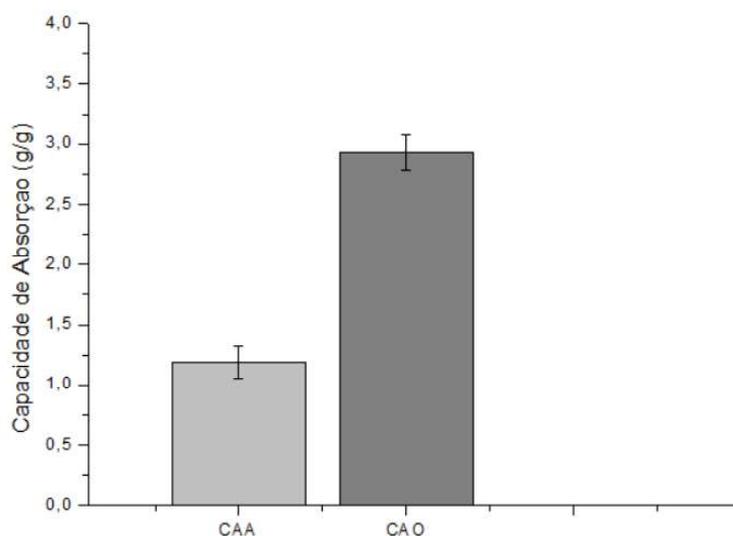


Figura 15 – Capacidade de absorção em água (CAA) e Capacidade de absorção em óleo (CAO) do amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica L.*) variedade Tommy Atkins.

Como o amido analisado apresentou baixo intumescimento e alto teor de lipídeos, já era esperado que fosse encontrado uma baixa CAA e uma maior CAO. Em geral, a capacidade de absorção de água depende das regiões cristalinas e amorfas dentro do amido, da estrutura molecular e da distribuição do tamanho granular pois, a capacidade

de absorção de água ou óleo é dependente do aprisionamento físico dos mesmos na estrutura do amido (WANI et al., 2015). A CAA está relacionada à capacidade de hidratação de uma proteína e à capacidade de reter a água absorvida dentro de uma matriz proteica, já o mecanismo de absorção de óleo é principalmente atribuído à hidrofobicidade das moléculas proteicas (SANCHEZ et al., 2009).

Campos et al. (2014), pesquisando amido nativo do feijão andú (*Cajanus cajan* L.), obtiveram valores de CAA (1,71g/g) e CAO (1,55g/g), valores divergentes do encontrado no presente estudo. Mendes et al. (2015) ao analisarem amido da manga de mesma variedade obtiveram maior absorção em água (0,98g/g) do que em óleo (0,59g/g), resultados estes também abaixo dos encontrados no presente estudo, porém para a CAA for o que mais se aproximou. Entretanto, Chel-Guerreiro et al. (2016) em suas análises mostraram que foi obtido CAA de (0,17g/g) para o amido de milho nos diferentes métodos de extração analisado.

Viscosidade de pasta

A fluidez do gel de amido pode interferir nos equipamentos e processos a serem utilizados e dimensionados em uma linha de produção, por isso o estudo dos parâmetros da viscosidade de pasta é importante na avaliação de qualquer amido (RENGSUTTHI et al., 2011). A Figura 16 mostra o viscoamilograma do amido em estudo, com os parâmetros de viscosidade máxima, mínima e final em função do tempo e temperatura.

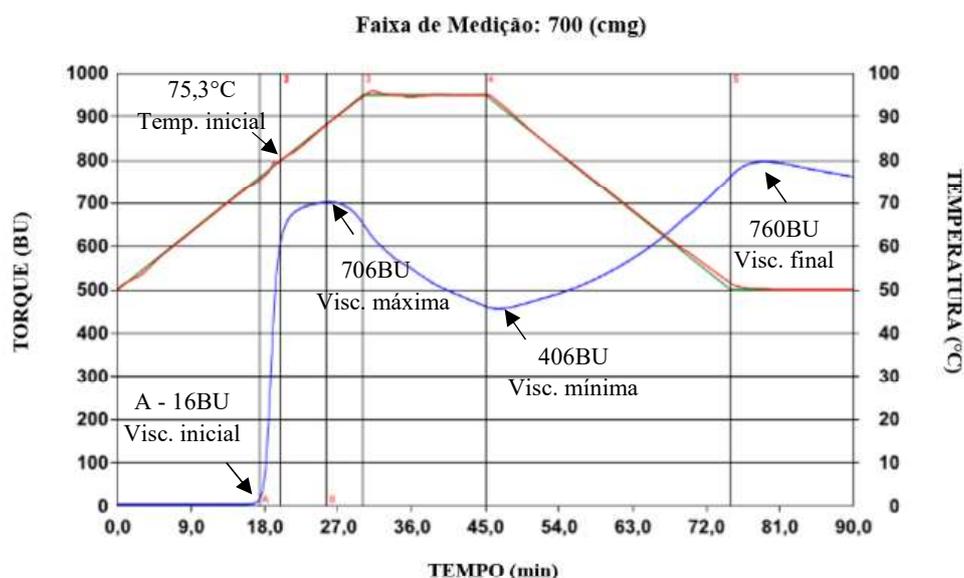


Figura 16 – Gráfico que representa um viscoamilograma agregado do amido da amêndoa da manga Tommy Atkins.

Para o amido analisado nesta pesquisa, pode-se dizer que durante o ciclo de aquecimento a temperatura inicial de pasta foi de 75,3°C com viscosidade inicial em (16 BU) e quebra da viscosidade de (246BU). O perfil de viscosidade da pasta apresentou uma forma redonda com uma leitura de pico de viscosidade máxima (pico de viscosidade) em (706 BU) a 88,1°C. Isso mostra não-homogeneidade da estrutura dos grânulos, que é caracterizada pelo simultâneo fenômeno de inchaço e colapso dos grânulos de amido, sob agitação contínua. Durante a fase de temperatura constante de 95°C, os grânulos de amido começam a se dissociar, a solubilização das moléculas de amilose continua promovendo assim a queda de viscosidade com viscosidade mínima em (460BU). A viscosidade final que compreende a viscosidade máxima no ciclo de resfriamento (50°C) foi de (760BU) quando o colapso prevalece levando ao mínimo valor de viscosidade da pasta x gel após o ciclo de aquecimento.

