



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS, SAÚDE E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

D'JANY SOUZA SILVA

**USO DE AMIDO DE INHAME E FÉCULA DE MANDIOCA PARA PRODUÇÃO
DE FILMES BIODEGRADÁVEIS: CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO EM
MANGAS (*MANGIFERA INDICA L.*)**

IMPERATRIZ

2013

D'JANY SOUZA SILVA

**USO DE AMIDO DE INHAME E FÉCULA DE MANDIOCA PARA PRODUÇÃO
DE FILMES BIODEGRADÁVEIS: CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO EM
MANGAS (MANGIFERA INDICA L.)**

Monografia apresentada ao curso de
Engenharia de Alimentos da
Universidade Federal do Maranhão
para obtenção do título de Bacharela
em Engenharia de Alimentos.

Aprovada em: 06 / 03 / 2013

BANCA EXAMINADORA

Adenilson Oliveira dos Santos

Prof. Dr. Adenilson Oliveira dos Santos (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Ana Lúcia Fernandes Pereira

Profa. Dra. Ana Lucia Fernandes Pereira (Coorientadora)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Luzeli M. da Silva

Profa. Dra. Luzeli Moreira da Silva

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Nádia Lusiane Silva Pereira

Bibliotecária CRB 13/457

Silva, D'jany Souza.

Uso de amido de inhame e fécula de mandioca para produção de filmes biodegradáveis: caracterização e aplicação em mangas (*mangifera indica l.*)

/ D'jany Souza Silva. - Imperatriz, 2013.

53f: il.

Orientador: Prof. Dr. Adenilson Oliveira dos Santos.

À Deus, fonte de vida.

Aos meus pais, Walmir e Lucia, e irmãos Dejamir, Lucileide e Lucicleide pelo incentivo e carinho.

AGRADECIMENTOS

Tentar não significa conseguir. “Mas, certamente, todos que conseguiram, tentaram.” (Autor desconhecido). Há muitos anos tomei esta frase como impulso para tudo que tentei em minha vida e para todas as coisas que ainda irei tentar. E hoje concluo com esta monografia uma etapa que até alguns anos atrás era somente um objetivo, hoje é uma realidade da qual tenho muito a agradecer. Agradeço a todos os professores do curso de engenharia de alimentos que participaram e contribuíram para minha formação e de modo especial agradeço aos professores Dr. Adenilson Oliveira dos Santos pelo incentivo e orientação na iniciação científica e trabalho de conclusão de curso e Dr. Ana Lucia Fernandes Pereira, pelo incentivo e coorientação.

Agradeço também as minhas amigas de jornada acadêmica Julieth, Jamayle e Lorryne (Quarteto) pela amizade e incentivo nos momentos em que a dúvida surgia. À Josiene, Lília e ao meu sobrinho Iago pela amizade, apoio e ajuda nas análises realizadas. Aos amigos, Dualyson, Jéssica, Carla, Bruna, Luciara, Laércio (Elite) pelos anos de amizade e apoio, também agradeço a Tádila, Camila, Raíssa, Elienay, Euzedith, Marcileia, Suzane, e várias outras pessoas que me apoiaram indiretamente.

“Por detrás de grandes idéias, existem mentes brilhantes e inquietas sempre pensantes sobre todas as coisas que ainda estão por fazer.”

(D’jany Souza)

RESUMO

A embalagem tem como principal função, proteger o alimento contra danos mecânicos, perda de umidade e favorecer a conservação. O uso de películas biodegradáveis à base amidos tem ganhado importância pelo seu baixo impacto ambiental quando comparada aos plásticos e uso potencial em vegetais para o aumento da conservação. Neste trabalho, extraímos amido de inhame de tubérculos, preparamos e caracterizamos as blendas dos filmes biodegradáveis à base de fécula de mandioca e amido de inhame e aplicamos os materiais como cobertura para conservação de mangas. A extração do amido de inhame se mostrou eficiente para obtenção de uma matéria-prima pura e com alto rendimento. O aumento da quantidade de amido de inhame nas blendas propiciou maior opacidade e redução da flexibilidade dos filmes, além disso, as blendas com maiores teores de amido de inhame cristalizaram mais rapidamente devido ao alto conteúdo de amilose presente o que foi demonstrado através dos padrões de difração de raios-X. As blendas $Al_{75}FM_{25}$ e Al foram mais eficientes na conservação dos frutos, apresentando a redução no teor de sólidos solúveis totais de 30,5% e 17,25%, respectivamente, maiores valores para acidez titulável e menores pH. Portanto essas blendas foram mais eficientes para conservação da vida útil da manga, devido a sua maior tendência a retrogradação, o que propiciou a formação da atmosfera modificada, alterando a respiração dos frutos.

Palavras-chave: filmes biodegradáveis, amido de inhame, mangas.

ABSTRACT

The packages have main function of protect the food against mechanical damage, moisture loss and improving conservation. The use of biodegradable films starch based has gained importance due to their low environmental impact compared to plastics and potential use in vegetables for improved preservation. In this work we extract starch from tubers yam, prepare and characterize the blends of biodegradable films based on cassava starch and yam starch and applying the materials as coatings for mangoes conservation the mangoes. The extraction of starch from yam was efficient for obtaining a pure raw material and high productivity. The amount increased of yam starch in blends provided greater opacity and reduced flexibility of the films. Furthermore the blends with higher concentrations yam starch crystallize quicker due to presence of high amylose content which was demonstrated by the X-ray diffraction patterns. The $AI_{75}FM_{25}$ and AI blends were more efficient in fruits conservation, showing the reduction in total soluble solids content of 30.5% and 17.25%, respectively, higher values for titratable acidity and lower pH. These blends were more efficient in conserving of mangos life due to its greater tendency to retrogradation, which led to the formation of modified atmosphere, altering fruit respiration.

Keywords: biodegradable films starch, yam, mango.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura química da amilose (a) e amilopectina (b).....	19
Figura 2: Difração de Raios – X por um cristal.....	21
Figura 3 - Padrões de Difração de Raios – X do amido tipo A (do milho), tipo B (da batata) e tipo C (de ervilha).....	22
Figura 4 - Amido de inhame extraído.....	30
Figura 5 – Filmes de amido de inhame (AI) e fécula de mandioca (FM), (a) AI, (b) AI ₇₅ FM ₂₅ , (c) AI ₅₀ FM ₅₀ , (d) AI ₂₅ FM ₇₅ , (e) FM.....	31
Figura 6 – (a) Tipos de amido, A, B e C obtidos por Liu (2005) <i>apud</i> Bogracheva <i>et al.</i> (1999); (b) Padrões de difração dos amidos nativo de inhame, tipo B e fécula de mandioca, tipo A.	34
Figura 7 – Filme de fécula de mandioca (FM).....	35
Figura 8 – Filme da blenda AI ₂₅ FM ₇₅	35
Figura 9 – Filme da blenda AI ₅₀ FM ₅₀	36
Figura 10 – Filme da blenda AI ₇₅ FM ₂₅	36
Figura 11 – Filme de amido de inhame (AI).	37
Figura 12 – Frutos armazenados: (a) Dia zero; e 10 dias: (b) Controle, (c) FM, (d) AI ₂₅ FM ₇₅ , (e) AI ₅₀ FM ₅₀ , (f) AI ₇₅ FM ₂₅ , (g) AI.	39

LISTA DE ABREVIATURAS

AI – amido de inhame puro

AI₂₅FM₇₅– 25% amido de inhame + 75% de fécula de mandioca

AI₅₀FM₅₀– 50% amido de inhame + 50% de fécula de mandioca

AI₇₅FM₂₅– 75% amido de inhame + 25% de fécula de mandioca

AT – acidez titulável

DRX – Difração de Raios – X

FM – fécula de mandioca pura

PM – perda de massa

SST – sólidos solúveis totais

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS.....	14
2.1.	Objetivo geral.....	14
2.2.	Objetivos específicos.....	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1.	Filmes biodegradáveis para conservação em frutos	15
3.2.	Inhame (<i>Dioscorea spp</i>)	17
3.3.	Mandioca (<i>Manihot spp.</i>).....	17
3.4.	Amido	18
3.4.1.	<i>Estrutura dos grânulos de amido</i>	19
3.4.2.	<i>Cristalinidade do amido</i>	20
3.4.3.	<i>Gelatinização</i>	22
3.4.4.	<i>Retrogradação</i>	23
3.5.	Manga (<i>Mangífera indica L.</i>).....	24
4.	PARTE EXPERIMENTAL	26
4.1.	Extração do amido do inhame	26
4.2.	Elaboração dos filmes.....	26
4.3.	Espessura	27
4.4.	Difração de Raios – X	27
4.5.	Conservação dos frutos.....	28
4.5.1.	<i>Determinação da perda de massa (PM)</i>	28
4.5.2.	<i>Determinação do pH</i>	28
4.5.3.	<i>Determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST)</i>	28
4.5.4.	<i>Determinação de acidez titulável (AT)</i>	29
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1.	Extração do amido de inhame	30
5.3.	Espessura	32
5.4.	Caracterização do amido de inhame e fécula de mandioca	32
5.5.	Aplicação do filmes biodegradáveis como cobertura.....	38
5.5.1.	<i>Aparência</i>	38
5.5.2.	<i>Perda de massa</i>	39
5.5.3.	<i>Sólidos Solúveis Totais, Acidez titulável e pH</i>	41
6.	CONCLUSÃO	44
6.1.	Sugestão para trabalhos futuros.....	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUÇÃO

A embalagem dita como “apropriada” se dá ao sistema que protege o produto perecível contra danos físicos, químicos e degradação ao longo do transporte, armazenamento e comercialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Ou seja, a embalagem tem como objetivo prolongar a vida útil de um determinado produto e garantir sua apresentação ao consumidor. Os produtos perecíveis, entretanto, sofrem perdas mais frequentemente, devido à falta de embalagens que garantam todas as condições necessárias ao prolongamento da vida útil. E na maioria das vezes, isto se deve a dificuldade de associar as características do alimento com a embalagem (AZEREDO; FARIA; AZEREDO, 2000; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para os vegetais em geral, esta dificuldade se torna ainda maior, pois possuem as mais diversas condições de manutenção da qualidade. Com os frutos, as maiores perdas estão relacionadas com o tempo de maturação que cada fruto leva desde a colheita até o consumidor final. E para aumentar este tempo de disponibilização dos frutos, diversas técnicas podem ser utilizadas (PRIMO, 2008).

