



**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL**

KLEILTON OLIVEIRA SANTOS

**UTILIZAÇÃO DO AMIDO EXTRAÍDO DO CAROÇO DA MANGA (*Mangifera Indica*
L.) PARA APLICAÇÃO COMO BIOMATERIAL**

CAMPINA GRANDE – PB

2015

KLEILTON OLIVEIRA SANTOS

**UTILIZAÇÃO DO AMIDO EXTRAÍDO DO CAROÇO DA MANGA (*Mangifera Indica*
L.) PARA APLICAÇÃO COMO BIOMATERIAL**

Trabalho de conclusão de curso – TCC
apresentado como monografia à Universidade
Estadual da Paraíba – UEPB, em cumprimento
as exigências para obtenção do título de
Bacharel em Química Industrial.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Maria Roberta de Oliveira Pinto

CAMPINA GRANDE – PB

2015

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S237u Santos, Kleilton Oliveira.

Utilização do amido extraído do caroço da manga (mangifera indica L.) para aplicação como biomaterial [manuscrito] / Kleilton Oliveira Santos. - 2015.

39 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2015.

"Orientação: Profa. Dra. Maria Roberta de Oliveira Pinto, Departamento de Química".

1. Biomaterial. 2. Amido. 3. Endocarpo da manga. 4. Recursos renováveis. I. Título.

21. ed. CDD 664.2

KLEILTON OLIVEIRA SANTOS

UTILIZAÇÃO DO AMIDO EXTRAÍDO DO CAROÇO DA MANGA (*Mangifera Indica*
L.) PARA APLICAÇÃO COMO BIOMATERIAL

Trabalho de conclusão de curso – TCC
apresentado como monografia à Universidade
Estadual da Paraíba – UEPB, em cumprimento
as exigências para obtenção do título de
Bacharel em Química Industrial.

APROVADA EM 02/12/15

BANCA EXAMINADORA:

Maria Roberta de Oliveira Pinto.
Prof.^a Dra. Maria Roberta de Oliveira Pinto (DQ/CCT/UEPB)
(Orientadora)

Edilane Laranjeira
Prof.^a Dra. Edilane Laranjeira (DQ/CCT/UEPB)
(Examinadora)

Maria de Fátima N. Sousa
Prof.^a MSc Maria de Fátima N. Sousa (DQ/CCT/UEPB)
(Examinadora)

Aos meus pais, por todo amor e dedicação para comigo, por terem sido a peça fundamental para que eu tenha me tornado a pessoa que hoje sou. A minha família, namorada e amigos pelo carinho e apoio dispensados em todos os momentos que precisei. **DEDICO.**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, o que seria de mim sem a fé que eu tenho Nele, que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

Aos meus pais, Adilson e Inaldete por absolutamente tudo. Cada um de seus atos foi uma oportunidade que eu tive para crescer e me tornar o que sou. Aos meus irmãos, Kleiton e Mikaelle, pelo apoio e amor incondicional e que felizmente posso dizer ser recíproco. A minha namorada Thaislânia que de forma especial e carinhosa me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades.

Aos amigos que fiz durante o curso, pela verdadeira amizade que construímos em particular aqueles que estavam sempre ao meu lado (Ewerton, Gleyton, Juliana, Thalles e Bruno) por todos os momentos que passamos durante todos esses anos, meu especial agradecimento. Sem vocês essa trajetória não seria tão prazerosa.

À minha orientadora, Prof^ª. Dr^ª. Maria Roberta de Oliveira Pinto, pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho e por ter sido além de uma boa orientadora, uma grande amiga.

A todos os professores do curso de Química Industrial, pela paciência, dedicação e ensinamentos disponibilizados nas aulas, cada um de forma especial contribuiu para a conclusão desse trabalho e conseqüentemente para minha formação profissional.

Ao Prof. Dr. Marcus Vinícius Lia Fook pela oportunidade de aprender e desenvolver pesquisas no laboratório CERTBIO.

A Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Campus I, pela oportunidade de aprendizado e crescimento.

Por fim, gostaria de agradecer aos meus amigos e familiares, pelo carinho e pela compreensão nos momentos em que a dedicação aos estudos foi exclusiva, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que esse trabalho fosse realizado meu eterno AGRADECIMENTO.

RESUMO

A manga (*Mangifera indica L.*) é uma planta originária do Sul da Ásia, atualmente é cultivada em praticamente todos os países de clima tropical e subtropical. A fruta pode ser degustada in natura, pois é rica em vitaminas, minerais e antioxidantes. Resíduos industriais, tais como os caroços que são provenientes do processamento da fruta são descartados no solo sem tratamento prévio. O estudo do amido em substituição ao plástico convencional (de origem petroquímica) tem recebido considerável atenção no cenário dos recursos renováveis. O amido apresenta um enorme potencial para ser usado na área biomédica como curativos e implantes (substituto de pele). O presente trabalho visa contextualizar as propriedades físico-químicas do amido extraído do endocarpo da manga (*Mangifera indica L.*) avaliando sua potencial aplicação como biomaterial e colaborando com a redução da problemática ambiental. As amêndoas do caroço da manga foram lavadas, descascadas e trituradas em um liquidificador até a obtenção de uma massa densa e uniforme, acrescentando-se água destilada na proporção de 4:1. A massa obtida foi filtrada em sacos confeccionados com organza (abertura da malha próxima a 100 mesh). A suspensão de amido filtrada foi decantada, em ambiente refrigerado a 5 °C por 24 horas. O sobrenadante foi descartado e o amido suspenso com água destilada e decantado novamente. Este procedimento de suspensão e decantação foi efetuado até que, praticamente, toda a mucilagem presente na suspensão fosse eliminada e o produto apresente cor e textura características de amido. Após esta etapa o amido foi liofilizado por 48 horas e passado em peneira 200 mesh. No amido extraído foram determinadas as análises físico-químicas (teor de umidade, cinzas), Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), análise térmica e Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X (EDS). Nos filmes de amido serão feitas as avaliações biológicas, a tensão superficial por ângulo de contato e o ensaio de intumescimento. Após a análise dos resultados será possível avaliar se os biofilmes obtidos apresentam características favoráveis para possível aplicação como biomaterial.

Palavras-chave: Biomaterial, Amido, Endocarpo da manga.

ABSTRACT

The mango (*Mangifera indica* L.) is a plant of South Asia, is now cultivated in almost all countries of tropical and subtropical climate. The fruit can be tasted fresh, it is rich in vitamins, minerals and antioxidants. Industrial residues from fruit processing are discarded on the ground without any treatment. The study for starch employment in replacement of conventional plastics (petrochemical origin) for some specific applications has been gaining strength and receiving considerable attention in the scenario of renewable resources. Starch has enormous potential to be used in the biomedical field as dressings and implants (skin substitutes). This study aims to contextualize the physicochemical properties of the extracted starch cored mango (*Mangifera indica* L.) evaluating its potential application as a biomaterial and helping to reduce the environmental issue. The kernels from the core of the sleeve were washed, peeled and ground in a blender to obtain a dense and uniform paste, adding distilled water in the ratio of 4: 1. The pellet was filtered bags made of organza (opening of the next mesh to 100 mesh). The filtered starch slurry was decanted, refrigerated at 5 ° C for 24 hours. The supernatant was discarded and the starch suspended in distilled water and decanted again. This suspension and decanting procedure was carried out until virtually all the mucilage present in the suspension were removed and the product have color and texture characteristics starch. After this step the starch was lyophilized for 48 hours and passed 200 mesh sieve. The extracted starch were determined physico-chemical analysis (moisture, ash), Spectroscopy Infrared Region Fourier Transform (FTIR), Scanning Electron Microscopy (SEM), thermal analysis and spectroscopy Energy Dispersive X-ray (EDS). In starch films are made biological assessments, the surface tension by contact angle and swelling test. After analyzing the results will be possible to assess whether biofilms obtained are favorable characteristics for possible application as a biomaterial.