O *setback* (tendência a retrogradação) do amido foi de (300BU). A amilose que foi exsudada dos grânulos inchados forma uma rede por meio da associação com cadeias que rodeiam os grânulos gelatinizados e como consequência a isto, a viscosidade da pasta aumenta (viscosidade de *setback*). Em geral, ocorre precipitação de cristais insolúveis de amido levando à separação de fases onde a forte interação entre as cadeias promove a saída da água do sistema denominada sinérese (DENARDIN; SILVA, 2008). Chel-Guerreiro et al. (2016) encontraram viscosidade máxima do amido de milho em (252 BU) em 92°C valor abaixo do encontrado neste estudo.

Características Morfológicas

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Tamanho do Grânulo de Amido

O tamanho e a forma dos grânulos de amido naturais são distintos entre as espécies vegetais e também quanto ao grau de maturação, devido à organização dos grânulos em zonas cristalinas alternadas por outras semi-cristalinas e pelo fato da alternância dos períodos de síntese ocorridos nos amiloplastos (SILVA et al., 2013). As imagens para microscopia eletrônica de varredura para o amido extraído da amêndoa da manga Tommy Atkins podem ser analisadas na Figura 17.

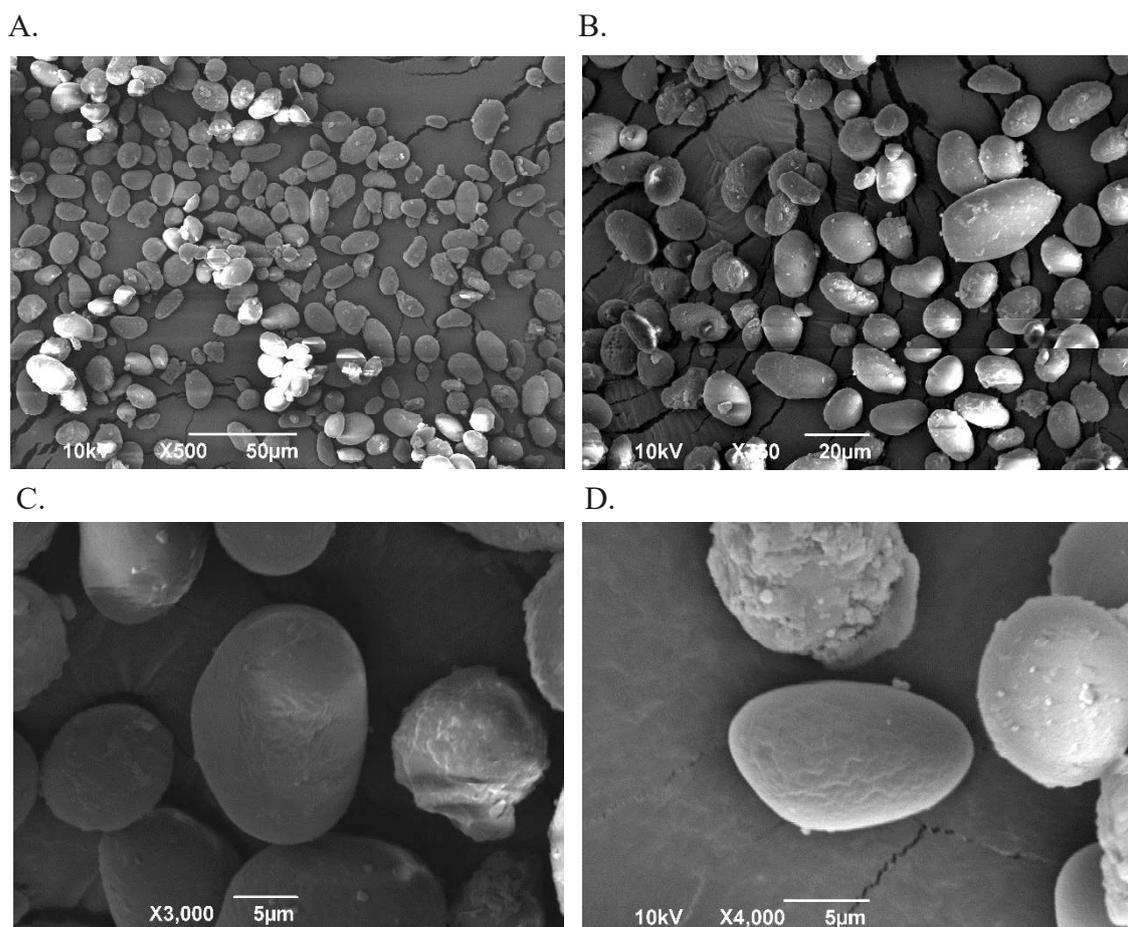


Figura 17 – Imagem ilustrativa de microscopia em microscópio eletrônico de varredura (MEV) do amido extraído da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) Tommy Atkins – Aumento de 500x (A); 750x (B); 3000x (C); 5000x (D).

Fonte – Acervo da autora.

Analisando a Figura 17, pode-se notar que os grânulos do amido apresentaram predominância de formatos esféricos a elipsoidais irregulares e tamanhos diferenciados (Figura 17 A e B) com tamanho que variou de 11,4 a 1590µm, apresentando tamanho médio de 592µm. Observando a superfície dos grânulos pode-se dizer que é lisa com algumas ranhuras como pode ser visto nas (Figura 17 C e D), ranhuras estas que provavelmente foram causadas pelo método de extração. Silva et al. (2013) ao analisarem amidos de mesma fonte botânica relataram as mesmas características observadas neste estudo. Schimidt et al. (2018), ao analisarem amido da mandioca encontraram formas mais arredondadas e superfície mais lisa. Já Pereira et al. (2016) ao analisarem o amido da mandioca encontraram formato circular homogêneo, com tamanho de 10 µm ou seja, menor que o encontrado nesta análise.

Difração de Raios-X (DRX)

O difratograma do amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) está representada na Figura 18. Para o amido analisado foram encontrados picos de Bragg mais intensos em torno de $2\theta = 15, 17, 18, 24^\circ$, com padrões de cristalinidade tipo A, conforme Figura 18. Este resultado corrobora com estudos anteriores para amido da semente da jaca onde, segundo Lima et al. (2014) ao analisar sementes da jaca e pitanga que apresentaram cristalinidade tipo A. Esse mesmo resultado foi corroborado por Bet et al. (2018), que obteve resultado bastante similar com o presente estudo apresentando picos mais intensos em $2\theta = 15, 17, 18, 23^\circ$, também com padrão de cristalinidade do tipo A. A maturação também pode ser considerada um dos fatores que influenciam no grau de cristalinidade do amido. Estudos relatam que a mesma espécie de feijão em diferentes graus de maturação, maduro e verde, exibiram grau de cristalinidade tipo A e C, respectivamente (WEBER et al., 2009).