O Brasil como o terceiro pólo mundial em fruticultura, com uma produção de 38 milhões de toneladas, tem sofrido perdas significativas durante a cadeia de comercialização. A manga, por exemplo, leva índices de perdas de 20 a 40% (BATISTA *et al.*, 2007), o que tem sido uma grande perda econômica já que a manga tem contribuído para a pauta das exportações brasileiras de frutas, com participação de 9% do total produzido em 2007 (CHOUDHURY; COSTA, 2004; PEROSA; SILVA; ARNALD, 2009).

Mas, embora alguns métodos de conservação sejam eficientes, também requerem um custo mais elevado como a radiação, e algumas vezes não podem ser aplicados devido à fragilidade do fruto. Além disto, o uso em larga escala de embalagens derivadas de fontes não renováveis tem sido associado a problemas de poluição ambiental, já que o controle no descarte e reciclagem são processos de difícil aplicação (GAVA *et al.*, 2008).

Neste cenário, a procura de embalagens derivadas de amido, filmes biodegradáveis com propriedades que garantam a manutenção da qualidade dos frutos, se tornou de grande importância. Os filmes biodegradáveis podem ser preparados a partir de proteínas, polissacarídeos, lipídios ou da combinação destes

componentes (CAO *et al.*, 2007), que são capazes de estabelecer interações entre as moléculas a partir do tratamento químico ou físico (DEBEAUFORT, 1998).

O uso destes filmes tem ganhado espaço como revestimento de frutas e hortaliças frescas, pois reduz a perda de umidade e a taxa de respiração, além de conferir a aparência brilhante e atraente (AZEVEDO, 2003). Entre as propriedades funcionais dos filmes biodegradáveis podem ser mencionados o transporte de gases (O_2 e CO_2) e solutos, a retenção de compostos aromáticos e o transporte e incorporação de aditivos alimentícios (TANADA-PALMU *et al.*, 2005).

Os filmes produzidos a partir de polissacarídeos apresentam melhores propriedades mecânicas, ópticas e sensoriais, porém são sensíveis à umidade e permeabilidade e ao vapor de água (FAKHOURI, 2007). O amido até então se tornou fonte promissora na obtenção de plásticos biodegradáveis, devido a sua excelente biodegradabilidade, baixo custo de produção e obtenção a partir de recursos renováveis (THIRÉ *et al.*, 2004).

Dentre os materiais utilizados na produção de filmes comestíveis e/ou biodegradável, a mandioca/ tapioca (*Manihot spp.*) bastante se destaca devido à formação de um gel translúcido, resistente, baixo custo e com tendência média a retrogradação (BUKZEM; SANTOS; ASCHERI, 2012).

No entanto, o inhame (*Dioscorea spp.*) tem ganhado importância como fonte de amido por apresentar teores médios de amilose, mais elevado comparado à mandioca, sendo então mais interessante para produção de filmes (MALI *et al.*, 2002; 2004; 2005; FREITAS, 2003). Além disto, o inhame é um tubérculo muito cultivado nas regiões tropical e subtropical em todo o mundo, o que o torna viável na fabricação dos filmes biodegradáveis (RILEY, 2008). Devido a essas propriedades foram preparados e caracterizados filmes a base de amido de inhame e fécula de mandioca quanto a sua cristalinidade e espessura, como também a aplicação desses filmes sobre a conservação de mangas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Obtenção do amido de inhame, preparação, caracterização e aplicação de filmes biodegradáveis à base de amido de inhame e fécula de mandioca.

2.2. Objetivos específicos

- a) Obter amido de inhame;
- b) Preparar em escala laboratorial através da metodologia para produção por via úmida (técnica de *'casting'*) dos filmes comestíveis puros e blendas a partir de amido de inhame e fécula de mandioca;
- c) Analisar por Difração de Raios-X(DRX) do amido do inhame, fécula de mandioca em pó e dos filmes produzidos;
- d) Determinar a espessura dos filmes;
- e) Aplicação dos filmes como cobertura em mangas (*Mangífera indica L.*).

3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Filmes biodegradáveis para conservação em frutos

O uso de filmes biodegradáveis como coberturas formadas sobre a própria superfície do alimento nos últimos anos tem ganhado importância no cenário de embalagens e revestimentos de frutas e hortaliças frescas (QUEIROZ, 2010). As coberturas têm a função de auxiliar na conservação do produto mediante, às trocas gasosas e à perda de água, ajudando também no melhoramento do aspecto visual, além do apelo de menor impacto ambiental (QUEIROZ, 2010).

Os biopolímeros mais utilizados na elaboração de filmes e coberturas comestíveis são as proteínas (gelatina, caseína e outros), os polissacarídeos (amidos, pectina, celulose, alginato e carragena) e os lipídios (monoglicerídeos acetilados, ácido esteárico, ceras e ésteres de ácido graxo) ou a combinação dos mesmos (FAKHOURI, 2007).

Os filmes elaborados a partir de polissacarídeos ou proteínas possuem excelentes propriedades mecânicas, ópticas e sensoriais, mas, são sensíveis à umidade e apresentam alto coeficiente de permeabilidade ao vapor d'água. No entanto, a combinação dos biopolímeros tem como vantagem unir os pontos positivos de cada um dos constituintes de forma que se obtenha um material melhor (FAKHOURI, 2007).

Na elaboração dos filmes, além da utilização dos componentes principais, amido e solvente (água, etanol, água/etanol, entre outros), também se utilizam plastificantes, que tem como principal finalidade, melhorar o desempenho do material aumentando a flexibilidade (MUSCAT, 2012). Os plastificantes geralmente utilizados são hidrofílicos baixos hidratos de carbono do peso molecular, tais como polióis. Também já se tem demonstrado o uso de monossacarídeos como plastificante em filmes de amido (ZHANG e HAN, 2006).

Diante disso, Oliveira e Cereda (2003) avaliando o efeito da aplicação da cera comercial, da fécula de mandioca e da microemulsão à base de fécula de mandioca e cera de abelha, sobre a estabilidade de pêssegos armazenados a temperatura ambiente 27,2(3) °C. Verificaram que os tratamentos com cera comercial

e microemulsão apresentaram melhores resultados para a conservação dos frutos, tendo tido valores de perda de massa menores 8,92% e 9,38%, respectivamente, quando comparado ao tratamento controle, com 10,61%

Henrique e Cereda (1999), por sua vez, utilizando filmes a base de fécula de mandioca na conservação de morangos, observaram aumento de até 5 vezes da vida útil dos frutos armazenados por 10 dias, quando utilizado concentrações crescentes da fécula de mandioca no filme (1, 2, 3, 4 e 5%). Além disso, com relação ao aspecto sensorial, esses autores relataram não haver a presença de sabor e aroma estranho no fruto com a utilização dos filmes.

Já Damasceno *et al.* (2003), avaliando o uso de filmes com 2 e 3% de fécula de mandioca na estabilidade de tomates não observaram efeito significativo sobre a perda de massa desse frutos. Queiroz *et al.* (2008), por sua vez, utilizando filmes de fécula de mandioca (2 e 4%) na conservação de espigas de minimilhos (cultivar vivi), só observaram efeito significativo na redução da perda de massa com filmes de maior concentração de fécula de mandioca.

Em estudo realizado por Soares *et al.* (2011), foi avaliado a estabilidade microbiológica de goiabas armazenadas com filmes contendo antimicrobianos (quitosana), por 12 dias. Esses autores observaram que a adição da quitosana proporcionou redução da contagem de fungos filamentosos e leveduras e manteve a coloração da casca e polpa.

Quanto ao uso de filmes em mangas, Santos *et al.* (2011) relataram que mangas da variedade “*Tommy Atkis*” tiveram aspecto melhorado com o uso de coberturas de fécula de mandioca a 2% e amido de milho a 4%, armazenados por 21 dias a 12°C e 86% UR. Além da menor perda de massa, as coberturas permitiram o armazenamento dos frutos por tempo prolongado sem perda da qualidade.

Guedes (2007) avaliando mangas da variedade CV. Rosa mostrou que o amadurecimento das frutas foi prolongado utilizando cobertura de fécula de mandioca nas concentrações de 3% e 4% em temperatura ambiente (25°C). Em refrigeração a aceitabilidade dos frutos se tornou menor, pois o efeito da refrigeração não foi potencializado ao se promover a atmosfera modificada ao redor dos frutos pela aplicação do filme na concentração de 4%.

3.2. Inhame (*Dioscorea spp*)

Mais conhecido como cará-da-costa, o inhame (*Dioscorea spp.*) é uma planta pertencente à família *Dioscoreaceae* que tem grande importância socioeconômica na região do Nordeste do Brasil, principalmente nos estados de Sergipe, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia e Maranhão (BRITO *et al.*, 2011). Em termos de produção e área plantada, os países africanos como Nigéria e Costa do Marfim dominam o cenário internacional. Nacionalmente, o Nordeste é o maior produtor, sendo o Estado da Paraíba responsável pela maior produção, seguido por Pernambuco e Bahia. Os três Estados juntos são responsáveis por 90% da produção nacional (OLIVEIRA, 2010).

Os tubérculos de inhame são importantes alimentos básicos e fonte de ingredientes para produtos industrializados, em virtude do seu elevado teor de amilose (HUANG; LIN; WANG, 2006). O amido de inhame pode variar quanto ao seu padrão cristalino (tipo A – C), teor de amilose (10 – 36%) e parâmetros de gelatinização (71 – 74 °C) (RILEY *et al.*, 2006).