Keywords: *Biomaterial, Starch, Core material of the sleeve.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mangueira	13
Figura 2: Estrutura do amido	15
Figura 3: Polimorfo do amido de cristalinidade do tipo A	17
Figura 4: Polimorfo do amido de cristalinidade do tipo B	17
Figura 5: Extração das amêndoas do endocarpo da manga	21
Figura 6: Extração do amido da amêndoa do endocarpo da manga	21
Figura 7: Suspensão de amido	22
Figura 8: Liofilizador, Ultra freezer e amido em pó	22
Figura 9: Biofilme de amido de manga	26
Figura 10: Poder de inchamento (PI) e índice de solubilidade (IS) do amido extraído da amêndoa do caroço da manga	29
Figura 11: Difratoograma de raios-x do amido extraído do endocarpo da manga	29
Figura 12: Espectro de absorção no infravermelho por transformada de Fourier do amido extraído do endocarpo da manga	30
Figura 13: Fotomicrografias do amido extraído da amêndoa do endocarpo da manga com aumentos de: (a) 1000x; (b) 2000x e (c) 4000x	31
Figura 14: Curvas de TG/TGA do material amiláceo extraído da amêndoa do endocarpo da manga	32
Figura 15: Gráfico do grau de intumescimento dos biofilmes em água e solução tampão – PBS	33
Figura 16: Medida do ângulo de contato	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo Geral	12
1.2 Objetivo Específico	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Manga	13
2.2 Amido	14
2.3 Biomateriais	18
3 MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1 Materiais	20
3.2 Métodos	20
3.2.1 <i>Extração e caracterização do Amido do Endocarpo da Manga Tommy</i>	20
3.2.1.1 Extração.....	20
3.2.1.2 Teor de Umidade.....	22
3.2.1.3 Teor de Cinzas.....	23
3.2.1.4 Teor de Lipídios.....	23
3.2.1.5 Teor de Proteínas.....	23
3.2.1.6 Quantificação do amido.....	23
3.2.1.7 Poder de inchamento e solubilidade.....	24
3.2.1.8 Difração de Raios X (DRX).....	25
3.2.1.9 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	25
3.2.1.10 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	25
3.2.1.11 Análise Termogravimétrica.....	25
3.2.2 <i>Confecção e caracterização dos Filmes de Amido do Endocarpo da manga</i>	26
3.2.2.1 Confecção dos Filmes de Amido do Endocarpo da manga.....	26
3.2.2.2 Intumescimento.....	26
3.2.2.3 Tensão Superficial por Medidas do Ângulo de Contato.....	27
3.2.2.4 Citotoxicidade.....	27

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Caracterizações do amido do Endocarpo da manga	28
4.1.1 <i>Perda por dessecação (teor de umidade) e perda por incineração (teor de cinzas)</i>	28
4.1.2 <i>Poder de inchamento e solubilidade</i>	28
4.1.3 <i>Difração de Raios-X – DRX</i>	29
4.1.4 <i>Espectroscopia na Região de Infravermelho por Transformada de Fourier – FTIR</i>	30
4.1.5 <i>Microscopia Eletrônica de Varredura - (MEV)</i>	31
4.1.6 <i>Análise Termogravimétrica - TG</i>	32
4.2 Caracterização dos Filmes de Amido do Endocarpo da manga	33
4.2.1 <i>Intumescimento</i>	33
4.2.2 <i>Citotoxicidade</i>	34
4.2.3 <i>Tensão Superficial por Medidas do Ângulo de Contato</i>	34
5 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

No processamento industrial da manga se gera resíduos que na maioria das vezes são descartados no solo sem qualquer tratamento precedente. Como a quantidade de resíduos é muito grande, se faz necessário uma investigação científica e tecnológica, pois, agregar valor a estes subprodutos é de interesse econômico e ambiental.

No cenário de recursos renováveis o amido vem ganhando força e atenção para o estudo e emprego de substituição do plástico convencional (de origem petroquímica) destinado a algumas aplicações específicas. O seu baixo custo e disponibilidade na natureza faz dele um dos biopolímeros mais utilizados para a produção de materiais biodegradáveis (PETERSEN et al., 1999).

Polímeros naturais recebem grande atenção na área dos biomateriais, pois suas similaridades estruturais com as macromoléculas biológicas os tornam facilmente reconhecidos pelo organismo, além de serem metabolizados a resíduos atóxicos e naturalmente eliminados (YI et al., 2005). Por essa razão o amido apresenta um enorme potencial para ser usado na área biomédica como curativos e implantes (substituto de pele).

Quando os grânulos de amido são aquecidos ocorre à formação de uma pasta viscosa, devido ao inchamento dos grânulos. Este processo é irreversível, e só acontece devido ao aumento da temperatura, já que o amido é insolúvel em água fria. Este fenômeno é conhecido como gelatinização do amido, e dependem de outros fatores além da temperatura, como a relação amido-água, tipo de grânulo, e a heterogeneidade dentro do grânulo (CEREDA,1992).

As características físico-químicas diferenciadas dos amidos naturais requer uma busca de novas tecnologias a serem aplicadas, fazendo com que o setor industrial se torne cada vez mais complexo. Esses amidos poderiam substituir amidos quimicamente modificados ou abrir novos mercadosm uma vez que fontes de amido devem ser adaptáveis a determinadas regiões e apresentam bom rendimento agrícola (PERONI, 2003).

O desenvolvimento de tecnologias que revertam polímeros naturais em matéria-prima para a produção de materiais biodegradáveis de interesse industrial, é de suma importância para disponibilizar e valorizar novos produtos ou materiais, promovendo o aumento da eficiência da indústria, ampliando o mercado, melhorando a estabilidade econômica e fornecendo incentivos para novos plantios, estimulando economias regionais, geralmente dependentes de produtos nativos.

A utilização do amido extraído do endocarpo da manga (*Mangifera indica L.*) justifica-se pelo problema do desperdício de resíduos agroindustriais e possíveis danos que estes venham a acarretar ao meio ambiente agregados ao potencial que eles apresentam como a biodegradabilidade, resultando em grande atrativo científico na área dos biomateriais, buscando-se simplificação tecnológica e absorção desse valioso insumo atualmente descartado. Na área de saúde o problema apesar de ser, relativamente recente, tem crescido em virtude do progressivo aumento da expectativa de vida das pessoas e da possibilidade de intervenção em problemas congênitos ou traumas. Assim, o avanço impelido pela necessidade do desenvolvimento pode ser sustentável, à medida que se buscam novas fontes de matéria-prima a partir de recursos renováveis.

1.1 **Objetivo Geral**

Extrair e caracterizar o amido do endocarpo da manga (*Mangifera indica L.*) e avaliar sua possível aplicação como biomaterial.

1.2 **Objetivos Específicos**

- Extrair o amido do endocarpo da manga (*Mangifera indica L.*);
- Determinar a composição química (umidade, teor de cinzas, proteínas, teor de amido, lipídeos) do amido;
- Avaliar a morfologia dos grânulos do amido através do microscópio eletrônico de varredura.
- Avaliar a estabilidade das amostras
- Avaliar o amido quanto as suas propriedades biológicas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Manga

A manga é uma das frutas mais delicadas das espécies tropicais, sendo até citada nas escrituras budistas. É uma fruta suculenta, de sabor muito exótico, e se encontra em diversas regiões do mundo. A manga é fruto da mangueira que se desenvolve em condições de clima subtropical.

A mangueira (Figura 1) pertence à família Anacardiaceae, sendo uma dicotiledônea do gênero *Mangífera*. Embora essa família possua outras espécies comestíveis, como *M. altíssima*, *M. caesia*, *M. lagenífera*, *M. macrocarpa*, *M. odorata* e *M. sylvatica*, a *M. indica* é a única cultivada comercialmente em grande escala (SANTOS-SEREJO, 2005). A mangueira pode crescer em solos arenosos, argilosos e pedregosos. É considerada adaptada a diferentes tipos de solo. No entanto, em plantios comerciais, nos quais os investimentos requerem maior produtividade, é preciso levar em consideração alguns critérios como possuir solos férteis, bem drenados e profundos (ALBUQUERQUE et al., 1999).

O crescimento da mangueira se dá de maneira não contínua, dependendo da variedade e das condições climáticas podem ocorrer de três a quatro ramos por ano. Cada período vegetativo pode durar de 30 a 45 dias. Até o vigésimo dia, os ramos se desenvolvem em comprimento e diâmetro e o restante do período é para completar a maturação dos tecidos (FONSECA, 2003).