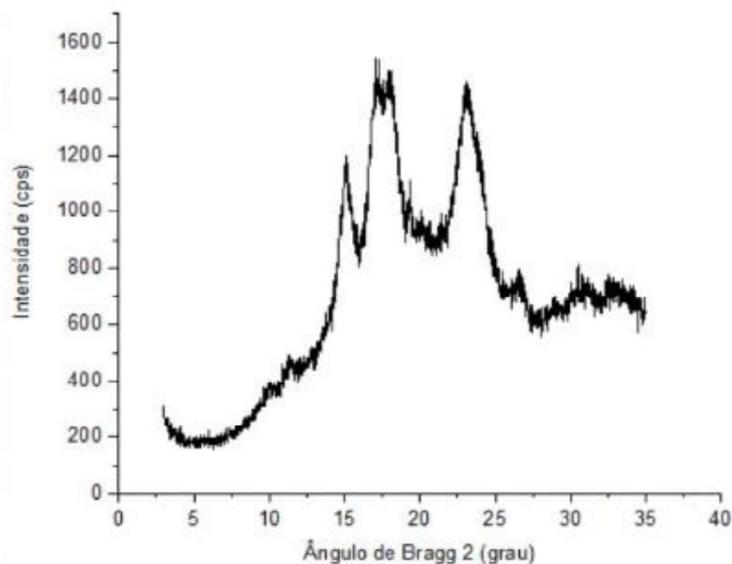


Figura 18 – Perfil de DRX dos grânulos de amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins.

O grau de cristalinidade calculado para o amido da manga foi de (54,74%). Os valores encontrados na literatura para esta análise foram menores do que o encontrado neste estudo como pode ser visto em trabalhos como Cordoba et al. (2016) que ao analisarem o amido do pinhão encontraram (22,58%); Santos et al. (2016) com amido de abacate (25,7%). O teor de amilose pode afetar no grau de cristalinidade, porém outros parâmetros também podem ser levados em consideração durante esta análise como tamanho dos cristais, quantidade de regiões cristalinas que são influenciadas pelo comprimento da cadeia de amilopectina assim como a orientação e extensão das duplas

hélices (PASCOAL et al., 2013). Jiamjariyatam (2017) ao analisar o amido da jaca encontrou (27%) de cristalinidade, este estudo teve como objetivo estudar os efeitos do teor de amilose e cristalinidade dos produtos onde concluiu que com o aumento do teor de amilose a cristalinidade também aumenta, causando mais crocância e menor absorção de óleo nos produtos fritos.

Perfil de textura instrumental (TPA)

Os resultados médios para os parâmetros avaliados no perfil de textura estão disponíveis na Tabela 2. Constata-se uma diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os aditivos cloreto de sódio, sacarose e ácido cítrico para as medidas de dureza, coesividade e gomosidade enquanto que quando adicionado de emulsificante não houve diferença significativa em nenhum dos parâmetros analisados.

Tabela 2: Resultados médios do perfil de textura de géis de amido adicionados de diferentes aditivos.

	Parâmetros		
	Dureza(g)	Coesividade	Gomosidade(g)
	Média	Média	Média
Controle	144,82 ^a	0,84 ^a	121,66 ^a
Aditivos			
Cloreto de Sódio	157,40	0,84 ^a	132,21 ^a
Sacarose	129,69	0,84 ^a	109,34
Ácido Cítrico	156,33 ^a	0,73	114,44 ^a
Emulsificante comercial	130,78 ^a	0,84 ^a	110,12 ^a

Médias não assinaladas com a letra (a) são significativamente diferentes da média do controle ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Para o parâmetro da dureza, verifica-se que amostras adicionadas de cloreto de sódio e sacarose nas formulações apresentaram-se estatisticamente diferentes da amostra controle (sem adição de aditivos) segundo o teste de Dunnett. Houve um aumento da dureza do gel quando adicionado de cloreto de sódio seguida de uma diminuição quando na presença de sacarose. Wang et al. (2012) ao estudar as propriedades de textura de várias fontes de amido apresentou médias de dureza de (164,37g) e (225,20g) para os géis

de amido de batata e arroz respectivamente, valores estes um pouco acima dos encontrados neste estudo. Já Kim; Zhang e Shin (2015) encontrou média de (76,22g) ao trabalhar com géis de amido de arroz, valor esse um pouco abaixo quando comparado com os citados anteriormente.

A retrogradação do amido, que é associada à perda de água (sinérese) e à cristalização da amilopectina é a principal causa da dureza de um gel, tornando-o mais duro (ZAVAREZE et al., 2010). Com isso, essa diferença já era esperada já que na presença de soluções salinas ou de sacarose a solução de amido pode mudar significativamente a gelatinização e retrogradação do gel, no caso dos sais devido ao efeito dos cátions se comportarem como agentes gelatinizantes causando a ruptura de ligações de hidrogênio provocando uma ruptura mais acentuada destas ligações ocasionando maior intumescimento dos grânulos, acarretando em um aumento na temperatura de gelatinização assim como aumento da sinérese do gel, indicando mais separação de água do sistema de amido ou acelerando a retrogradação e no caso da sacarose, os açúcares reduzem a força do gel por ligarem moléculas de água, interferindo na formação da estrutura da rede de gel (LI; ZHANG; GAO, 2015; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007; WANG et al., 2016; OLIVEIRA FILHO; MANCINI, 2009).

A coesividade pode ser considerada como a força simulada para romper as ligações internas do gel (ZAVAREZE et al., 2010). Segundo Pereira et al. (2011), a coesividade determina o grau de partículas ligadas após a mastigação. Para a coesividade houve diferença significativa nos géis quando comparado com o controle quando submetido ao aditivo ácido cítrico havendo uma diminuição na coesividade dos géis. Enquanto que para os demais aditivos não houve diferença significativa, desta forma, pode-se sugerir que os demais aditivos apresentaram uma mesma resistência a compressão do gel. O fato da coesividade ter apresentado diferença significativa apenas com a adição de ácido pode ser explicado devido ao fato das pastas de amido sofrerem rupturas em meio ácido, ocorrendo assim a destruição da estrutura e do aspecto físico da pasta.