No entanto, em virtude do seu alto teor de amilose, o amido de inhame geralmente apresenta alta tendência a retrogradação, ótima característica na produção de pudins e sobremesas, por tornar o gel mais forte (ALVES *et al.*, 1999). Além disso, apresenta ótima capacidade para formação de películas com matriz homogênea, estrutura estável à temperatura ambiente e boas propriedades de barreira de água, com promissoras possibilidades na conservação de frutas e hortaliças (MALI, 2002, 2005).

3.3. Mandioca (*Manihot spp.*)

A mandioca (*Manihot spp.*) é um dos tubérculos mais cultivados no território brasileiro. Originária da América do Sul, a mandioca constitui um dos principais alimentos energéticos para cerca de 500 milhões de pessoas, sobretudo nos países em desenvolvimento, onde é cultivada em pequenas áreas com baixo nível tecnológico. Mais de 80 países produzem mandioca, sendo que o Brasil participa com mais de 15% da produção mundial (EMBRAPA, 2013).

As raízes de mandioca, produzidas principalmente em pequenas propriedades e utilizadas na alimentação humana e animal, possuem grande

importância como alimento básico para algumas comunidades rurais. Nos últimos anos, a produção brasileira foi de cerca de 20 a 25 milhões de toneladas por ano, mas há poucas informações detalhadas sobre como as raízes são usadas (DEMIATE; KOTOVICZ, 2011).

Um dos fatores que torna o amido de mandioca importante na aplicação industrial são suas características físico-químicas, em especial quando cozidos, apresentando pastas com alta viscosidade. Possui ainda temperatura de gelatinização baixa (65 – 70°C) e baixa tendência a retrogradação (DEMIATE; KOTOVICZ, 2011). Além disto, o amido de mandioca tem sido bastante estudado quanto a sua aplicação na produção de filmes comestíveis pelas suas boas características de permeabilidade a vapores e alongamento, indicando grande potencial a aplicação de filmes em alimentos (PARRA *et al.*, 2004).

3.4. Amido

O amido é um dos mais abundantes polissacarídeos naturais (CUNHA; PAULA; FEITOSA, 2009). Pode ser obtido de diversas fontes vegetais, como cereais, raízes e tubérculos, também de frutas e legumes, mas, a extração em nível comercial se restringe aos cereais, raízes e tubérculos (LIPORACCI; ALVES; GROSSMANN, 2005).

Nutricionalmente, o amido desempenha um papel importante como fonte de energia, proporcionando 70 – 80% das calorias consumidas pelos seres humanos (ELIASSON, 2004). Além disso, por razões tecnológicas os amidos e seus derivados têm sido utilizados nos produtos alimentícios como sopas, molhos, lanches, massas e produtos de carne, contribuindo principalmente para a textura, viscosidade, formação de gel, aderência, umidade, retenção de homogeneidade do produto e a formação de filmes (THOMAS; ATWELL, 1997; TONELI; MURR; PARK, 2005).

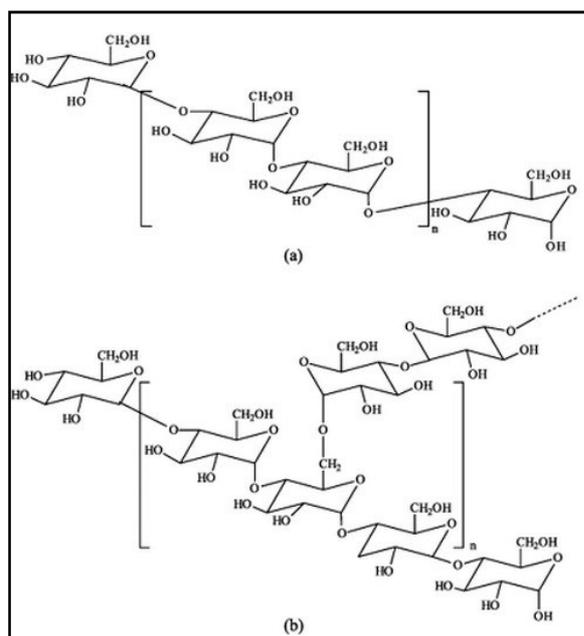
Os filmes de amido são frequentemente resistentes, transparentes, eficientes à perda de umidade e gases, proporcionando ainda bom aspecto e brilho intenso (VILA, 2004). Em comparação com filmes obtidos de fontes não renováveis, os filmes a partir do amido são geralmente de baixo custo (CUNHA; PAULA; FEITOSA, 2009).

O desempenho dos filmes e revestimentos de amido, no entanto, pode ser alterado devido à disponibilidade de uma larga variedade de fontes de amidos e suas composições (AISHAT *et al.*, 2007).

3.4.1. Estrutura dos grânulos de amido

Os grânulos de amido contêm dois tipos majoritários de polissacarídeos, a amilose e a amilopectina (FIGURA 1). Esses dois polímeros possuem a mesma unidade monomérica (glicose), diferindo apenas em seus comprimentos e graus de ramificação, os quais afetam as propriedades físico-químicas do amido (SLATTERY; KAVAKLI; OKITA, 2000). Estruturalmente, os grânulos de amido são semicristalinos compostos de macromoléculas lineares, e, ramificadas (MOTA, 2009).

Figura 1 – Estrutura química da amilose (a) e amilopectina (b).



Fonte: Corradini *et al.*(2005).

A amilose, geralmente associada às regiões amorfas (TONELI; MURR; PARK, 2005), é uma molécula essencialmente linear formada por unidades de D – glicopirranose unidas por ligações glicosídicas α -1,4, e em menor quantidade por ligações α -1,6. As moléculas geralmente se apresentam no formato helicoidal e

devido à disposição das unidades de glicose possui interior hidrofóbico (NUNES; 2009; OLIVEIRA, 2007).

A fração ramificada dos grânulos também chamada de amilopectina é formada por unidades de α – D – glicopirranose unidas por ligações glicosídicas α -1,4, mas as cadeias são unidas pelas ligações α -1,6, formando as ramificações da molécula (SILVA, 2010).

A configuração linear da amilose possui propriedades exclusivas, como a capacidade de formar filmes e complexos com alcoóis, lipídeos e ácidos, e ainda tem a capacidade de absorver até 25 vezes seu peso em água (MOTA, 2009); já a amilopectina consiste em grânulos mais cristalinos, densos e mais resistentes à penetração da água que a amilose (CAMERON; DONALD, 1992).

3.4.2. Cristalinidade do amido

A Difração de Raios – X (DRX) é um dos métodos mais utilizados atualmente para obtenção de informações sobre a cristalinidade dos materiais. O fenômeno consiste na interação entre o feixe de Raios – X e os elétrons dos átomos do material, registrando um espectro de intensidade versus o ângulo 2θ , conhecido como padrão de difração. Cada material possui seu padrão de difração característico, o que permite a sua identificação (CULLITY, 1978).

Quanto maior a cristalinidade de um material, mais intensos, pontiagudos e estreitos serão os picos do padrão de difração, formados acima da linha de base. Já as zonas amorfas são visualizadas como picos largos e de baixa intensidade (EMBUSCADO; HUBER, 2009). O efeito da difração somente ocorre quando a Lei de Bragg é obedecida (EQUAÇÃO1).

$$n\lambda = 2d\sin\theta(1)$$

Onde:

n: ordem de difração

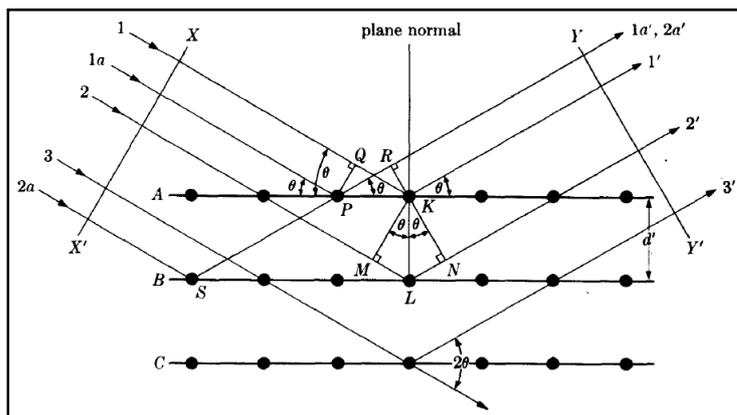
λ : comprimento de onda da radiação incidente

d: espaço interplanar do cristal

θ : ângulo de difração

A distância interplanar “d” representa a distância entre planos paralelos da estrutura que contem moléculas com a mesma orientação. Os cristais refletem a radiação de forma peculiar para cada valor de “d” (FIGURA 2) de forma que os picos de difração não são iguais (SANTOS, 2009).

Figura 2 - Difração de Raios – X por um cristal.

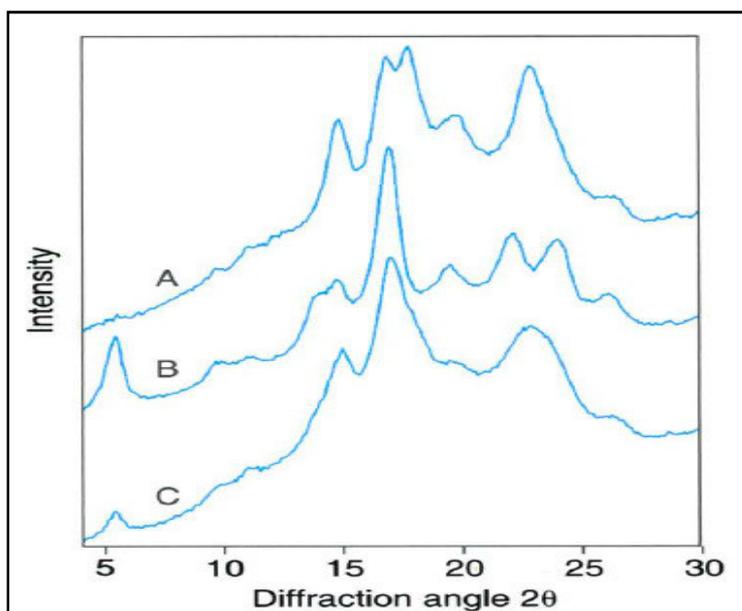


Fonte: Cullity (1978).