Figura 1: Frutos da Mangueira



FONTE: <http://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/fruticultura/como-plantar-e-como-tratar-algumas-doencas-que-atingem-a-mangueira.html>

Atualmente, a mangicultura é uma das principais atividades do agronegócio frutícola do mundo e no Brasil, apresentando desempenho crescente nos últimos anos. Esta atividade divide-se basicamente em duas rotas de produção, uma para o consumo de frutas *in natura* para o mercado interno e externo; e outra para a sua agroindustrialização, notadamente para produção de sucos de frutas e polpas de frutas.

O mercado interno brasileiro centraliza a comercialização principal da manga variedade Tommy Atkins, representando 79% da área plantada no Brasil. Originada da Flórida, nos Estados Unidos, essa variedade possui fruto de peso médio de 460g, em produções elevadas, resistente ao transporte, com casca grossa e formato oval, e apresenta coloração do fruto laranja-amarela coberta com vermelho, polpa firme, succulenta e teor de fibra médio (COSTA; SANTOS, 2004).

O Nordeste brasileiro é a principal região produtora de manga e abrange 70% (878 mil toneladas) da produção nacional, destacando-se os estados da Bahia, Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte, responsáveis por produzir, respectivamente, 42, 17, 4 e 3% do total produzido no país (IBGE, 2011).

2.2 Amido

A principal forma de armazenamento de energia das plantas é o amido e está presente nas raízes, frutos e também nas sementes. As propriedades físicas, químicas, biológicas e funcionais deste biopolímero variam de acordo com a sua origem, produzindo filmes com diferentes características mecânicas e de barreira (RIBEIRO et al, 2011).

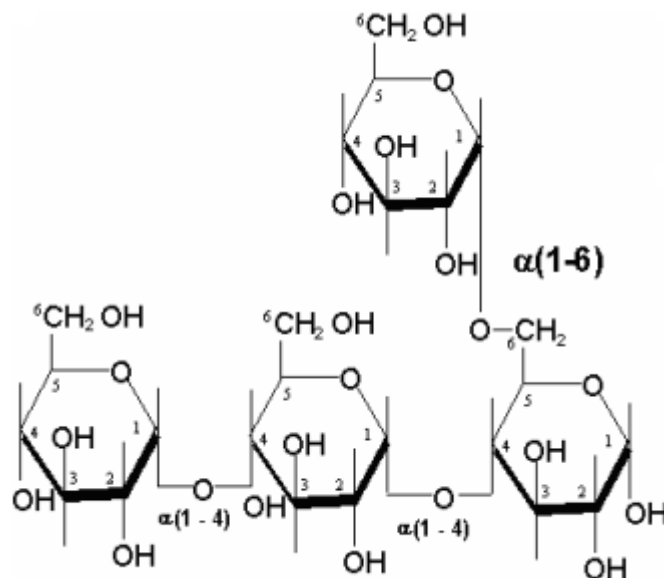
O amido é carboidrato de reserva de várias plantas. Ocorre nos cloroplastos das folhas e nos amiloplastos dos órgãos de reserva. Aparece sob forma de grânulos apresentando forma e dimensão que variam com sua origem. O amido, de modo geral, é utilizado em todo o mundo e seu consumo aumenta com o grau de desenvolvimento, sendo mais uma fonte de matéria-prima para a fabricação de bioplástico (PERONI, 2003).

Quando aquecido, os grânulos vão gradualmente intumescendo e aumenta a quantidade de água absorvida, a viscosidade e a transparência do sistema até um máximo, formando uma solução viscosa de amido. A natureza, o teor de amilose, a amilopectina, a concentração do amido, o pH, proteínas, sais, gorduras e açúcares presentes apresentam uma grande influência na dureza do gel (PENNA, 2002).

É um polissacarídeo de armazenamento mais importante nas células vegetais, formado de amilose e amilopectina (Figura 2), a funcionalidade do amido esta diretamente relacionada com a proporção entre essas moléculas e sua organização dentro dos grânulos (CEREDA et al., 2002; PERONI, 2003).

A amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -1,4, originando uma cadeia linear. Seu peso molecular é de 1×10^5 a 2×10^6 g/mol e seu comprimento pode variar de 4 a 100 unidades de glicose. (JAYAKODY, 2001). Representa em media 15 a 30% do amido (SRICHWONG et al., 2005a) e esse conteúdo varia de acordo com a fonte botânica, maturidade fisiológica e condições de solo e clima (CEREDA et al., 2002). Já a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em α -1,4 e α -1,6, formando uma estrutura ramificada. As proporções em que essas estruturas aparecem diferem em relação às fontes botânicas, variedades de uma mesma espécie e, mesmo numa mesma variedade, de acordo com o grau de maturação da planta (ELIASSON, 2004).

Figura 2: Estrutura do amido



FONTE: FENIMAN, 2004

As moléculas de amido são altamente hidratadas, porque elas têm muitos grupos hidroxila expostos sendo capazes de formar várias ligações de hidrogênio com a água. O amido encontra-se distribuído em diversas espécies vegetais como um carboidrato de reserva, sendo abundante em grãos de cereais (40% a 90% do peso seco), leguminosas (30% a 50% do peso seco), tubérculos (65% a 85% do peso seco) e frutas imaturas ou verdes (40% a 70% do

peso seco) (LAJOLO & MENEZES, 2006). Ele é também a fonte mais importante de carboidratos na alimentação humana, representando 80% a 90% de todos os polissacarídeos da dieta (WHO/FAO, 1998).

O amido tem se tornado uma excelente matéria-prima para a indústria alimentícia devido ao seu baixo custo de produção e fácil degradabilidade. Segundo Schoch (1945), as características físicas do amido baseiam-se inicialmente na organização em grânulos individuais e no efeito específico de suas frações (amilose e amilopectina). Amido de diferentes origens apresentam diferentes padrões de gelatinização devido à relação amilose/amilopectina. Os filmes de amido usam como matéria-prima o gel de amido. El-Dash (1996) apresenta uma hipótese para a formação de uma rede tridimensional de polissacarídeos baseada apenas em ligações do tipo pontes de hidrogênio. Segundo o autor uma estrutura de amido estabelecida, sob condições adequadas, poderia apresentar propriedades viscoelásticas. Moléculas de amilose e amilopectina apresentam um grande número de unidades de glicose capazes de acoplarem-se por meio de ligações intermoleculares de pontes de hidrogênio, dando origem a uma rede tridimensional (filme ou folha) capaz de reter gases e água.

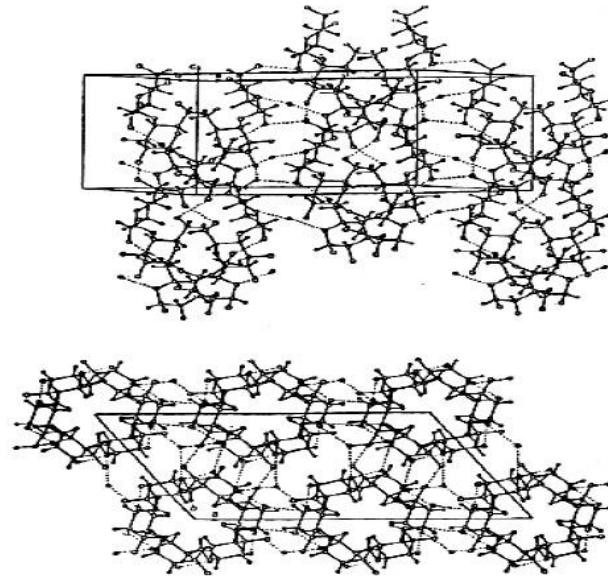
A configuração ordenada no arranjo de empacotamento das cadeias de amilopectina dá uma grande contribuição para a natureza cristalina do grânulo de amido (BERTOLINI, 2010).

A ordem cristalina dos grânulos de amido nativo é estudada pela técnica de difração de raios X que se baseia nas intensidades, nos ângulos de reflexão e nos espaçamentos de 2 θ Bragg. Os grânulos apresentam padrões de cristalinidades que variam conforme a fonte botânica, sendo classificados como tipo A (típico de cereal), B (típico de tubérculo) ou C (típico de raiz) (STEPHEN; PHILLIPS; WILLIAMS, 2006).