Em estudos realizados, foram encontrados médias de coesividade de (0,83) em géis de amido de batata e (0,79) em arroz (WANG et al., 2012). Enquanto que Kim; Zhang e Shin (2015) encontrou média de (0,91) ao analisar géis de amido de arroz. Já Malumba et al. (2018), ao realizarem estudos com géis de amido de trigo e de batata encontraram médias de coesividade acima dos encontrados nesta pesquisa, (1,35) e (1,29) respectivamente. O fato de ter havido diferença significativa apenas com a adição de

ácido pode ser explicado devido à formação de géis mais macios pela redução do tamanho dos grânulos de amido quando em meio ácido (OLIVEIRA FILHO; MANCINI, 2009).

Os valores de gomosidade mostraram que diferiu significativa apenas para o aditivo sacarose. Kim; Zhang e Shin (2015) encontrou (68,64g) em relação aos géis de amido de arroz analisados em sua pesquisa. Os resultados citados aqui mostram médias menores quando comparados com os encontrados nesta pesquisa. De acordo com Ramos e Gomide (2007), a gomosidade é definida com a energia necessária para desintegrar o alimento para um estado pronto para ser engolido.

Estudo realizado por Zavareze et al. (2010), em géis de amido de arroz concluíram que quanto maior o teor de amilose do amido, maior deve ser a força necessária para desintegração do gel, pois os amidos de maior teor de amilose e cadeia maiores de amilopectina exibem géis mais duros. Com base nisto, o gel de amido desta pesquisa apresentou comportamento de gel mais duro pelo fato de ser considerado amido de alta amilose e quando adicionado de sacarose houve uma diminuição na força do gel promovendo uma menor energia necessária para desintegrar o alimento.

CONCLUSÃO

O amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins apresentou composição adequada, dentro da legislação brasileira, para sua utilização como matéria-prima amilácea. Os grânulos de amido analisado apresentaram propriedades funcionais e reológicas que torna viável o uso desse amido na produção de alimentos. Os resultados obtidos nos experimentos realizados durante este estudo permitiram concluir que a amêndoa do caroço da manga apresentou rendimento significativo de amido, teor de umidade e cinzas dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira, sendo caracterizado como amido de alta amilose.

Em conclusão, o amido apresentou características desejáveis, mesmo em sua forma natural, podendo ser considerado como uma alternativa para a elaboração de produtos alimentícios podendo ser indicado para compor sopas desidratadas já que possui baixa temperatura de formação de gel, em produtos cárneos por possuir boa capacidade de reter água e devido ao alto teor de amilose e boa cristalinidade pode também ser usado em produtos fritos pois causa maior crocância e menor absorção de óleo.

REFERÊNCIAS

ACQUARONE, V. M.; RAO, M. A. Influence of sucrose on the rheology and granular size of cross-linked waxy maize dispersions heated to two temperatures. **Carbohydrate Polymers**, v. 51, p. 451-458, 2003.

ADEBOWALE, K. O.; AFOLABI, T. A.; LAWAL, O. S. Isolation, chemical modification and physicochemical characterization of Bambarra groundnut (Voandzeia subterranean) starch and flour. **Food Chemistry**, v.78, p.308-311, 2002.

AHMED, J. Rheometric non-isothermal gelatinization kinetics of mung bean starch slurry: effect of salt and sugar e part 1. **Journal of Food Engineering**, v. 109, p. 321-328, 2012.

ALCÁZAR- ALAY, S. C.; MEIRELES, M. A. A. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 2, p. 215-236, 2015.

ALMEIDA, P. F. Aplicação de gelatina obtida de subproduto animal como substituto parcial de gordura em spread de chocolate. 236 p. **Tese** (Doutorado em Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.

ANDRADE, P. F. de S. Fruticultura - Análise da Conjuntura Agropecuária. **SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento**. 2012.

AZAVEDO, L. C.; DE AZOUBEL, P. M. L.; SILVA, I. R. A.; ARUJO, A. J. DE B.; OLIVEIRA, S. B. Caracterização físico-química da farinha da casca de manga cv. Tommy Atkins. **Anais do XXI CBCTA**, 2008.

BATISTA, W. P.; SILVA, C. E. M.; LIBERATO, M. C. Propriedades químicas e de pasta dos amidos de trigo e milho fosforilados. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 88-93, 2010.

BARTZ, J.; MADRUGA, M. K.; KLEIN, B.; PINTO, Z. V.; DIAS, G. R. A. Propriedades de pasta de amidos de arroz nativo e acetilados. **Brazilian Journal of Food Technology**, p. 78-83, 2012.

BEEMILLER, J.; WISTLER, R. **Starch: Chemistry and Tecnology**. Ed. 3. Academic Press: USA, 2009.

BELLO-PÉREZ, L. A.; MONTEALVO, M. G. M.; ACEVEDO, E. G. Almidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F. M. e MENEZES, E. W., **Carboidratos em Alimentos Regionales Iberoamericanos**. Editora da USP, São Paulo, p. 646, 2006.

BELLO-PÉREZ, L. A.; GARCÍA-SUÁREZ, F. J.; MÉNDEZ-MONTEALVO, G.; NASCOMENTO, J. R. O.; LAJOLO, F. M.; CORNENUNSI, B. R. Isolation and Characterization os Starch from Seeds of Araucaria brasiliensis: A novel Starch for Application in Food Industry. **Starch/Stark**, 58, 283-291. 2006.

BELLO-PÉREZ, L. A.; APARICIO-SAGUILÁN, A.; MÉNDEZ-MONTEALVO, J.; SOLORZA-FERIA & FLORES-HUICOCHEA, E. Isolation and partial characterization

of mango (*Mangifera indica* L.) starch: morphological, physicochemical and functional studies. **Plant Foods for Human Nutrition**, 2005.

BERTOLINI, A. C. **Starches: characterization, properties and applications**. 1 ed., CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton London, New York, eBook, p. 1-3, 2010.

BERTOLINI, A. C. Bases moléculaires et thermomécaniques de la propriété d'expansion du polvilho azedo. 114p. **These** (Doctorat de chimie biologique) – Faculté des sciences et Techniques, Université de Nantes, Nantes, 2000.

BET, D. C.; OLIVEIRA, S. C.; COLMAN, D. A. T.; MARINHO, T. M.; LACERDA, G. L.; RAMOS, P. A.; SCHNITZLER, E. Organic amaranth starch: A study of its technological properties after heat-moisture treatment. **Food Chemistry**, 2018.

BEUCHAT, L.R. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 25, p. 258-261, 1977.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à Química de Alimentos**. 3 ed. Editora Varela: São Paulo, 2003.