No amido, os domínios amorfos e cristalinos se formam em função da orientação das moléculas (SILVA, 2010). Os dois componentes, amilose e amilopectina, depositam-se em camadas sucessivas superpondo-se em redor de um núcleo. Isto confere o caráter semicristalino do amido, com regiões mais ordenadas ou cristalinas onde a amilopectina está concentrada, e regiões amorfas que concentram amilose (ELIASSON, 2004).

A cristalinidade é atribuída a amilopectina, muito embora a configuração linear da amilose dificulte a associação desta com as outras cadeias. Os grânulos de amido nativo podem assumir três padrões de difração, A, B e C (FIGURA 3), tipo A: amidos de cereais; tipo B: amidos de tubérculos, frutas, milho com alto teor de amilose; tipo C: amidos de vagens e leguminosas (CORRADINI *et al.*, 2005; MOTA, 2009). Já os grânulos gelatinizados que sofreram retrogradação, apresentam padrão tipo B (SILVA, 2010).

Figura 3 - Padrões de Difração de Raios – X do amido tipo A (do milho), tipo B (da batata) e tipo C (de ervilha).



Fonte: Liu (2005) *apud* Bogracheva *et al.*(1999).

No cristal do tipo A, a estrutura baseia-se no empacotamento das duplas hélices de forma paralela produzindo um cristal monoclinico. No cristal tipo B é produzido um arranjo hexagonal das duplas hélices. A geometria das duplas hélices é idêntica nos dois tipos, A e B, mas diferem no nível de água e arranjo cristalino (ELIASSON, 2004). Já o tipo C é uma mistura dos tipos A e B (PARADA; AGUILERA, 2011; PARKER; RING, 2001).

O grau de cristalinidade para os tipos de amido tipo A (31 a 37,1%) é maior dos que para o B (27,2 a 29,8%) e C (27,8%). O tipo A é mais densamente empacotado em estruturas de hélices e também contem maior proporção de cadeias menores, ramificadas e um maior número de cadeias por “cluster” (coleção de unidades com até 50 unidades) (SANTOS, 2009).

3.4.3. Gelatinização

Quando aquecido em presença de água, o amido sofre uma transição irreversível denominada gelatinização (ELIASSON, 2004). No momento em que as moléculas de água possuem energia cinética suficiente para superar as pontes de hidrogênio entre as moléculas de amilose e amilopectina, o amido é rompido e a hidratação acontece (SCHLEMMER, 2007).

Durante o processo de aquecimento, várias alterações podem ser observadas: os grânulos se rompem, incham ao absorverem água, perdem cristalinidade e liberam amilose para a fase aquosa iniciando a gelatinização (BASTOS, 2010; ZHOU *et al.*, 2002). Após processo de gelatinização, as moléculas de amilose devido a sua linearidade, tendem a se orientar de forma paralela formando pontes de hidrogênio com as hidroxilas das moléculas próximas. Isto reduz o volume e a afinidade do polímero por água, permitindo que o amido gelatinizado forme filmes flexíveis e estáveis (SANTOS, 2009).

A gelatinização não ocorre de forma uniforme no amido, os grânulos maiores sofrem gelatinização primeiro do que os grânulos menores, mas o processo se completa em uma faixa de temperatura, dependendo do amido. O processo pode ainda ser influenciado por alguns fatores como, o conteúdo de água no gel, o teor de amilose, o grau de cristalinidade e o comprimento das cadeiras de amilopectina. Após o resfriamento do gel, além da perda de cristalinidade que pode ser visualizada com análise de DRX, a opacidade dos filmes pode ser observada visualmente (EMBUSCADO; HUBER, 2009).

3.4.4. Retrogradação

Independente do amido nativo, os cristais formados após o processo de retrogradação serão sempre do tipo B. Com o armazenamento do gel do amido, as moléculas começam a formar cristais favorecendo uma estrutura mais organizada (OLIVEIRA, 2007). Com o resfriamento, as moléculas do gel perdem energia e as pontes de hidrogênio entre os grupos hidroxilas se tornam mais fortes, ou seja, as cadeias do amido se reassociam provocando a firmeza do gel e a opacidade do material (BERTOLINI, 2010).

O processo de retrogradação está relacionado com o teor de amilose e distribuição do tamanho da cadeia, ou seja, ocorre preferencialmente na amilose e nas cadeias mais longas de amilopectina (SANTOS, 2009).

A retrogradação da amilose, no entanto, ocorre com as seguintes etapas: estiramento da hélice por quebra das pontes intramoleculares, perda das pontes de água e reorientação das moléculas com formação de pontes de hidrogênio entre moléculas adjacentes. Neste processo ocorre a sinerese, que corresponde à

expulsão da água para fora do gel (DEBEAUFORT; QUEZADA-GALLO; VOILLEY, 1998; JANSSEN; MOSCICKI, 2009).

3.5. Manga (*Mangífera indica* L.)

A mangueira (*Mangífera indica* L.) pertence à família *Anacardiaceae* e é originária da Ásia Meridional e Arquipélago Indiano. O Brasil foi o primeiro país da América a cultivar a mangueira trazida pelos portugueses no século XVI e ao longo dos anos seu cultivo aumentou gradativamente (FILHO; ALVES; MAZZEI, 2004). Segundo dados do IBGE, a produção brasileira de manga no ano de 2009 foi de aproximadamente 1,2 milhões de toneladas, sendo o Nordeste principal produtor com participação de 73,41% (EMBRAPA, 2009).

O cultivo de manga encontra no Brasil ótimas condições climáticas para o seu desenvolvimento. Além disso, há crescente interesse no seu cultivo em virtude das boas características sensoriais e composição rica em nutrientes, em especial de carotenóides (SANTOS, 2008). No entanto, por ser um fruto climatérico, a manga sofre um rápido amadurecimento devido ao aumento na taxa respiratória após o desligamento do fruto da planta.

A alta perecibilidade aliada ao manejo inapropriado do produto durante a sua cadeia de produção, como colheita inadequada, condições de transporte, armazenamento e manipulação, tem gerado grandes perdas para o agronegócio da manga brasileira. Com isso, ocorre a redução da quantidade e a qualidade mercadológica da manga destinada a atender à demanda dos consumidores (CHOUDHURY; COSTA, 2004).

Com uma vida útil limitada pela deterioração fisiológica e o excessivo amadurecimento da fruta, além do desenvolvimento de podridões, a manga precisa de um armazenamento adequado para balancear as flutuações do mercado entre a colheita, a comercialização diária, e o suprimento do mercado ao longo do período de baixa sazonalidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para isso, é necessária a manutenção da qualidade dos frutos pela utilização de técnicas de armazenamento pós-colheita, que reduzem as taxas respiratórias, retardam o amadurecimento e o desenvolvimento de desordens (PRIMO, 2008).

A respiração é um dos principais fatores determinantes do potencial de longevidade das frutas na pós-colheita e está relacionada à temperatura e à concentração de gases ao redor das mesmas (CERQUEIRA, 2007). A manga como um fruto climatérico, pode completar seu amadurecimento após a colheita, levando de 2 a 9 dias, dependendo do cultivo e do grau de maturidade no momento a colheita (HOJO, 2005; SANTOS, 2008).

Os filmes plásticos à base de polietileno ou cloreto de polivinila (PVC), são muito utilizados na conservação e comercialização das mangas devido a praticidade, custo relativamente baixo e alta eficiência. Este tipo de filme permite a manutenção da qualidade das frutas tropicais para que possa ter a vida útil pós-colheita prolongada, a partir da redução na taxa respiratória e produção de etileno (SÁ, 2008).

No entanto, tem sido considerada a redução no uso destas embalagens não biodegradáveis, com a aplicação de filmes comestíveis à base de amido à superfície de produtos perecíveis. Pois, além de regularem trocas gasosas do produto com o meio externo e a perda de massa, também controlam a perda de compostos voláteis responsáveis pelo “flavor” do produto (PRIMO, 2008).

Desta forma, o desenvolvimento de filmes e/ ou coberturas comestíveis com permeabilidade seletiva, além de propiciar a criação de filmes resistentes, flexíveis, atóxicos, biodegradáveis e transparentes, podem controlar a respiração dos vegetais, aumentar do período de conservação e incrementar o apelo visual por conferir brilho aos produtos frescos (BATISTA *et al.*, 2007; FERNANDES, 2010).

4. PARTE EXPERIMENTAL

A obtenção do amido de inhame, preparação e caracterização dos filmes a base de amido de inhame e fécula de mandioca deste trabalho foram realizadas nos laboratórios do Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia - CCSST da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Campus II na cidade de Imperatriz.

Todos os materiais, tubérculos de inhame (*Dioscorea spp.*) fécula de mandioca e o plastificante (açúcar invertido e glicose) foram adquiridos no mercado local de Imperatriz. Os frutos utilizados foram coletados em mangueiras do Campus II - UFMA.

4.1. Extração do amido do inhame

A extração do amido foi realizada segundo Alves *et al.* (1999) com modificações. Os tubérculos foram lavados, descascados, pesados, cortados em cubos e triturados em liquidificador industrial de alta rotação Berman (mod: BM 41) junto com uma solução de metabissulfito de sódio 0,1% (proporção de 1:2). A massa foi filtrada (mesh 60) e lavada com a solução de metabissulfito de sódio 0,1% até a retirada máxima de amido. Após a decantação por 48h o sobrenadante foi drenado.

No material decantado foi adicionada a solução de hidróxido de sódio 0,15% e novamente deixado em descanso por 1h, após a retirada do sobrenadante foi realizado a mesma etapa com solução de hidróxido de sódio a 0,10%. A massa obtida foi ressuspensa em água destilada até a obtenção do pH 7 da amostra. O amido foi então seco em estufa a 40°C por 17h, sendo em seguida moído em almofariz de Agatha e armazenado em potes de polipropileno sob temperatura ambiente.