No amido de cristalinidade tipo A, as duplas hélices de amilopectina estão empacotadas na forma monoclinica, contendo 12 resíduos de glicose em cada dupla hélice com 4-8 moléculas de água localizada entre as hélices, como observado na Figura 3 (STEPHEN; PHILLIPS; WILLIAMS, 2006).

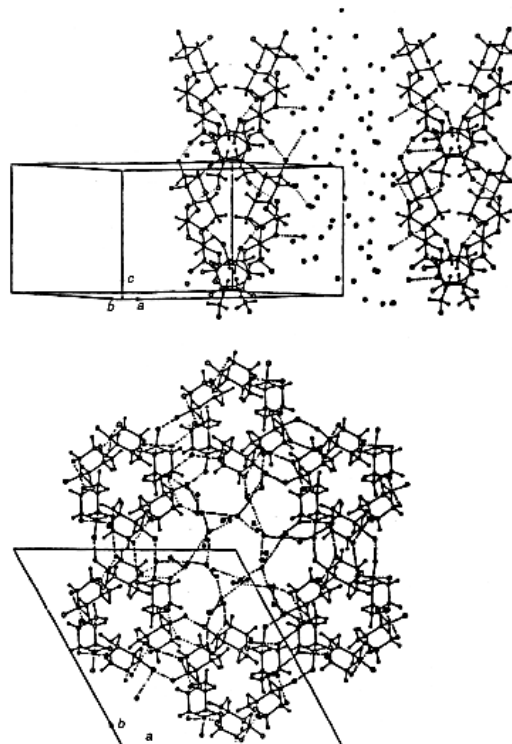
No amido de cristalinidade tipo B as duplas hélices são empacotadas numa forma de célula unitária hexagonal e com 36 moléculas de água entre as duplas hélices (Figura 4). A cristalinidade tipo C é uma mistura dos polimorfos A e B (STEPHEN; PHILLIPS; WILLIAMS, 2006).

Figura 3: Polimorfo do amido de cristalinidade do tipo A



FONTE: STEPHEN; PHILLIPS; WILLIAMS 2006

Figura 4: Polimorfo do amido de cristalinidade do tipo B



FONTE: STEPHEN; PHILLIPS; WILLIAMS 2006

No amido de origem nativa, a amilopectina é considerada como sendo a responsável pela cristalinidade dos grânulos, variando de 15-45% de acordo com origem botânica. A cristalinidade depende também do comprimento da cadeia de amilopectina e das suas

ramificações (ZOBEL; STEPHEN, 1996). As regiões cristalinas são formadas por camadas de 120-400 nm de espessura, compostas por lamelas semi-cristalinas e cristalinas, que formam o empacotamento de grânulos (FRENCH, 1984; DONALD *et al.*, 1997).

O amido só se torna um termoplástico quando submetido a um processo termomecânico em presença de um plastificante como água, glicerol ou sorbitol. Neste caso o polímero perde sua estrutura granular semicristalina e adquire o comportamento similar ao de um termoplástico fundido, permitindo seu uso em equipamentos de injeção, extrusão e sopro, como os utilizados no processamento de plásticos sintéticos (LOURDIN *et al.*, 1999).

2.3 Biomateriais

São materiais artificiais desenvolvidos para o uso em áreas da saúde aplicáveis em componentes implantados no corpo humano para substituição de partes danificadas ou doentes cuja função foi perdida são denominados biomateriais. É qualquer substância sintética ou natural que pode ser usada no tratamento ou para substituição total ou parcial de qualquer tecido, órgão ou organismo. Deve possuir características de não toxicidade, biocompatibilidade com o tecido do corpo, pouco peso e baixo custo bem como capacidade de não promover reações biológicas adversas (ORÉFICE *et al.*, 2006).

Os biomateriais podem ser: metálicos, poliméricos, cerâmicos, macromoléculas naturais (como biopolímeros), compósitos e semicondutores. Atualmente os mais requisitados são os poliméricos e as cerâmicas, uma vez que podem tanto substituir o tecido vivo sem função como estimular o crescimento de um novo tecido (OSSIS, 2013). As principais características que influenciam na escolha do biomaterial são a biocompatibilidade e as exigências físicas e químicas.

O corpo é capaz de determinar se um objeto é material do próprio corpo ou não. Qualquer substância estranha ao corpo gera uma resposta do sistema imunológico, podendo causar reações inflamatórias. Alguns materiais são mais biocompatíveis, isto é, eles são mais rapidamente integrados ao organismo sem reações inflamatórias. Os fatores determinantes mais importantes são a natureza química e a textura física da superfície de um objeto.

Na área de biomateriais os polímeros biodegradáveis apresentam interesse cada vez maior uma vez que não precisam ser removidos e não causam efeitos indesejáveis a longo prazo. São inúmeras as aplicações incluindo suturas, liberação controlada de fármacos, fixação de dispositivos ortopédicos e matrizes para engenharia de tecidos (GIGLIO *et al.*, 2001).

Todas as substâncias presentes no biomaterial devem ser inofensivas, já que poderão ficar dentro do organismo por um longo período de tempo (BROWN et. al., 2005).

A utilização de membranas para liberação controlada de fármacos ou antimicrobianos é uma técnica que vem sendo aprimorada ao longo dos anos e vem obtendo resultados promissores devido sua atividade local e sua habilidade em manter a constância nos perfis de liberação controlada de fármacos (INNOCENTINI- MEI e MARIANI, 2005). As membranas impregnadas com antimicrobiano, além de absorver de forma controlada os exsudados, evita a infecção bacteriana (LEE et al., 2000; KHAN et al., 2000).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

A matéria prima utilizada para o desenvolvimento foi à amêndoa contida no endocarpo da manga (*Mangifera indica L.*) da variedade TOMMY ATKINS, proveniente das feiras livres em Campina Grande – PB.

3.2 Métodos

O experimento foi conduzido no laboratório de Química Analítica Aplicada, Universidade Estadual da Paraíba e no laboratório de avaliação e desenvolvimento de biomateriais (CERTBIO), localizado na Universidade Federal de Campina Grande-PB.

3.2.1 *Extração e caracterização do Amido do Endocarpo da Manga Tommy*

O amido extraído foi caracterizado através das análises físico-químicas (teor de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos, quantificação do amido, inchamento e solubilidade), Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV, Análise Térmogravimétrica - TG, Difração de Raio X – DRX e Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier -FTIR.

3.2.1.1 Extração

Os endocarpos das mangas (caroços) foram colocados em estufa para secagem a uma temperatura de 30°C para posteriormente obter a amendôa através da quebra manual com auxílio de uma faca de inox, como ilustrado na Figura 5.

Figura 5: Extração das amêndoas do endocarpo da manga



FONTE: Própria

As amêndoas foram lavadas, descascadas e trituradas em um liquidificador até a obtenção de uma massa densa e uniforme, acrescentando-se água destilada na proporção de 1:4, ilustrado na Figura 6.

Figura 6: Extração do amido da amêndoas do endocarpo da manga



FONTE: Própria

A massa obtida foi filtrada em sacos confeccionados com organza (abertura da malha próxima a 100 mesh). A suspensão de amido filtrada foi decantada, em ambiente refrigerado a 5° C por 24 horas. O sobrenadante foi descartado e o amido suspenso com água destilada foi novamente decantado. Este procedimento de suspensão e decantação foi efetuado até que o produto apresentasse cor e textura características de amido, Figura 7.

Figura 7: Suspensão de amido



FONTE: Própria

Após esta etapa as amostras foram levadas ao ultra freezer a uma temperatura de -60°C por 5 dias. As amostras congeladas foram colocadas no liofilizador por 48 horas e passadas em uma peneira de 200 mesh para obtenção do amido em pó, Figura 8.

Figura 8: Liofilizador, Ultra freezer e amido em pó



FONTE: Própria

3.2.1.2 Teor de Umidade

Pesou-se aproximadamente 1 g da amostra de amido em um béquer, previamente tarado. Levou-se o mesmo até uma estufa durante 2 horas a uma temperatura de 105°C . Resfriou-se em um dessecador até a temperatura ambiente. Pesou-se e repetiu-se a operação

de aquecimento e resfriamento até peso constante. Todo procedimento foi realizado em triplicata.