BRASIL. Resolução ANV nº263. 22, de 15 de setembro de 2005. Regulamento Técnico ara produtos de Cereais Procedimentos e Farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 setem. 2005.

BUILDERS, P. F.; NNURUM, A.; MBAH, C. C.; ATTAMA, A. A.; MANEK, R. The physicochemical and binder properties of starch from *Persea americana* Mill (Lauraceae). **Starch/ Stärke**, v. 62, p 309–320, 2010.

CAMPOS, P. P.A.; SILVA JÚNIOR, S. P. N.; SÁ, P. M. F. Propriedades Funcionais do Amido do Feijão Andú (*Cajanus cajan* L.) Nativo e Modificado por Succinilação. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, p. 99-112, 2014.

CARVALHO, R. V.; ASCHERI, J. L. R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de Pellets (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

CASTANHA, N.; VILLAR, J.; DA MATTA JUNIOR, M. D.; DOS ANJOS, C. B. P.; AUGUSTO, P. E. D. Structure and properties of starches from Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) roots. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 117 p. 1029 –1038, 2018.

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** (Mossoró – RN – Brasil), v.6, n. 5, p. 80 – 83, dezembro de 2011.

CEREDA, M. P. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001.

CHEL-GUERRERO, L.; BARBOSA-MARTÍN, E.; MARTÍNEZ-ANTONIO, A.; GONZÁLEZ MONDRAGÓN, E.; BETANCUR-ANCONA, D. Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 86, p. 302-308, 2016.

- CHEN, L.; McCLEMENTS, J. D.; ZHANG, H.; ZHANG; Z. JIN, Z. Impact of amylose content on structural changes and oil absorption of fried maize starches. **Food Chemistry**. 2019.
- CHIOTELLI, E.; PILOSIO, G.; MESTE, M. Effect of sodium chloride on the gelatinization of starch: a multimeasurement study. **Biopolymers**, v. 63, p. 41-58, 2002.
- COELHO, M. A.; VIANA, C. A.; AZÊVEDO, C. L. Prospecção tecnológica para o aproveitamento de resíduos industriais, com foco na indústria de processamento de manga. **Caderno de Prospecção**, Salvador, v., n. 4, p. 550-560, 2014.
- COELHO, E. M.; AZEVEDO L. C.; SÁ, A. S. C. Elaboração de farinha de casca da manga para fins alimentícios. **Anais do VII CONNEPI – Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. Salvador/BA. 2013.
- CORDOBA, L. P.; RIBEIRO, L. S.; ROSA, L. S.; LACERDA, L. G.; SCHNITZLER, E. Effect of enzymatic treatments on thermal, rheological and structural properties of pinhão starch. **Thermochimica Acta**, v. 642, p. 45–51, 2016.
- COULTATE, T. P. **Alimentos: a química de seus componentes**. Ed. 3. Porto Alegre: Artmed, p. 368, 2004.
- CZAIKOSKI, A.; CZAIKOSKI, K.; BEZERRA, V. M. R. J.; RIGO, M. TEIXEIRA, M. A. Elaboração de sorvete com adição de polpa de manga (*Tommy Atkins*). **Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 12, n. 4, 2016.
- DEDAVID, B. A.; GOMES, I. C.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostra: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores** (recurso eletrônico). Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- DAMIANI, C.; ALMEIDA, A. C. S.; FERREIRA, J.; ASQUIERI, E. R.; VILAS BOAS, E. V. B.; SILVA, F. A. Doces de corte formulados com casca de manga. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 360-369, 2011.
- DEMIATE, I. M.; PEDROSO, R. A. Avaliação da influência de amido e carragena nas características físico-químicas e sensoriais de presunto cozido de peru. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 24-31, 2008.
- DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 945-954, 2008.
- DHILLON, S.; SEETHARAMAN K. Rheology and texture of starch gels containing iodine. **Journal of Cereal Science**, v. 54, p. 374-379, 2011.
- DUTTA, H.; PAUL, S. K.; KALITA, D.; MAHANTA, C. L. Effect of acid concentration and treatment time on acid-alcohol modified jackfruit seed starch properties. **Food Chemistry**, v. 128, n. 2, p. 284-291, 2011.
- FRANCO, C. M. L. et al. Propriedades do Amido, In: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, Propriedades Gerais do Amido. Campinas: **Fundação Cargill**, v. 1, 2001.

- FRANCO, C. M. L.; DEMIATE, I. M.; ROCHA, T. S. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioca-salsa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 3, n. 28, p. 620-628, 2008.
- GERMANI, R. Características dos grãos e farinhas de trigo a avaliações de suas qualidades. Agroindústria de alimentos, **EMBRAPA**, 2008.
- GONERA, A.; CORNILLON, P. Gelatinization of starch/gum/sugar systems studied by using DSC, NMR, and CSLM. **Starch e Starke**, v. 54, p. 508-516, 2002.
- GUERREIRO, L. M. R.; MENEGUELLI, F. C. Influência do tratamento térmico e da acidez no comportamento reológico de amidos nativos funcionais de milho cerosos orgânicos comerciais. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, 2009.
- GÖKŞEN, g.; EKOZ, I. H. Pasting and gel texture properties of starch-molasses combinations. **Food Science and Technology**, v. 39, p. 93-102, 2019.
- GUNARATNE, A., RANAWEERA, S., & CORKE, H. Thermal, pasting, and gelling properties of wheat and potato starches in the presence of sucrose, glucose, glycerol, and hydroxypropyl β -cyclodextrin. **Carbohydrate Polymers**, v. 70, p. 112-122, 2007.
- HECK, R. T.; VAZ, B. S.; FERREIRA, M. C.; DIAS, A. R. G.; ZAVAREZE, E. R. Propriedades viscoamiográficas dos géis de amidos de arroz, pinhão com diferentes teores de goma xantana. **IN: III Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, Uruguiana**, v. 3, n. 2, 2011.
- HIRASHIMA, M.; TAKAHASHI, R.; NISHINARI, K. Effects of adding acids before and after gelatinization on the viscoelasticity of corn starch pastes. **Food Hydrocolloids**, v. 19, n.5, p. 909-914, 2005.
- HONG, Y.; ZHU, L.; GU, Z. Effects of sugar, salt and acid on tapioca starch and tapioca starch-xanthan gum combinations. **Starch/Starke**, v. 66, p. 436-443, 2014.
- HOOVER, Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 45, n. 3, p. 253-267, 2001.
- HOOVER, R.; SENANAYAKE, N. Effect of sugars on the thermal and retrogradation properties of oat starches. **Journal of Food Biochemistry**, v. 20, p. 65-83, 1996.
- HUANG, J.; SHANG, Z.; MAN, J.; LIU, Q.; ZHU, C.; WEI, C. Comparison of molecular structures and functional properties of high-amylose starches from ricetransgenic line and commercial maize. **Food Hydrocolloids**, v. 46, p. 172-179, 2015.
- HUBER, K.; QUEIROZ, J. H.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R. Caracterização química do resíduo agroindustrial da manga ubá (*Mangifera indica* L.): uma perspectiva para a obtenção de antioxidantes naturais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 6, n. 1, p. 640-654, 2012.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. Determinações gerais. Normas analíticas do Instituto Adolf Lutz. 3ªed, São Paulo, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Mundial: Culturas Temporárias e Permanentes. V. 43. Brasil, 2016.