4.2. Elaboração dos filmes

Seguindo a metodologia do AL-Hassan e Norziah (2012), foi utilizado amido de inhame (AI) extraído no Laboratório da UFMA, fécula de mandioca (FM) e plastificante para a elaboração dos filmes. Foram elaborados cinco tipos de filmes a partir de suspensões aquosas e amido de inhame e fécula de mandioca com adição

de plastificante (glicose e açúcar invertido):filme com amido de inhame (AI),filme com 75% de amido de inhame e 25% de fécula de mandioca(AI₇₅FM₂₅), filme com 50%de amido de inhame e 50% de fécula de mandioca(AI₅₀FM₅₀), filme com 25% de amido de inhame e 75% de fécula de mandioca(AI₂₅FM₇₅) e filme de fécula de mandioca (FM). As diferentes proporções de AI e FM das soluções foram preparadas no peso total de 5g, incluindo os 25% de plastificante em 200mL de água destilada.

Suspensões foram gelatinizadas em banho maria até atingir 85°C e depois transferidas para chapa aquecedora com agitação para atingir 95°C, mantendo-se a 95 °C durante 10 minutos para o AI e 2 minutos para FM (MALI *et al.*, 2002), seguido de resfriamento em temperatura ambiente por 3 h para remoção das bolhas.

A solução resfriada foi então colocada nas placas de petri (Diâmetro de 9 cm), com 15 g para cada placa e o espalhamento da solução foi realizado manualmente. A secagem foi feita em estufa a 40°C pelo período de 17 h (KECHICHIAN, 2007). Os filmes secos foram etiquetados e armazenados em caixas de papelão pelo período de seis semanas em temperatura ambiente.

Para o uso das soluções como cobertura nos frutos foi utilizada metodologia de Oliveira e Cereda (2003).

4.3. Espessura

A espessura dos filmes foi obtida com uso de um micrômetro PanTecom precisão de 0,01 mm em 10 pontos aleatórios do filme, considerando-se a espessura do filme a média dos valores obtidos.

4.4. Difração de Raios – X

A análise de Difração de Raios – X foram realizadas em equipamento Rigaku Mini Flex II com radiação de Cu, K α ($\lambda = 1.54056\text{\AA}$) com tensão de 40 KV, corrente de 30mA, varredura no intervalo de 2° – 35° e com passo de 0,02%/segundo. Os filmes foram fixados no porta-amostra e submetido à análise. Foram analisadas as amostras puras em pó, os filmes preparados após secagem e a cada duas semanas de armazenamento em temperatura ambiente.

4.5. Conservação dos frutos

As mangas selecionadas foram higienizadas com 100ppm de cloro ativo por 15 minutos. Posteriormente, foram deixadas sobre a bancada para secar, em seguida, foram separadas em grupos uniformes com 10 frutos para cada tratamento. A aplicação da solução filmogênica foi realizada com a imersão dos frutos na solução por 2 minutos e deixadas sobre a bancada para secagem por 24 h. Para o tratamento controle, as frutas foram preparadas da mesma maneira, mas ao invés da imersão em solução filmogênica foram imersas em água destilada.

4.5.1. Determinação da perda de massa (PM)

As mangas foram armazenadas a 18°C, sendo pesadas em balança analítica com precisão de 0,01g nos dias zero e 10 dias de armazenamento para o cálculo da perda de massa. Utilizou-se a média de 10 frutos para cada tratamento. Os resultados foram expressos em porcentagem, considerando a diferença entre a massa inicial e a massa obtida após 10 dias de armazenamento (MALI, 2002).

4.5.2. Determinação do pH

A determinação foi realizada com potenciômetro (Modelo 2000, Instrutherm) utilizando as amostras trituradas e homogeneizadas, sendo o equipamento calibrado de acordo com as instruções do fabricante através do uso das soluções com pH= 4,0 e pH = 7,0.

4.5.3. Determinação do teor de sólidos solúveis totais(SST)

Para determinação do teor de SST, foi utilizado refratômetro de bancada ABBE (Modelo 2wa, NOVA). As leituras foram corrigidas para 20°C e os resultados expressos em graus °Brix (CAVALCANTI *et al.*, 2006).

4.5.4. Determinação de acidez titulável (AT)

Para determinar acidez titulável, foi utilizado 5g de polpa para 100 mL de água destilada, solução de NaOH 0,1N para titulação e fenolftaleína como indicador, de acordo com Instituto Adolf Lutz(2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Extração do amido de inhame

A extração do amido teve um procedimento simples e com rápida decantação. O amido de inhame extraído após a secagem apresentou-se como um pó branco sem impurezas aparentes, apropriado para o uso como matéria-prima na confecção de filmes.

O rendimento do material obtido, comparando com base no peso do tubérculo sem casca, foi de 13,4%, semelhante ao obtido por Liporacci, Mali e Grossmann (2005), de 13% de rendimento em amido de inhame. É superior aos obtidos de outras fontes amiláceas como mandioquinha salsa (10,3% - MATSUGUMA, 2006), banana (5 – 8% - FREITAS; TAVARES, 2005) e inhame (9,3% - DURANGO; SOARES; ANDRADE, 2009).

Figura 4 - Amido de inhame extraído.



Fonte: Autor (2013)

A eficiência do procedimento de extração do amido interfere fortemente não apenas na qualidade da matéria-prima obtida, mas também no rendimento e posteriormente nos produtos para os quais este amido será aplicado. O uso de metabissulfito de sódio durante a extração atuou como inibidor de oxidação do material, evitando o escurecimento do amido. Além disso, atuou impedindo que proteínas ficassem aderidas aos grânulos (OLIVEIRA, 2007). Uma vez que, a oxidação e a composição do amido interferem na pureza do material. Esta etapa teve grande importância para se obter um material mais puro.

5.2. Filmes biodegradáveis

A nomenclatura dos filmes é dada pela Tabela 1. E os filmes elaborados estão apresentados na Figura 5. É perceptível visualmente o aumento na opacidade dos filmes à medida que o conteúdo de amido de inhame (AI) é elevado. O filme de AI (FIGURA 5.a) se mostrou o filme mais opaco e quebradiço. Para as blendas (FIGURA 5.b, c e d), houve maior flexibilidade no material, no entanto manteve-se opaco tanto quanto o filme de AI.

Tabela 1 - Nomenclatura dos filmes elaborados.

NOMECLATURA	FORMULAÇÃO
AI	100% AI + 0% FM
AI ₇₅ FM ₂₅	75% AI + 25% FM
AI ₅₀ FM ₅₀	50% AI + 50% FM
AI ₂₅ FM ₇₅	25% AI + 75% FM
FM	0% AI + 100% FM

Fonte: Autor (2013).

Figura 5 – Filmes de amido de inhame (AI) e fécula de mandioca (FM), (a) AI, (b) AI₇₅FM₂₅, (c) AI₅₀FM₅₀, (d) AI₂₅FM₇₅, (e)FM.



Fonte: Autor (2013).

No filme de fécula de mandioca (FM) (FIGURA 5.e), o material se apresentou mais transparente, flexível, e também com menor tendência ao encolhimento durante o armazenamento. Um menor encolhimento também foi visualizado na blenda AI₂₅FM₇₅ (FIGURA 5.d), provavelmente devido a grande quantidade de FM na mistura.

5.3. Espessura

Os dados das espessuras dos filmes são mostrados na Tabela 2. A espessura é um dos parâmetros que mais influencia as propriedades dos filmes e permite a uniformidade do material quando controlada. Além disto, a espessura influencia significativamente na passagem de vapores e nas propriedades mecânicas do material (EMBRUSCADO; HUBER, 2009). A Tabela 2 apresenta os valores médios das espessuras dos filmes obtidos.

Tabela 2 – Espessura dos filmes compostos de amido de inhame, fécula de mandioca e monossacarídeos (glicose e açúcar invertido): Amido de inhame (AI), fécula de mandioca (FM).

FILMES	ESPESSURA (μm)
AI	60 (9)
AI ₇₅ FM ₂₅	50 (9)
AI ₅₀ FM ₅₀	60 (9)
AI ₂₅ FM ₇₅	50 (9)
FM	40 (9)

Fonte: Autor (2013).

Os filmes não apresentaram grandes diferenças significativas para a espessura, exceto para FM que teve menor espessura, com 40 μm . Esses valores são semelhantes ao obtido por García, Pinotti e Zaritzky (2006), com filmes produzidos a partir do amido de milho e quitosana, com valor máximo de 63,1 (1,7) μm e mínimo de 15,2 (1,8) μm . Este parâmetro tem grande importância, pois atua diretamente na transferência de gases através do filme e a resistência do material. Os filmes obtidos nesse trabalho são de boa qualidade e comparáveis aos da literatura.

5.4. Caracterização do amido de inhame e fécula de mandioca

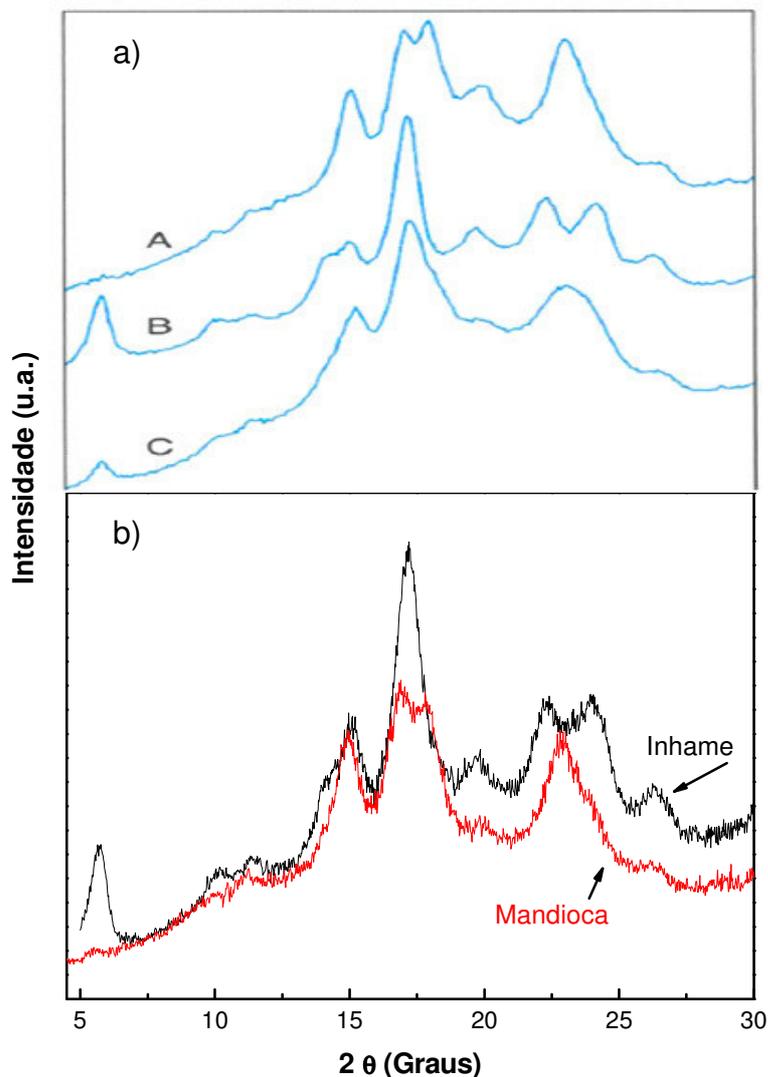
Para caracterização dos filmes à base de amido de inhame e fécula de mandioca utiliza-se a técnica de DRX. Na Figura 6, são apresentados os difratogramas de DRX obtidos e a comparação com os obtidos por Liu (2005) *apud* Bogracheva *et al.* (1999) para amidos nativos. O padrão de DRX do amido de