3.2.1.3 Teor de Cinzas

Pesou-se 1 g da amostra de amido em um cadinho de porcelana, previamente aquecida em mufla a 550°C por 30 minutos, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. O conjunto amostra cápsula foi levada até a mufla à temperatura de 550°C por 3 horas. O conjunto foi retirado e levado ao dessecador para o resfriamento a temperatura ambiente, logo após, o conjunto foi pesado. Repetiram-se as operações de aquecimento e resfriamento até peso constante.

3.2.1.4 Teor de Lipídios

O teor de lipídios foi determinado utilizando extração semi-contínua com éter de petróleo em extrator de Soxhlet por 5 horas.

3.2.1.5 Teor de Proteínas

A determinação do teor de proteínas na farinha in natura foi realizada segundo o método de Kjeldahl utilizando-se um digestor, um destilador e aplicando-se um fator de 6,25.

3.2.1.6 Quantificação do amido

A quantificação do amido foi realizada por digestão ácida em microondas. Pesou-se cerca de 1,0 g de amido, previamente seca em Erlenmeyer de 250 mL e anotou-se seu peso. Adicionou-se cerca de 50 mL de HCl 1M e fechou-se o erlenmeyer com um tampão de algodão envolvido por filme plástico auto-aderente. A amostra foi colocada em um recipiente de plástico para microondas com um pouco de água no fundo para não secar. O Erlenmeyer permaneceu em microondas durante 20 minutos na potência máxima. Após este período o

amido se transformou em açúcares e algumas gotas são retiradas para o teste com Lugol (Iodo em iodeto de potássio) que deve ficar amarelo. A seguir a amostra foi neutralizada com NaOH 10% (100g NaOH/L de água) usando três gotas de fenolfetaleína como indicador até que a coloração da solução fique rósea (cor na bureta das Fotos 5 e 6). Após neutralização o volume foi completado em balão volumétrico para 250 mL e faz-se a titulação de açúcares por Layne-Eynon.

$$\% \text{ Amido} = \frac{250 \cdot \text{TL} \cdot 0,9 \cdot 100}{\text{Leitura média} \cdot \text{PA}} \quad (1)$$

Onde:

250 é o volume total da diluição da amostra de fécula; **TL** fator da glicose; **0,9** é o fator que transforma açúcares redutores em amido; **100** é para expressar o amido em porcentagem da amostra; **Leitura média** é a leitura da titulação da amostra de fécula; **PA** é o peso da amostra de fécula usada, seca ou úmida.

3.2.1.7 Poder de inchamento e solubilidade

Foi realizado através da metodologia descrita por Schoch (1964), na qual 1,0 g de amido em base seca e 40 mL de água serão colocados em erlenmeyers, previamente tarados e levados a aquecimento em banho-maria com agitação, por 30 minutos nas temperaturas de 55 °C, 65 °C, 75 °C, 85 °C e 95 °C. A suspensão de amido será então colocada em tubos e centrifugada a 5000 x g por 30 minutos. O sobrenadante será cuidadosamente separado e uma alíquota de 10 mL será retirada, seca em estufa a 105°C por 24 horas e pesada, para avaliar o percentual de solubilidade. O sedimento será pesado para avaliar o percentual de grânulos inchados e os percentuais de solubilidade e poder de inchamento serão calculados a partir das relações abaixo:

$$\text{Solubilidade} = \frac{\text{peso do material solúvel} \times 100}{\text{peso da amostra}} \quad (2)$$

$$\text{Poder de inchamento} = \frac{\text{peso do sedimento} \times 100}{\text{peso da amostra} \times (100 - \% \text{ solúveis})} \quad (3)$$

3.2.1.8 Difração de Raios X (DRX)

As análises de difração de raios X foram conduzidas em aparelho XRD-6000 Shimadzu, com radiação $K\alpha$ do cobre, tensão 40 kV, corrente 30 mA, varredura 2θ de 2 a 30° e velocidade de varredura 2°/min.

3.2.1.9 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

As análises utilizando a técnica de espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) dos filmes foram realizadas em um equipamento Spectrum 400 da Perkin Elmer. A técnica FTIR foi usada para identificar as bandas características dos grupos funcionais presentes nas matérias primas utilizadas nesta pesquisa, utilizando a faixa de varredura de 4000 a 650 cm^{-1} .

3.2.1.10 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A microestrutura do amido foi observada utilizando um microscópio eletrônico de varredura (MEV, TM-1000, HITACHI), equipado com acessório de energia dispersiva de raios-X (EDX).

3.2.1.11 Análise Termogravimétrica

Aproximadamente 10 mg da amostra foi colocada em cápsulas de alumínio e submetida a aquecimento de 25 – 500° C, sob fluxo de nitrogênio de 20 mL/min, e taxa de aquecimento de 10° C/min em equipamento modelo Pyris 1 TGA de fabricação PerkinWelmer.

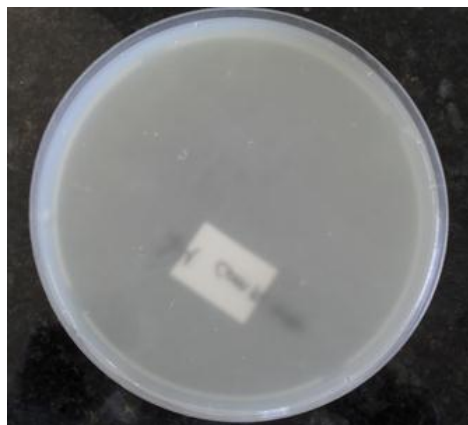
3.2.2 Confeção e caracterização dos Filmes de Amido do Endocarpo da manga

Os biofilmes foram confeccionados e caracterizados através das análises de Intumescimento, Tensão Superficial por Medidas do Ângulo de Contato e Citotoxicidade.

3.2.2.1 Confeção dos Filmes de Amido do Endocarpo da manga

As soluções filmogênicas foram elaboradas misturando 4,50 g de amido de manga em 150 mL de água, o que corresponde a 3% de amido em relação à água, glicerol na concentração de 30% por 4,50 g de amido. Esta mistura foi levada ao aquecedor elétrico à 90°C por 30 min sob agitação constante até que a gelatinização se completasse. A solução filmogênica em volume de 40 g foi transferida para placas de acrílico de 15 cm de diâmetro e levadas a secagem em temperatura ambiente por 24 horas. A Figura 9 ilustra o biofilme de amido de manga.

Figura 9: Biofilme de amido de manga



FONTE: própria

3.2.2.2 Intumescimento

Para o ensaio de intumescimento os filmes foram cortados em pedaços de 2,5 x 2,5 cm e quantificados (P_S). Em seguida os filmes foram imersos em 50 mL de solução tampão fosfato (pH 7,4) e em água destilada (pH 5,0) em intervalos variados por 3 horas. Após cada intervalo os filmes foram retirados, colocados entre duas folhas de papel absorvente para

eliminar o excesso de umidade superficial das amostras, quantificados (P_U) e devolvidos a solução amostra. O cálculo de intumescimento foi feito em triplicata através da Equação 1.

$$I(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100 \quad (4)$$

3.2.2.3 Tensão Superficial por Medidas do Ângulo de Contato

A técnica consiste no cálculo da tensão superficial do biofilme baseada na análise do formato da gota. O ângulo de molhabilidade entre a gota de água destilada com tensão superficial conhecida e a superfície do biofilme depende da relação entre as forças adesivas, que fariam a gota se espalhar ou não sobre a superfície.

3.2.2.4 Citotoxicidade

O ensaio de citotoxicidade foi realizado de acordo com a norma ABNT NBR ISO 10993-5: 2009 - Ensaio Biológico *in vitro* – Citotoxicidade Viabilidade Celular e de acordo com o PT04 - Ensaio de Citotoxicidade - Viabilidade Celular, utilizando 4 amostras e 12 replicatas para cada amostra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterizações do amido do Endocarpo da manga

4.1.1 Perda por dessecação (teor de umidade) e perda por incineração (teor de cinzas)

A Tabela 1 ilustra as análises físico-químicas do amido extraído da amêndoa do endocarpo da manga.