JANE, J. Structural features of starch granules II. In: BEMILLER, J.; WHISTLER, R. (Ed.). **Starch: chemistry and technology**. 3. ed. Burlington: Academic Press, chap. 6, p. 193-236, 2009.

JIAMJARIYATAM, R. Effect of Jackfruit Seed Starch (*Artocarpus heterophyllus*) Microstructure on Properties and Characteristics os Fried Battered Product. **Walailak Journal - Agriculture Technology and Biological Sciences**, 2017.

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

KIM, J.; ZHANG, C.; SHIN, M. Forming rice starch gels by adding retrograded and cross-linked resistant starch prepared from rice starch. **Food Science Biotechnology**, p. 835 – 841, 2015.

KIM, Y.; YOO, S. H.; PARK, K. H.; LEE, S. Functional characterization of native starches through thermal and rheological analysis. **Journal Korean Soc. Applied Biological Chemistry and Springer**, v. 55, p. 413-416, 2012.

LAWAL, O. S. Composition, physicochemical properties and retrogradation of native, oxidized, acetylated and acidthinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. **Food Chemistry**, London, v. 87, n. 2, p. 205-218, 2004.

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

LI, Q.; ZHANG, L.; YE, Y.; GAO, Q. Effect of salts on the gelatinization process of Chinese yam (*Dioscorea opposita*) starch with digital image analysis method. **Food Hydrocolloids**, v. 51, p. 468–475, 2015.

LI, Q.; LI, H.; GAO, Q. The influence of different sugars on corn starch gelatinization process with digital image analysis method. **Food Hydrocolloids**, 2014.

LIMA, B. N. B.; LIMA, F. F.; TAVARES, M. I. B.; COSTA, A. M. M.; PIERUCCI, A. P. T. R. Determination of the centesimal composition and characterization of flour from fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 151, p. 293-299, 2014.

LIMA, B. N. B.; CABRAL, B. T.; NETO, C. P. R.; TAVARES, B. M. I. Estudo do Amido de Farinhas Comerciais Comestíveis. **Polímeros**, v. 22, n. 5, p. 486-490, 2012.

LINDEBBOM, N.; CHANG, P. R.; TYLER, R. T. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. **Starch/Starke**, v. 56, n. 3-4, p. 89-99, 2004.

LOBO, R. A.; SILVA, L. M. G. Amido resistente e suas propriedades físico-

químicas. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, 2003.

LOOS, P.J; HOOD, L.F ; GRAHAM, H.D. Isolation and Characterization of Starch from Breadfruit. **Cereal Chemistry**, v 54, p. 282-286, 1981.

LOPEZ, O. V.; ZARITZKY, N. E.; GARCÍA, M A. Physicochemical characterization of chemically modified corn starches related to rheological behavior, retrogradation and film forming capacity. **Journal of Food Engineering**, v. 100, p. 160-168, 2010.

LOVERA, M; PÉREZ, E; LAURENTIN, A. Digestibility of starches isolated from stem and root tubers of arracacha, cassava, cush–cush yam, potato and taro. **Carbohydrate Polymers**, v. 176, p. 50-55, 2017.

LUCENA, E. M. P., et al. Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas ‘tommy atkins’ no vale do São Francisco, Petrolina-PE, **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.096-101, abr. 2007.

LUSTOSA, B.H.B.; LEONEL, M.; LEITE, T.D.; FRANCO, C.M.L.; MISCHAN, M.M. Produção de farinha instantânea de mandioca: efeitos das condições de extrusão sobre as propriedades térmicas e de pasta. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 31, n. 2, p. 231-238, 2009.

MADRUGA, M. S.; DE ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, I. R.; DO AMARAL, D. S.; MAGNANI, M.; QUEIROGA NETO, V. Chemical, morphological and functional properties of Brazilian jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch. **Food Chemistry**, v. 143, p. 440-445, 2014.

MALUMBA, P.; DORAN, L.; DANTHINE, S.; BLECHER, C.; BÉRA, F. The effect of heating rates on functional properties of wheat and potato starch-water systems. **LWT – Food Science and Technology**, 2018.

MARTINÉZ, C.; CUEVAS, F. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz: Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditorial sobre el mismo tema**. Ed. 3. Cali: CIAT, p. 73, 1989.

MARTINS, D. M. S.; BROILO, M. C.; ZANI, V. T. Óleos e gorduras utilizados em restaurantes. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.= J. Brazilian Soc. Food Nutr.*, São Paulo, SP, v. 39, n. 1, p. 25-39, 2014.

MASSOLA, B. C. P.; BIANCHINI, M. G. A. Análise de absorção de água e gordura das farinhas de amaranto em diferentes tratamentos térmicos. In: 64^a Reunião Anual da SBPC. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/64ra/resumos/resumos/8687.htm>. Acesso Junho, 2019.

MATSUGUMA, L. S. LACERDA, L. G.; SCHNITZLER, E. CARVALHO, F.; FRANCO, C. M. L.; DEMIATE, I. M. Characterization of native and oxidized starches of two Paraná State, Brazil. **Braz Arch Biol Technol**. 2009.

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

MENDES, M. L.; BORA, P. S.; RIBEIRO, L. A. P. Propriedades Morfológicas e Funcionais e outras Características da Pasta do Amido Nativo e Oxidado da Amêndoa do Caroco de Manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins. **Rv. Inst. Adolfo Lutz**, 2012.

MOHAMED, S.; HAMID, N. A.; HAMID, M. A. Food components affecting the oil absorption and crispness of fried batter. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 78, p. 39-45, 1998.