inhame e da fécula de mandioca em pó (FIGURA 6.b) mostra picos de maior intensidade em 2θ de 5,72°, 15,08°, 17,1°, 22,42°, 24,1°; 26,48° para o AI e 14,92°, 16,92°, 17,82°, 22,84° para FM.

De acordo com Cereda *et al.* (2002), o padrão tipo A possui picos de maior intensidade em 2θ de 15°, 17°, 18° e 23°, e o tipo B em 5,6°, 15°, 17°, 22° e 23°. Sendo os picos próximos de 5,6°, 17,0°, 22,1° em 2θ indicativo do padrão tipo B e os picos em torno de 14,8° e 23,1° característicos do padrão tipo A (FERREIRA *et al.*, 2009; WANG *et al.*, 2011).

Desta forma, pode-se observar claramente na Figura 6, as posições indicadas nos difratogramas dos amidos nativos apresentam-se no tipo B para o amido de inhame, e que segundo alguns autores é o padrão característico de amidos ricos em amilose (MATTA, 2009), e para a fécula de mandioca o padrão é o tipo A.

Figura 6—(a) Tipos de amido, A, B e C obtidos por Liu (2005) *apud* Bogracheva *et al.*(1999);(b) Padrões de difração dos amidos nativo de inhame, tipo B e fécula de mandioca, tipo A.



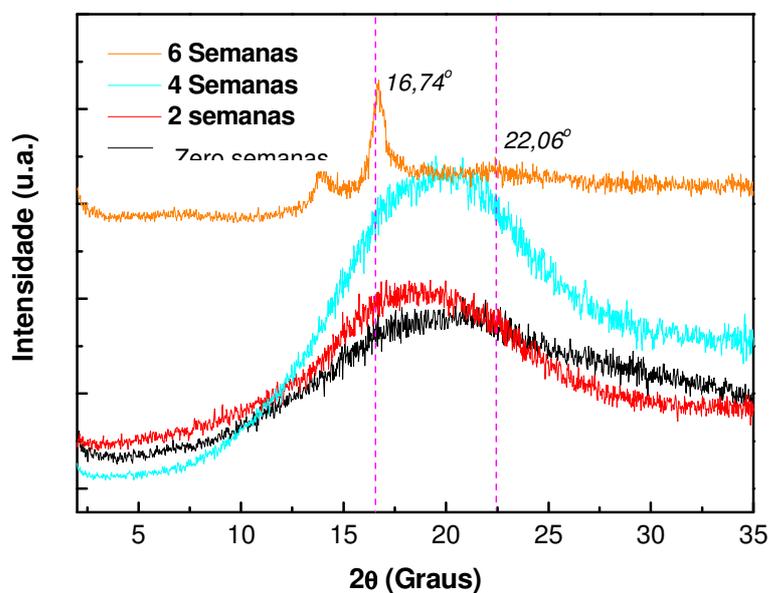
Fonte: Autor (2013).

Após a caracterização das matérias-primas, preparou-se os filmes com cinco diferentes concentrações de amido de inhame e fécula de mandioca. Com o objetivo de estudar a evolução da cristalinidade desses filmes foram feitas medidas de DRX em função do tempo de armazenamento dos filmes.

Os difratogramas dos filmes (FIGURAS 7 –11) foram obtidos a cada duas semanas de armazenamento em temperatura ambiente. Em todos os difratogramas analisados durante o armazenamento dos filmes foi identificado o padrão tipo B, característico para amido gelatinizado que sofreu retrogradação. Para os padrões de difração no dia zero, todos apresentaram característica amorfa, identificada pela ausência de picos acima da linha de base. Isto acontece devido o processo de

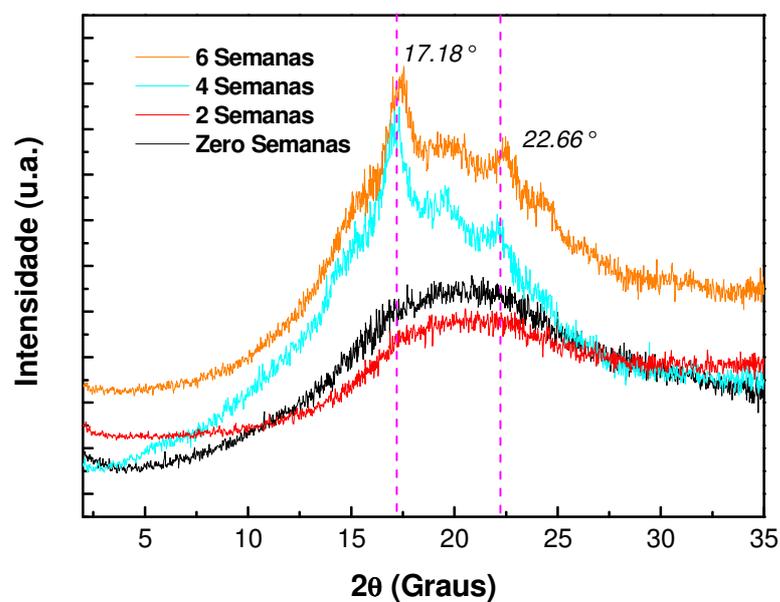
gelatinização, em que o amido perde sua cristalinidade com inchamento dos grânulos.

Figura 7 – Filme de fécula de mandioca (FM).

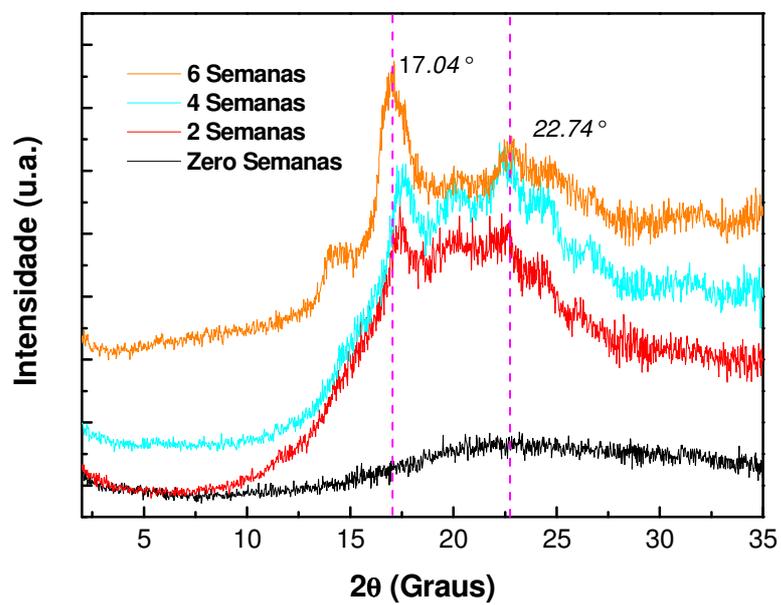


Fonte: Autor (2013).

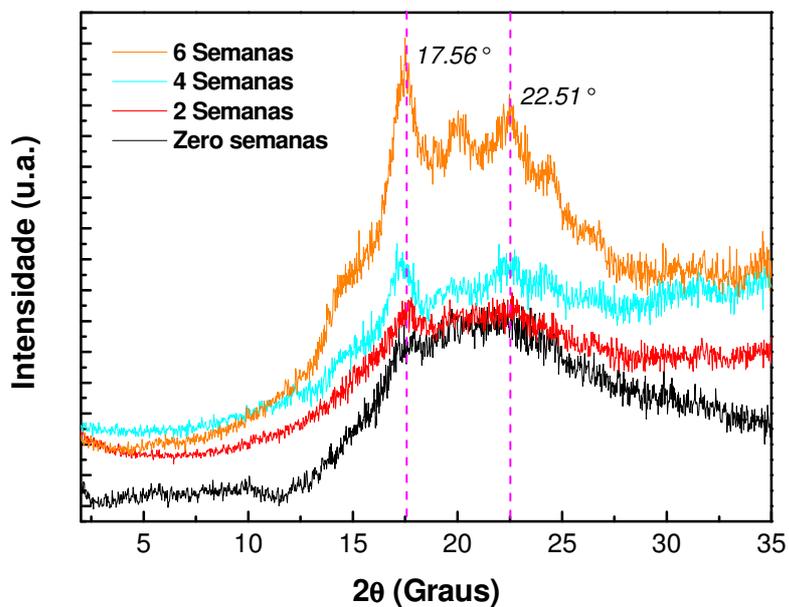
Figura 8 – Filme da blenda $Al_{25}FM_{75}$.



Fonte: Autor (2013).