TABELA 1: Teor de umidade e cinzas do amido extraído da amêndoa do endocarpo da manga

Umidade	Cinzas	Lipídios	Proteínas	Amido
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
9,23 ± 0,271	0,59 ± 0,05	7,32 ± 0,40	5,30 ± 0,18	60,50 ± 0,30

FONTE: Própria

O teor de umidade e cinzas do amido extraído da amêndoa do caroço da manga foram inferiores aos estabelecido pela legislação em vigor (Brasil, 1978) para farinhas vegetais.

O teor de amido foi inferior ao estabelecido por Brasil (1978), mas próximo ao valor encontrado por Mendes, Bora e Ribeiro (2012). O teor de lipídeos e proteínas foi bem próximo aos encontrado por estes autores. No entanto, a quantidade dos constituintes dependerá da espécie vegetal e da parte do vegetal da qual o amido é extraído.

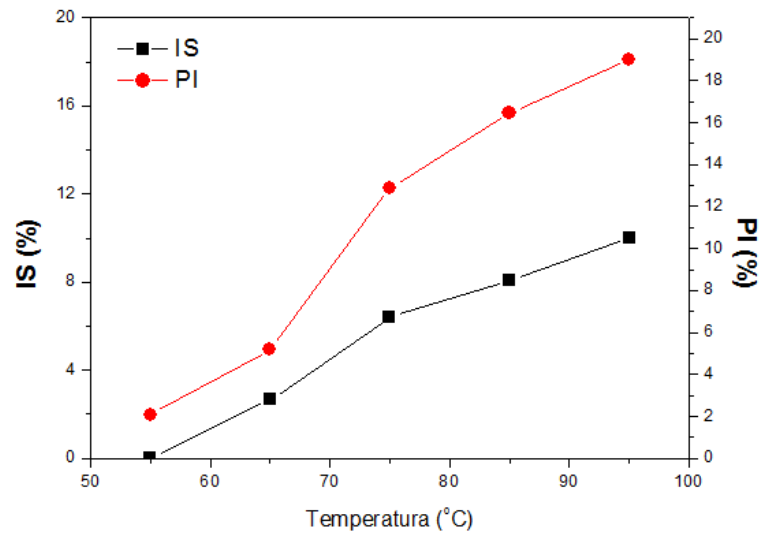
4.1.2 Poder de inchamento e solubilidade

Na Figura 10 são apresentados os resultados para o poder de inchamento e índice de solubilidade do amido extraído da amêndoa do caroço da manga.

O amido da amêndoa do caroço da manga mostrou grande variação do PI e do IS, com o aumento da temperatura, indicando ruptura das ligações internas do grânulo, ocorrendo intumescimento dos grânulos e aumento da solubilidade do amido. O aumento da temperatura provoca rompimento de interações intermoleculares e a abertura das cadeias do amido permitindo a entrada de moléculas de água no grânulo de amido e consequente aumento dessas propriedades (BARBOSA, 2013).

Resultados semelhantes foram observados por Carvalho et al. (1997) para amido da amêndoa da manga termoprocessada.

Figura 10: Poder de inchamento (PI) e índice de solubilidade (IS) do amido extraído da amêndoa do caroço da manga

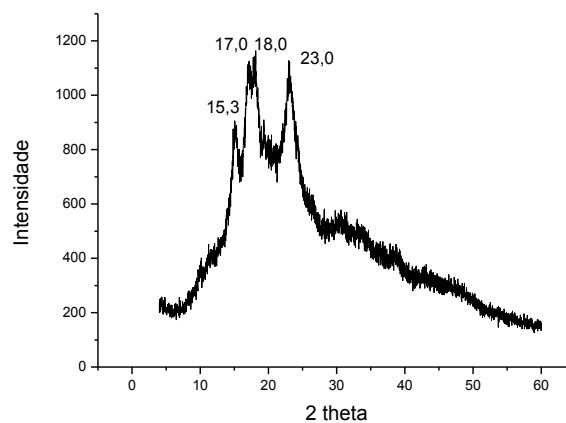


FONTE: Própria

4.1.3 Difração de Raios-X – DRX

A Figura 11 ilustra o difratograma de difração de raios-X do amido extraído do endocarpo da manga.

Figura 11: Difratograma de raios-X do amido extraído do endocarpo da manga



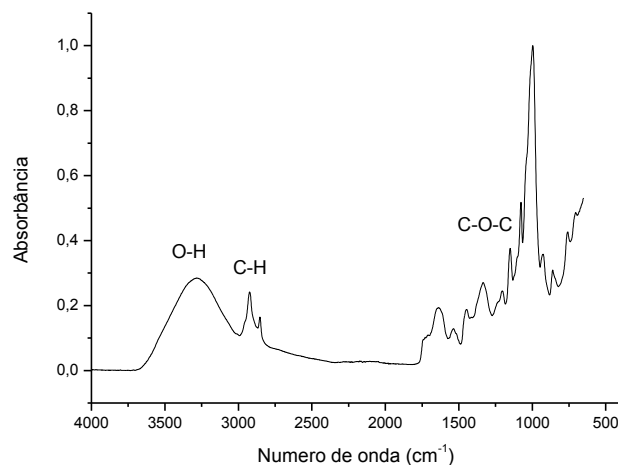
FONTE: Própria

O amido extraído do endocarpo do caroço de manga apresentou difratograma de raio x com picos em 2θ com intensidades de 15,3; 17,0; 18,0 e 23,0, picos estes característicos dos grânulos de estrutura tipo A. A cristalinidade tipo A ocorre na maioria dos cereais (milho, arroz, trigo, aveia) e é descrita como uma unidade celular monocíclica altamente condensada e cristalina, onde 12 resíduos de glicose de duas cadeias no sentido anti-horário abrigam quatro moléculas de água entre as hélices (OATES, 1997; ELIASSON,2004) e apresentou um grau de cristalinidade de 19,20%.

4.1.4 Espectroscopia na Região de Infravermelho por Transformada de Fourier – FTIR

A Figura 12 ilustra o espectro de absorção no infravermelho por transformada de Fourier do amido extraído da amêndoa do endocarpo da manga.

Figura 12: Espectro de absorção no infravermelho por transformada de Fourier do amido extraído do endocarpo da manga



FONTE: Própria

Na Figura 12 verificam-se algumas bandas características, como a banda em 3020 a 3670 cm^{-1} que é atribuída à deformação axial de O-H em um grupamento hidroxila. Outra banda observada em 2915 cm^{-1} pode ser atribuída ao estiramento C-H. A banda que aparece em aproximadamente 1148 cm^{-1} , corresponde à ligação glicosídica α -1,4 C-O-C. Bandas

localizadas em 1467, 1440, 1240 e 860 cm^{-1} podem ser atribuídas a vibrações do grupamento CH₂. A banda observada em 1642 cm^{-1} está relacionada com a água ligada.

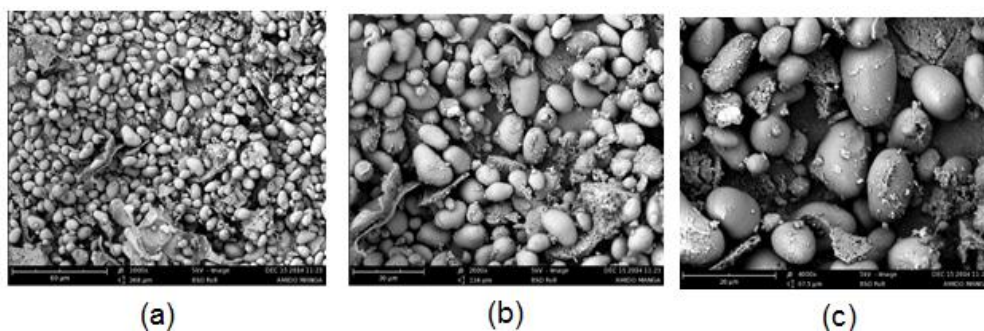
As bandas localizadas em aproximadamente 1157, 1141, 1074 e 982 cm^{-1} podem ser atribuídas ao alongamento C–O e C–C. As bandas localizadas em 1065 cm^{-1} são características da região mais organizada do amido (cristalina) e a banda em 1028 cm^{-1} é característica da região amorfa. No espectro do amido puro observa-se uma banda intensa na região de 1018 cm^{-1} .