MURALIKRISHNA, G.; NIRMALA, M. Cereal amylases – a overview. **Carbohydrate Polymers**. v.60, p.163-173, 2005.

NAGULESWARAN, S.; LI, J.; VASANTHAN, T.; BRESSLER, D.; HOOVER, R. Amylolysis of large and small granules of native triticale, wheat and corn starches using a mixture of alfa-amylase and glucoamylase. **Carbohydrate Polymers**, v. 88, n. 3, p. 864-874, 2012.

NAKAMOTO, H.; NISHIKUBO, D.; KOBAYASHI, F. Food texture evaluation using logistic regression model and magnetic food texture sensor. **Journal of Food Engineering**, Netherlands, v. 222, p. 20-28, 2018.

NAWAB, A.; ALAM, F.; HAQ, M. A.; HASNAIN, A. Biodegradable film from mango kernel starch: Effect of plasticizers on physical, barrier, and mechanical properties. Department of Food Science & Technology, University of Karachi. **Starch**. Karachi, Pakistan, p.68, 2016.

NÚÑEZ-SANTIAGO, M.C.; BELLO-PÉREZ, L. A.; TECANTE, A. Swelling-solubility characteristics, granule size distribution and rheological behavior of banana (*Musa paradisiacal*) starch. **Carbohydrate Polymers**. v. 56, p. 65- 75, 2004.

OLIVEIRA, C. D. Caracterização e Potencial Tecnológico de Amidos de Diferentes Cultivares de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). 2011. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

OLIVEIRA, R. A. et al. **Embrapa Semiárido**. Cultivo de Manga. Sistemas de Produção, 2-2º edição. ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica, 2010. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/884451/1/CultivodaMangueira.pdf>>. Acesso em 14 de junho de 2019.

OLIVEIRA FILHO, J. H.; MANCIM, A. C. Aditivos e ingredientes e seus reflexos sobre as propriedades viscoamilográficas de amido de milho. **Brazilian Journal of Food Technology**, VII BMCFB, 2009.

ONIAS, E. A.; CAVALCANTI, M. T. Obtenção e Caracterização do Amido do Endocarpo da Manga Tommy Atkins Proveniente do Resíduo Agroindustrial. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. CCTA-UFCG, Pombal – PB. 2014.

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

PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the Physical Chemistry of Starch. **Journal of**

Cereal Science, v. 34, p. 1-17, 2001.

PASCOAL, M. A.; DI-MEDEIROS, C. M.; BATISTA, A. K.; LELES, G. I. M.; LIÃO, M. L.; FERNANDES, F. K. Extraction and Chemical Characterization of Starch from *S. lycocarpum* fruits. **Carbohydrate Polymers**. 2013.

PELLISSARI, F. M.; YAMASHITA, F.; GRACIA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E.; GROSSMANN, M. V. E. Constrained mixture design applied to the development of cassava starch-chitosan blown films. **Journal of Food Engineering**, v. 108, n. 2, p. 262-267, 2012.

PEREIRA, M. J.; AQUINO, S. M. C. A.; OLIVEIRA, C. D.; ROCHA, G.; FRANCISCO, A.; BARRETO, M. L. P.; AMANTE, R. E. Characteristics of cassava starch fermentation wastewater based on structural degradation of starch granules. **Food Technology**, v. 46, n. 4, p. 732-738, 2016.

PEREIRA, A. G. T.; RAMOS, E. M.; TEIXEIRA, J. T.; CARDOSO, G. P.; RAMOS, A. L. S.; FONTES, P. R. Effects of the addition of mechanically deboned poultry meat and collagen fibers on quality characteristics of frankfurter-type sausages. **Meat Science**, v. 89, n. 4, p. 519–525, 2011.

PÉREZ-PACHECO, E., MOO-HUCHIN, V. M., ESTRADA-LEÓN, R. J., ORTIZ-FERNÁNDEZ, A., MAY-HERNÁNDEZ, L. H., RÍOS-SOBERANIS, C. R., BETANCUR-ANCONA, D. Isolation and characterization of starch obtained from *Brosimum alicastrum* Swartz Seeds. **Carbohydrate polymers**, v. 101, p. 920-927, 2014.

PERRY, P.; DONALD, A. The effect of sugars on the gelatinisation of starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 49, p. 155-165, 2002.

PROKOPOWICH, D. J.; BILIADERIS, C. G. A comparative study of the effect of sugars on the thermal and mechanical properties of concentrated waxy maize, wheat, potato and pea starch gels. **Food Chemistry**, v. 52, p. 255-262, 1995.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. Avaliação Instrumental de Textura. In: __. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**, ed. 1. Viçosa, MG: Editora UFV, cap. 9, p. 455 – 529, 2007.

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, E. P.; SERAVALLI, E. A. G.; **Química de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, p. 184, 2007.

RICÓN, A. M.; PADILHA, F. C. Physicochemical properties of breadfruit (*Artocarpus Altilis*) starch from Margarita island, Venezuela. **ALAN**, v. 54, n.4, 2004.

ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 28, p. 620-628, 2008.

ROSENTHAL, A. L. Relación entre medidas instrumentales y sensoriales de la textura de limentos. In: . **Texture de los alimentos: medida y percepción**. Zaragoza: Acribia, cap. 1, p. 1-17, 2001.

RUMPOLD, B. A.; KNORR, D. Effect of salts and sugars on pressure-induced gelatinization of wheat, tapioca, and potato starches. **Starch e Starke**, v. 57, p. 370-377, 2005.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Resistant Starch – A Review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 5, 2006.

SANCHEZ, T.; SALCEDO, E.; CEBALLOS, H.; DUFOUR, D.; MAFLA, G.; MORANTE, N.; CALLE, F.; PÉREZ, J. C.; DEBOUCK, D.; JARAMILL, G.; MORENO, I. X. Screening of starch quality traits in cassava (*Manihot Esculenta Crantz*). **Starch/ Stärke**, v. 61, p. 12-19, 2009.

SANDHU, K. S.; SINGH, N. Some properties of corn starch II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1499-1507, 2007.

SANTOS, D. M.; ASCHERI, D. P.; BUKZEM, A. L.; MORAIS, C. C.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Physicochemical properties of starch from avocado seed (*Persea Americana* Mill). **B.CEPPA**, Curitiba, v. 34, n. 2, 2016.