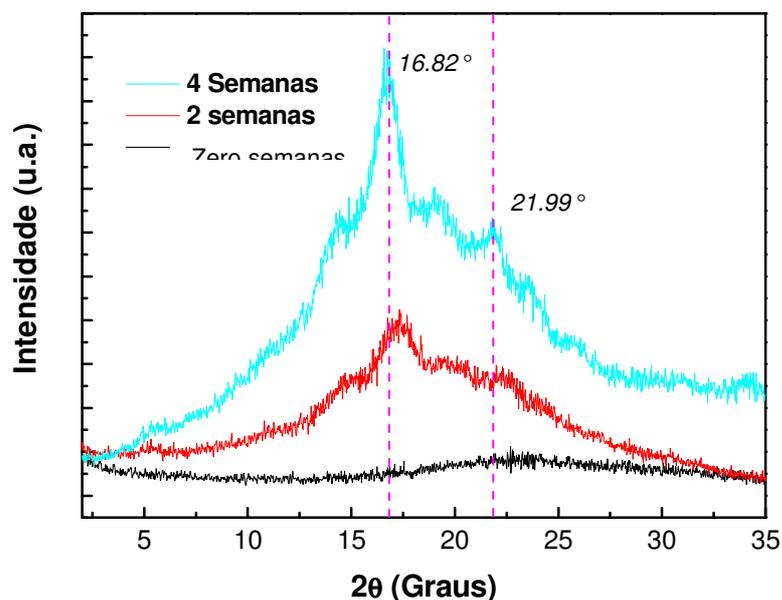
Figura 9 – Filme da blenda $Al_{50}FM_{50}$.

Fonte: Autor (2013).

Figura 10 – Filme da blenda $Al_{75}FM_{25}$.

Fonte: Autor (2013).

Figura 11 – Filme de amido de inhame (AI).



Fonte: Autor (2013).

Os padrões de Raios – X obtidos durante o período de armazenamento dos filmes apresentaram picos de difração de DRX característico da cristalinidade da amostra, o que se deve ao processo de retrogradação da amilose. Nas Figuras 7 e 8, a demora no aparecimento dos picos de difração provavelmente se deu pelo baixo teor de amilose presente na fécula de mandioca (FM). Para a blenda $AI_{25}FM_{75}$ (FIGURA 8), os picos de difração apareceram a partir de quatro semanas de armazenamento, duas semanas antes dos filmes com FM. Como a retrogradação acontece preferencialmente com a amilose, devido a sua linearidade, o amido com maior teor de amilose tende a retrogradar mais rapidamente (SANTOS, 2009), isto explica o motivo pelo qual a blenda $AI_{25}FM_{75}$ retrogradou mais rapidamente do que o filme de FM.

O aparecimento dos picos de difração e a diminuição das larguras destes picos, observado nas Figuras 9,10 e 11 indicam que o processo de retrogradação inicia-se a partir de duas semanas de armazenamento. Isto indica que o aumento do teor de amido de inhame utilizado na confecção dos filmes influenciou significativamente, acelerando o processo de retrogradação, uma vez que, por ser rico em amilose, o amido de inhame possui maior tendência a retrogradação, ou seja, os filmes dessas composições são mais cristalinos que o da FM.

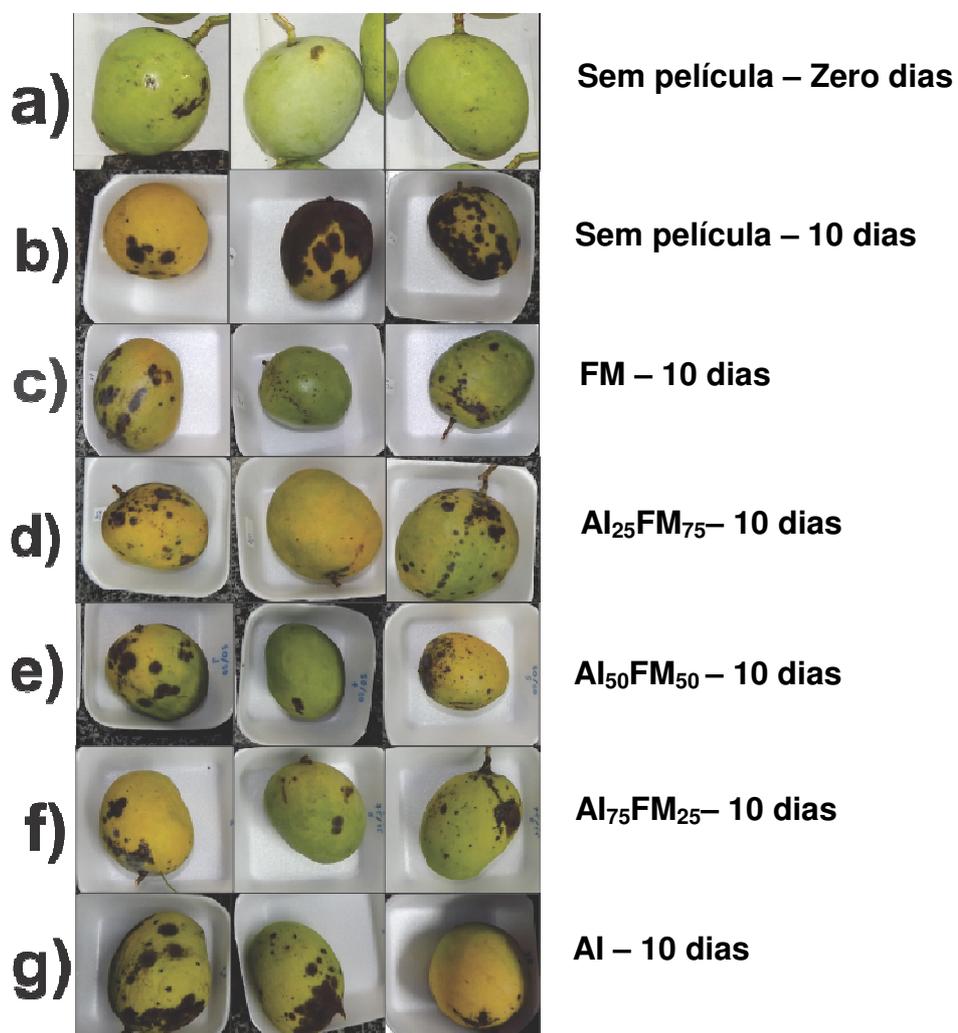
Sabendo que as propriedades dos filmes são influenciadas pela sua característica cristalina, alguns autores relatam que a permeabilidade dos filmes podem ser definidas pelas zonas cristalinas e amorfas, caráter hidrofílico ou hidrofóbico, e também com a interação do plastificante ou outros aditivos colocados na formulação dos filmes (BOURTOOM, 2008; MATTA, 2009).

5.5. Aplicação do filmes biodegradáveis como cobertura

5.5.1. Aparência

No que se refere à aparência dos frutos, embora tenha ocorrido a presença de manchas escuras em todos os tratamentos avaliados (FIGURA 12), as coberturas retardaram o amadurecimento das mangas (observado através da evolução da cor da casca das mangas). Além disso, as maiores perdas de qualidade foram observadas para os frutos do tratamento controle (FIGURA 12.b), onde observou-se um amadurecimento mais rápido.

Figura 12 – Frutos armazenados: (a) Dia zero; e 10 dias: (b) Controle, (c) FM, (d) Al₂₅FM₇₅, (e) Al₅₀FM₅₀, (f) Al₇₅FM₂₅, (g) Al.



Fonte: Autor (2013).

5.5.2. Perda de massa

Nas condições deste experimento, os frutos submetidos aos diferentes tratamentos apresentaram maiores perdas de massa com o armazenamento por 10 dias em temperatura ambiente, com maior valor para a blenda Al₅₀FM₅₀ com 12,1% (TABELA 3). Valores semelhantes foram obtidos por Lemos *et al.* (2007) que obtiveram perda de massa para frutos com fécula 3%, por 8 dias de armazenamento.

Tabela 3 – Perda de massa para o armazenamento por 10 dias em temperatura ambiente das mangas.

	Perda de massa (%)	pH ^a	SST ^b (°Brix)	AT ^c (%)
Dia zero	-	3,8(1)	7,7(2)	12,3(3)
Controle	8,8(2)	5,0(1)	18,7(3)	1,5(1)
FM	7,9(3)	4,7(1)	17,0(3)	2,2(2)
Al₂₅FM₇₅	9,3 (4)	5,5(1)	16,3(4)	1,4(1)
Al₅₀FM₅₀	12,1(4)	4,9 (2)	16,3(6)	2,2(5)
Al₇₅FM₂₅	11,6(5)	4,1(2)	13,0(9)	3,4(2)
Al	12(1)	4,8 (2)	15,5(9)	3,2(8)

a – pH; b –Sólidos Solúveis Totais; c –Acidez Titulável (% gramas de ácido cítrico/gramas de amostra).Fonte: Autor (2013).

Vicentini, Cereda e Câmara (1999) também relataram a baixa eficiência em reduzir a perda de massa de pimentões armazenados por 10 dias, com uso de fécula de mandioca. Este resultado pode ser devido os filmes formados sobre o fruto serem semipermeáveis e possuírem altas taxas de permeabilidade à água, não impedindo que os frutos continuem respirando e, conseqüentemente, perdendo massa.

Isto está de acordo com a afirmação relatada por Oliveira e Cereda (2003), de que os polissacarídeos embora tenham boas propriedades para formar filmes, geralmente não possuem boa eficiência contra perda de água. Isso acontece devido ao caráter hidrofílico ou higroscópico dos polissacarídeos, os quais contêm várias hidroxilas capazes de fazer pontes de hidrogênio com a água, de forma que têm alta permeabilidade a vapores de água (BALDWIN *et al.*, 1999; RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

No entanto, Santos *et al.* (2011) reportaram que filmes de fécula de mandioca e amido de milho foram efetivos em reduzir a perda de massa em mangas “Tommy Atkins” armazenadas em 12°C e 86% UR, por 21 dias. A contradição com os resultados apresentados neste trabalho, provavelmente se deve a aplicação de temperaturas mais baixas e umidade controlada para o trabalho citado.