O espectro de FTIR do amido extraído da amêndoa do endocarpo da manga apresentou bandas características de amidos nativos e indicou que o amido estudado é um amido de característica amorfa, corroborando com os resultados de DRX (IURCKEVICZ, 2014).

4.1.5 Microscopia Eletrônica de Varredura - (MEV)

A Figura 13 ilustra as fotomicrografias do amido extraído da amêndoa do endocarpo da manga com aumentos de 1000x; 2000x e 4000x.

Figura 13: Fotomicrografias do amido extraído da amêndoa do endocarpo da manga com aumentos de: (a) 1000x; (b) 2000x e (c) 4000x.



FONTE: Própria

Os grânulos do amido das amêndoas do caroço da manga apresentaram formato irregular com predominância de formatos esféricos a elipsoidais e tamanhos diferenciados. A superfície dos grânulos apresentou-se lisa com algumas ranhuras causadas provavelmente pelo método de extração.

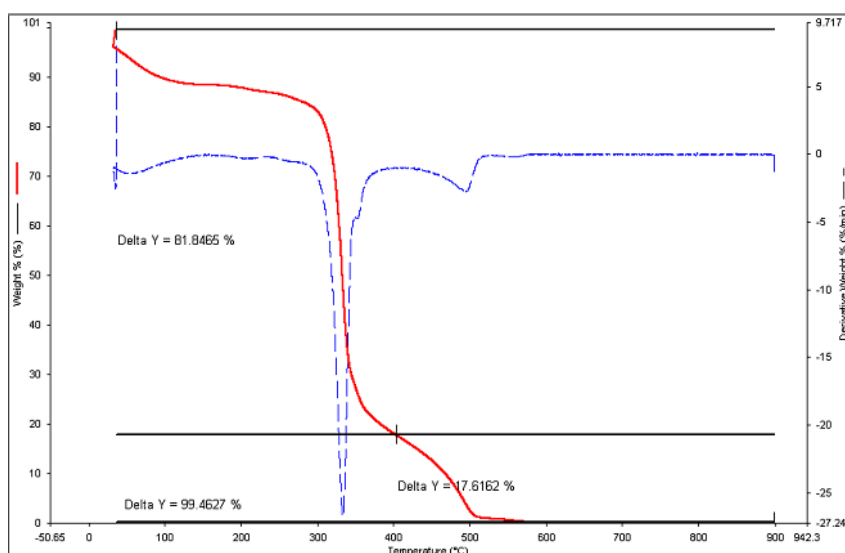
Através da microscopia eletrônica de varredura observou-se que a forma e o tamanho dos grânulos de amido nativo são distintos entre as espécies vegetais, os grânulos são organizados em zonas cristalinas alternadas por outras semicristalinas devido à alternância dos períodos de síntese ocorridos nos amiloplastos. A forma e o tamanho dos grânulos de amido podem variar de acordo com espécies de plantas e maturação.

4.1.6 Análise Termogravimétrica - TG

A Figura 14 ilustra as curvas de TG/TGA do material amiláceo extraído da amêndoa do endocarpo da manga.

Através da Figura 14 observam-se dois eventos térmicos de perda de massa. O primeiro ocorreu entre 45 – 95 °C e foi atribuído à evaporação de água absorvida pelo material amiláceo. O segundo evento está relacionado à etapa de degradação térmica dos constituintes majoritários do amido, e minoritários como proteínas e lipídios, com início da degradação em torno de 295 °C, com perdas de massa correspondentes a 81,84% e 17,61%.

Figura 14: Curvas de TG/TGA do material amiláceo extraído da amêndoa do endocarpo da manga



FONTE: Própria

De acordo com as análises térmicas o amido quando submetido ao aquecimento, inicialmente passa por uma série de modificações irreversíveis, com alteração estrutural do

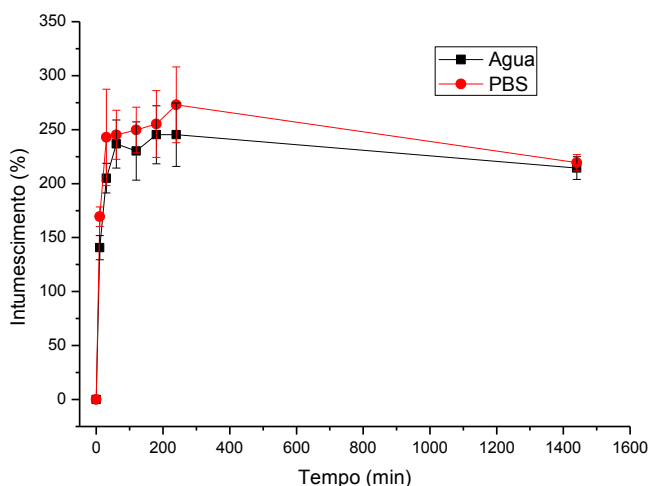
polímero e a formação de produtos solúveis em água. Quando a temperatura aplicada ultrapassa os 300 °C ocorre a decomposição do mesmo. No início ocorre alteração estrutural do polímero, gerando pirodextrinas como produtos. Em temperaturas mais elevadas, a decomposição das macromoléculas conduz à formação de levoglucosanas, furfural e produtos voláteis de menor massa molar (AGGARWAL, DOLLIMORE, 1998).

4.2 Caracterização dos Filmes de Amido do Endocarpo da manga

4.2.1 Intumescimento

A Figura 15 apresenta o gráfico do grau de intumescimento dos biofilmes em água e solução tampão – PBS.

Figura 15: Grau de intumescimento dos biofilmes em água e solução tampão – PBS



FONTE: Própria

A análise de intumescimento dos filmes demonstrou um aumento contínuo do inchamento até um limite máximo, com posterior diminuição decorrente da saturação e liberação de componentes hidrossolúveis dos filmes para o meio, sugerindo que a membrana estabilizou a absorção de solução após duas horas e não apresentou degradação, ou perda de

massa para a solução, até o final do ensaio. Observa-se também que os filmes apresentaram comportamento semelhante em água e tampão fosfato.

4.2.2 *Citotoxicidade*

A citotoxicidade de um biomaterial pode ser definida como sendo a capacidade de liberar substâncias que possam causar morte celular, direta ou indiretamente, através da inibição de vias metabólicas.

Durante o teste de viabilidade celular ocorreu uma grande afinidade dos filmes de amido pelas células, ocasionando uma migração das mesmas para o interior dos poros dos filmes e uma diminuição do número de células contadas na superfície. O filme não parece estar causando nenhuma citotoxicidade, uma vez que o número de células originalmente plaqueado é recuperado quase na sua totalidade nos poços contendo os filmes. No entanto será necessário mais investigações em relação a este ensaio.

4.2.3 *Tensão Superficial por Medidas do Ângulo de Contato*

Medidas de ângulo de contato são muito usadas para monitorar propriedades superficiais, tais como, tensão superficial crítica, componentes dispersivas e polares da energia superficial livre, interações ácido-base na superfície, cristalinidade superficial, orientação superficial dos grupos funcionais, rugosidade superficial, contaminação superficial e molhabilidade (FREITAS et. al. Apud BEAKE et. al., 1998).

A Figura 16 apresenta a medida do ângulo de contato para os filmes de amido extraído do carroço da manga.

Figura 16: Medida do ângulo de contato



Medida do ângulo de contato		
Gota1	Gota2	Gota3
33,84°	30,32°	27,64°

FONTE: Própria

Através das medidas do ângulo de contato (θ) entre o substrato e água pode-se avaliar que a superfície dos filmes de amido é hidrofílica. Este resultado é desejável devido os filmes serem confeccionados para um posterior contato com o corpo humano.

5 CONCLUSÃO

O amido apresentou um teor de umidade e cinzas compatíveis aos estabelecidos pela legislação brasileira.