SANTOS, M. J. M. C.; AMARAL, M. C. A.; NASCIMENTO, L. M. G.; VELOSO, C. M.; BONOMO, F.; SANTOS, L. S. Poder de inchamento, índice de solubilidade e amilose aparente de amido banana da terra verde (*Musa Sapientum* L.) utilizando hidróxido de amônia como antioxidante. **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Gramado/RS, 2016.

SCHMIDT, R. C. V.; BLANCO-PASCUAL N.; TRIBUZI, G.; LAURINDO, B. J. Effect of the Degree of Acetylation, Plasticizer Concentration and Relative Humidity on Cassava Starch Films Properties. **Food Science and Technology**. 2018.

SCHOCH, T. J.; LEACH, H. W. Determination of absolute density-liquid displacement. In: WHISTLER, R. L. (Ed). **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press, v. 4. p. 101-103, 1964.

SILVA, G. A. S.; CAVALCANTI, M.T.; ALMEIDA, M. C. B. DE M.; ARAÚJO, A. S.; CHINELARE, 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**. UFCC, Campina Grande, PB. V.17, n.12, p. 1326-1326, 2013.

SILVA, M. R.; FERREIRA, F. G.; SHIRAI, A. M.; HAAS, A.; SCHERER, L. M.; FRANCO, L. M. C.; DEMIATE, M. I. Características físico-químicas modificados com permanganato de potássio-ácido láctico e hipoclorito de sódio/ácido láctico. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 66-77, 2008.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILI, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, London, v. 81, n. 2, p. 219-231, 2003.

- SODHI, N. S.; SINGH, N. Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivares grown in India. **Food Chemistry**, v. 80, p. 99-108, 2003.
- SOPADE, P., HALLEY, P.; JUNMING, L. Gelatinisation of starch in mixtures of sugars. I. Dynamic rheological properties and behaviours of starch-honey systems. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 439-448, 2004.
- SOUSA, A. L. Avaliação de aceitação da bebida energética elaborada a partir da casca de manga e água de coco. **Anais...** Congresso de pesquisa e inovação da rede Norte e Nordeste de educação tecnológica. 4. Belém – PA, 2009.
- TAKIZAWA, F. F.; SILVA, G. de O. da; KONKEL, F. E.; DEMIATE, I. M. Characterization of tropical starches modified with potassium permanganate and lactic acid. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 6, p.921-931, 2004.
- TENG, L. Y., CHIN, N. L., & YUSOF, Y. A. Rheological and textural studies of fresh and freeze-thawed native sago starch-sugar gels. OO. Comparisons with other starch sources and reheating effects. **Food Hydrocolloids**, v. 31, p. 156-165, 2013.
- TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch – composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**. v. 39, n. 2, p. 151-165, 2004.
- THARANATHAN, R.N. Food-derived carbohydrates – Structural complexity and functional diversity. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.22, p.65-84, 2002.
- THORY, R.; SANDHU, K. S. A Comparison of mango kernel starch with a novel starch from litchi (*Litchichinensis*) kernel: Physicochemical, morphological, pasting, and rheological properties. **International Journal of Food Properties**, v. 20, p. 911-921, 2017.
- THYS, S. C. R.; AIRES, G. A.; MARCZAR, F. D. L.; NOREÑA, Z. P. C. The effect of acid hydrolysis on the technological functional properties of *pinhão* (*Araucaria brasiliensis*) starch. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 2013.
- VANDEPUTTE, G. E.; DELCOUR, J. A. From sucrose to starch granule to starch physical behaviour: a focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, n. 3, p. 245-266, 2004.
- VIEIRA, P. A. F.; QUEIROZ, J. H.; VIEIRA, B. C.; MENDES, F. Q.; BARBOSA, A. A.; MULLER, E. S.; SANT'ANA, R. C. O.; MORAES, G. H, K. Caracterização química do resíduo do processamento agroindustrial da manga (*Mangifera indica* L.) var. Ubá. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n 4, p. 617-623, 2009.
- WANG. L.; XIE. B.; XIONG. G.; WU, W.; WANG, J.; QIAO, Y.; LIAO, L. The effect of freeze-thaw cycles on microstructure and physicochemical properties of four starch gels. **Food Hydrocolloids**, 2012.
- WANI, I. A. et al. Physico-chemical and functional properties of native and hydrolyzed kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein isolates. **Food Research International**, v. 76, n. 1, p. 11-18, 2015.

- WANG, L., WANG, Y Structure and physicochemical properties of acid-thinned corn, potato and rice starches. **Starch/Stärke**, v. 53, p. 570-576, 2001.
- WANG, W.; ZHOY, H.; YANG, H.; ZHAO, S.; LIU, Y.; LIU, R. Effects of salts on the gelatinization and retrogradation properties of maize starch and waxy maize starch. **Food Chemistry**, 2016.
- WANG, L., XU, J., FAN, X., WANG, Q., WANG, P., ZHANG, Y., CUI, L., YUAN, J., & YU, Y. Effect of disaccharides of different composition and linkage on corn and waxy corn starch retrogradation. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 531-536, 2016.
- WEBER, F. H; COLLARES-QUEIROZ, F. P; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 748-753, 2009.
- WHITE, P.J.; ABBAS, I.R.; JOHNSON, L.A. Freeze-thaw stability and refrigerated-storage retrogradation of starches. **Starch**, v. 41, p. 176-181, 1989.
- WU, G.; MORRIS, F. C.; MURPHY, M. K. Quinoa Starch Characteristics and Their Correlations with the Texture Profile Analysis (TPA) of Cooked Quinoa. **Journal of Food Science**, Washington State University, Pullman U. S. A.,v. 82, 2017.
- YONEMOTO, G. P.; CALORI-DOMINGUES, A. M.; FRANCO, L. M. C. Efeito do tamanho dos grânulos nas características estruturais e físico-químicas do amido de trigo. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 2007.
- ZAVAREZE, R. E.; PEREIRA, M. J.; MOURA, A. F.; SPIER, F.; HELBIG, E.; DIAS, G. R. A. Teor de amido resistente e perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose modificados hidrotermicamente. **Brazilian Journal of Food Technology**, 2010.
- ZEIN, RE; EL-BAGOURY, AA; KASSAB, HE. Chemical and nutritional studies on mango seed kernels. **Journal of Agricultural Science**, 30:3285-3289, 2005.
- ZHANG, Y.; HU, M. ZHU, K.; WU, G.; TAN, L. Functional properties and utilization of *Artocarpus heterophyllus* Lam seed starch from new species in China. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 107, p 1395–1405, 2018.