O amido da amêndoa do caroço da manga mostrou grande variação do PI e do IS, com o aumento da temperatura, indicando ruptura das ligações internas do grânulo, ocorrendo intumescimento dos grânulos e aumento da solubilidade do amido.

De acordo com as análises térmicas o amido apresentou perdas de massa correspondentes a 81,84% e 17,61%.

As micrografias dos grânulos do amido apresentaram formato irregular com predominância de formatos esféricos a elipsoidais e tamanhos diferenciados.

O FTIR apresentou bandas características de amidos nativos e indicou que o amido estudado é um amido de característica amorfa

O amido de manga apresentou difratograma de raios-X com picos em 2θ referentes ao padrão de cristalinidade do tipo A.

Através das medidas do ângulo de contato (θ) entre o substrato e água pode-se avaliar que a superfície dos filmes de amido é hidrofílica

Os filmes apresentaram comportamento semelhante em água e tampão fosfato.

.

REFERÊNCIAS

AGGARWALL, P.; DOLLIMORE, D. (1998), A thermal analysis investigation of partially hydrolyzed starch. *Thermochimica Acta*, 319, 17-25.

BARBOSA, M. C. Efeito da adição de proteína nas propriedades físicas e reológicas dos géis obtidos a partir de amido da semente de jaca (*Artocarpus integrifolia*). 2013. 88f. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB – Campus de Itapetinga. Itapetinga, 2013.

BEAKE, B.D.; et al. Correlation of friction, adhesion, wettability and surface chemistry after argon plasma treatment of poly (ethylene terephthalate). *Journal of Materials Chemistry*, Manchester, v. 8, p. 2845-2854, 1998.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Decreto nº 12.486 de 20 de outubro de 1978. Normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, 21 out., p. 20. 1978.

BROWN; LEMAY e BURSTEN – Química, A ciência central, 9ª edição, capítulo 12, 2005). Disponível em: <http://biomatufrijmacee.blogspot.com.br/p/definicao.html> Acesso em: 03 de dez de 2014.

CARVALHO, C. W. P.; CRUZ, R.; SILVA, L. V.; HEINEMANN, R. B. Extração e caracterização de amido de amêndoa de manga termoprocessada. *Arq. Biol. Tecnol.* 40(3): 504-511, out, 1997.

CEREDA, M.P; Bertolini, A.C; Evangelista, R.M. *Uso de amido em substituição às ceras na elaboração de “películas” na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças*. Estabelecimento de curvas de secagem. In: Congresso Brasileiro de Mandioca, 7. Recife, 1992, Anais.... Recife, 1992, p.107.

COSTA, J.G; SANTOS, C.A. F. Cultivares, In: *Cultivo da Mangueira. Sistema de Produção 2*. Petrolina: Embrapa Semi-árido. Versão eletrônica, 2004.

DONALD, A.M.; WAIGH, T.A.; JENKINS, P.J.; GIDLEY, M.J.; DEBET, M.; SMITH, A. Internal structure of starch granules revealed by scattering studies. In: P.J. Frazier, A.M. Donald, and P. Richmond (Eds.). *Starch: Structure and Functionality*. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry, p.172-179, 1997.

EL-DASH, A. Molecular structure of glúten and viscoelastic properties of dough: a new concept. In: *Brazilian congress of protein. Proceedings...*, n.1, 1996, p.511-530.

ELIASSON, A.C. *Starch in food – Structure, function and applications*. New York: Boca Raton, CRC, 2004, p. 605.

FENIMAN, C. M. Caracterização de raiz de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) do cultivar JAC 576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita. 2004. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Piracicaba, jul. 2004.

FRENCH, D. Organization of starch granules. In: Whistler, R.L.; BeMiller, J.N.; Paschall, E.F. (Eds.). *Starch: Chemistry and Technology*. Orlando, FL: Academic Press, p. 183–247, 1984.

GOMES, F.V.L.; COSTA, M.R.; MARIANO, L.A.A. *Avaliação de tratamento de feridas – manual de curativos*. Santa Casa, 3ª revisão, 2005.

IBGE. Áreas destinadas à colheita e colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção, segundo os principais produtos das lavouras permanentes. In *Produção Agrícola Municipal*. Rio de Janeiro, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** - 4ª Edição, São Paulo, 2004.

IURCKEVICZ, G. Utilização de Amido Reticulado Como Matriz para Imobilização do Fármaco Diclofenaco de Sódio. 2014. 72 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

JAYAKODY, J. A. L. P. The effect acid hydrolysis on granular morphology and physicochemical properties of native cereal starch granules. Newfoundland, Canada, 2001. 141 p. Thesis (Máster of Science). Department of Biochemistry. Memorial University of Newfoundland. 2001.

KHAN, T. A.; PEH, K. K.; CHANG, H. S. Mechanical, Bioadhesive strength and Biological Evaluations of Chitosan Films for Wound Dressing. *Journal Pharmacy Pharmaceutical Sciences*. v. 3, n. 3, p. 303-311, 2000.

LEE, Y. M.; KIM, S. S.; PARK, M. H.; SONG, K. W.; SUNG, Y. K.; KANG, I. K. □-Chitin-based wound dressing containing silver sulfurdiazine. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. V. 11, n 12, p. 817-823, 2000.

LIMA, B., N., B; CABRAL, T., B.; ROBERTO, P., C., N.; TAVARES, M., I., B.; PIERUCCI, A., P., T. *Polímeros – Estudo do amido de farinhas comerciais comestíveis*. Vol. 22, n° 5, São Carlos, 2012.

MENDES, M. L. M.; BORA, P. S.; RIBEIRO, A. P. L. Propriedades morfológicas e funcionais e outras características da pasta do amido nativo e oxidado da amêndoa do caroço de manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins. *Rev Inst Adolfo Lutz*. São Paulo, 2012; 71(1):76-84.

OATES, C.G. Towards and understanding of starch granule structure and hydrolysis. *Trends in Food Science e Technology*, v.8, p.375-382, 1997.

OSSIS, M. *Biomateriais: o desenvolvimento de um novo mundo*, 2013. Disponível em: <<http://www.ossis.com.br/es/biomateriais-desenvolvimento-novo-mundo/#.VH9i0jHF-AU>> Acesso em: 03 de dez de 2014.

PERONI, F.H.G. *Características Estruturais e Físico-Químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas*. 2003. 135p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto.

PENNA, A. L. B. Hidrocolóides: usos em alimentos. *Food Ingredients*. p.58-64, mar/abr, 2002. PETERSEN, K.; VAEGGEMOSE, N.P.; BERTELSEN, G.; LAWOTHER, M.; OLSEN, M. B.;

PETERSEN, K.; NIELSEN, P.; BERTELSEN, G.; LAWOTHER, M.; OLSEN, M.; NILSSON, N.; MORTENSEN, G. Potential of biobased materials for food packaging. *Food Science and Technology*, 10:52-68. 1999.

RIBEIRO, A. P. L. Estudo dos amidos de mandioca nativo, modificados e modificados combinados por via química para utilização na indústria alimentícia.

SANTOS-SEREJO, J. A. dos. Classificação e descrição botânica. In: PEREIRA, M. E. C.; FONSECA, N.; SOUZA, F. V. D. (Eds.). *Manga: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. cap. 1, p.15-17. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas), 2005.

SCHOCH, T.J. *Advances in carbohydrates, chemistry*. v.1,1945, 247p., Academic Press, New York.

SRICHUWONG, S.; SUNARTI, T. C.; MISHIMA, T.; ISONO, N.; HISAMATSU, M. Starches from different botanical sources I: Contribution of amylopectin fine structure to thermal properties and enzyme digestibility. *Carbohydrate Polymers*, v. 60, n. 4, p. 529-538, 2005.

STEPHEN, A. M.; PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. Food polysaccharides and their applications. In: Zobel, H. F.; Stephen, A. M. *Starch: Structure, analysis and application*. CRC Press Taylor & Francis Group, p. 25-85, 2006.

YI, H.; WU, L. Q.; BENTLEY, W. E.; GHODSSI, R.; RUBLOFF, G. W.; CULVER, J. N.; PAYNE, G. F. Biofabrication with Chitosan. *Biomacromolecules*, v 6, n 6, p. 2881-2894, 2005.