Além disso, outro fator significativo pode ser explicado em função da composição química e estrutural dos filmes, sendo imprevisível a natureza hidrofílica das formulações (BALDWIN, 2007). Matta (2009) reportou que a taxa de

permeabilidade ao vapor de água diminuiu com uma maior concentração de amido no filme. Laohakunjit e Noomhorm (2004) apresentaram altas taxas de permeabilidade ao vapor de água, atribuindo os valores altos a elevada afinidade do plastificante com a água. Como, o plastificante utilizado neste trabalho de caráter altamente hidrofílico, provavelmente contribuiu para a elevada perda de água dos frutos.

A perda de água resulta na perda de qualidade, visto que durante a comercialização baixa perda de água pode ser tolerada (cerca de 10%), mas quando provoca o murchamento ou enrugamento do fruto causa um declínio significativo de qualidade (LEMOS *et al.*, 2007).

Nesse sentido, as mangas controle, FM e Al₂₅FM₇₅, com respectivamente 8.8%, 7.9% e 9.3%, teoricamente estariam aptas a comercialização, no entanto, estas já estavam em estágio avançado de amadurecimento.

5.5.3. Sólidos Solúveis Totais, Acidez titulável e pH

Os SST são em sua maioria açúcares que aumentam com o amadurecimento dos frutos, devido à degradação ou biossíntese de polissacarídeos e pela perda de umidade que gera o acúmulo de açúcares nos tecidos dos frutos (VICENTINO; FLORIANO; DRAGUNSKI, 2011). No presente estudo, o teor de SST aumentou para todos os tratamentos realizados (TABELA 3). Entretanto, as blendas Al₇₅FM₂₅ e Al apresentaram melhores resultados para a conservação dos frutos com os mis baixos teores de SST de 13.01% e 15.49%, respectivamente. O tratamento controle apresentou 18.72% de SST, sendo claramente visualizado o estágio avançado de amadurecimento nos frutos desse tratamento (FIGURA 12.b).

Dados semelhantes para as coberturas com maiores teores de fécula de mandioca foram encontrados por Lemos *et al.* (2007), com frutos de pimentão “Magali R” revestidos com filmes de fécula de mandioca em concentrações de 3%, 4% e 5% e armazenados por 20 dias em temperatura ambiente e em refrigeração, com teores de SST crescentes para todos os tratamentos.

Santos *et al.* (2011), avaliando mangas “Tommy Atkins” com filmes a base de fécula de mandioca, nas concentrações de 2%, 4% e 6%, e armazenados por até 21 dias a 12°C e 86% UR, também não observou grandes diferenças entre os teores de SST para os tratamentos controle e com filmes. No entanto, para o presente

trabalho, a aplicação das blendas Al₇₅FM₂₅ e Al se mostrou vantajosa, uma vez que, neste trabalho proporcionou a redução de 30,5% e 17,25%, respectivamente, no teor de SST quando comparado ao tratamento controle.

Os valores para acidez titulável (AT) foram maiores para Al₇₅FM₂₅ e Al, que conseqüentemente, obtiveram menores valores de pH (TABELA 2). Os filmes com maiores teores de amido de inhame na formulação, permitiram a manutenção de maiores valores de pH, AT e menores valores de SST. A evolução da maturação dos frutos promove o aumento da concentração de açúcares simples e o decréscimo acentuado no teor de ácidos orgânicos na maioria dos frutos, já que estes ácidos são largamente utilizados como substrato no processo respiratório até o completo amadurecimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Com isto, foi possível notar que os filmes Al₇₅FM₂₅ e Al, obtiveram os melhores resultados para as análises por aumentara vida útil dos frutos. Embora nestes tratamentos a perda de massa não tenha sido eficiente, o amadurecimento dos frutos teve uma sensível redução com 10 dias de armazenamento. O melhor resultado obtido nesses tratamentos pode ser resultante da interação da cristalinidade do filme com o fruto.

Com relação a zonas cristalinas e amorfas presente no material, é possível notar que estes dois filmes sofreram retrogradação acelerada em relação aos outros filmes (FIGURAS 10 e 11). Em função disto, as zonas amorfas diminuem durante o armazenamento e, a superfície de transferência de gases se torna menor. Uma vez que os gases atravessam os filmes através das zonas amorfas do material, à medida que a retrogradação avança a cobertura se torna mais cristalina e então existirá menor espaço para transferência de gases (LIU, 2005).

Portanto, a conservação dos frutos cobertos com Al₇₅FM₂₅ e Al, foi provocada pela criação de atmosfera modificada através da baixa permeabilidade a oxigênio (O₂). A matriz filmogênica do material impôs maior dificuldade à passagem dos gases. Além disto, a alta hidrofiliçidade dos filmes pode ter reduzido a passagem do gás apolar O₂.

Também, por serem hidrofílicos, os filmes permitiram a passagem de dióxido de carbono (CO₂) (polar), o que provavelmente favoreceu a formação de etileno nos tratamentos com menor porcentagem de amido de inhame (FM; Al₂₅FM₇₅; Al₅₀FM₅₀), reduzindo a eficiência na conservação.

Quando os teores de O_2 estão abaixo de 10%, promove resultados positivos na redução da atividade respiratória dos frutos e produção de etileno e conseqüentemente retarda o amadurecimento. Ao reduzir a passagem de O_2 do ambiente para o contato direto com o fruto, a atividade de ACC-oxidase é inibida reduzindo a síntese de etileno, enquanto que o CO_2 liberado na respiração do fruto compete com o etileno pelos sítios receptores (CHITARRA; CHITARRA, 2005; KOBLITZ, 2008).

Além disto, a coloração da casca do fruto para todos os tratamentos com filmes, mostrou-se não uniforme quanto à mudança para amarelo, indicando que a degradação da clorofila, que é sensível aos altos teores de etileno, não aconteceu como nos frutos do tratamento controle. Mostrando claramente que os níveis de O_2 foram reduzidos.

6. CONCLUSÃO

O amido do tubérculo inhame apresentou rendimento de 13,4%, maior do que o da literatura para o inhame variedade caramujo de 9,3% (DURANGO; SOARES; ANDRADE, 2009).

Nos filmes elaborados, o aumento do teor de amido de inhame na mistura proporcionou um material mais quebradiço e opaco, condição já esperada pelo alto teor de amilose presente neste amido.

A espessura dos filmes, máxima de 60 μ m e mínima de 40 μ m foram comparáveis com as da literatura de 63,1 μ m e 15,2 μ m. A cristalinidade do amido de inhame nativo. Para fécula de mandioca nativa o padrão de DRX tipo A. Já os padrões de difração após gelatinização apresentou tipo B para todas as amostras, sendo que o processo de retrogradação ao longo do armazenamento foi mais acelerado para os filmes com maior teor de amido de inhame (Al₇₅FM₂₅ e Al), confirmando o alto teor de amilose no inhame sugerido na literatura.

Observou-se que na aplicação das amostras como cobertura de frutos, em todos os tratamentos aplicados houve a redução do amadurecimento das mangas armazenadas por 10 dias em temperatura ambiente em relação aos frutos controle. Sendo das coberturas Al₇₅FM₂₅ e Al, as que obtiveram os melhores resultados para o retardamento do amadurecimento, devido ao menor teor de oxigênio permeado através do revestimento.

A rápida retrogradação gerada pelo alto teor de amilose presente no amido de inhame favoreceu a obtenção de um revestimento mais compatível com o fruto, favorecendo a formação da atmosfera modificada, sem que a fermentação fosse induzida nos frutos.

6.1. Sugestão para trabalhos futuros

- A substituição do plastificante por polióis pode ainda melhorar a redução da perda de massa dos frutos;
- Testes com temperaturas em refrigeração e umidade relativa controlada podem ser realizados para verificar a melhor eficiência contra a perda de água, bem como a melhora na redução da respiração do fruto;

- Testes de permeabilidade a oxigênio e dióxido de carbono ao longo do armazenamento das películas para verificar a redução da permeabilidade com a retrogradação;
- Análises de DSC e UV-Visível;
- Testes com outros frutos para comparação da eficiência dos filmes em outros vegetais;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASI, N. A. et al. Postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L.) Fruit as affected by chitosan coating. **Pak. J. Bot.**, vol. 4, n.1, p. 343 – 357, 2009.
- AISHAT, A. B. et al. Effect of tuber harvest time and storage period on the pasting properties of yam (*Dioscorea rotundata*) starch. **World J. Agri. Sci.**, vol. 3 n. 6, p. 781 – 787, 2007.
- AL-HASSAN, A. A.; NORZIAH, M. H. Starch – gelatin edible films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. **Revista Food Hydrocolloids**, vol. 26, p. 108-117, 2012.
- ALVES, R. M. L.; GROSSMANN, M. V. E.; SILVA, R. S.S. F. Gelling properties of extruded yam (*Dioscorea alata*) starch. **Food Chemistry**, vol. 67, p. 123 – 127, 1999.
- ASKELAND, D. R. **Ciencia e ingeniería de los materiales**. 3. ed. Thomson International, México, 1998. p. 65 – 67.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS – ABRE. Disponível em <http://www.abre.org.br/centro_dados.php>. Acesso em: 23 abril. 2012.
- AZEREDO, H. M. C. de. **Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados: potencial da aplicação**. Boletim do CEPPA. Curitiba, vol. 21, n.2, 2003.
- AZEVEDO, H. M. C. de; FARIA, J. de A. F.; AZEVEDO, A. M. C. DE. EMBALAGENS ATIVAS PARA alimentos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, vol.20, n.3, Set./Dec. 2000.
- BALDWIN, E. A. **Surface treatments and edible coatings in food preservation**. In: Rahman, M.S. Handbook of Food Preservation. 2 ed. Boca Raton: CRC Press., 2007, p. 477-507.
- BASTOS, D. C. **Estudo da redução da hidrofobicidade de filmes biodegradáveis de amido de milho termoplástico com e sem reforço de fibra de bananeira através do tratamento por plasma de SF₆**. 2010. 97 f. Tese (Doutorado em engenharia metalúrgica e de materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- BATISTA, J. A.; TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R. F. Efeito da adição de ácidos graxos em filmes à base de pectina. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, vol.25, n.4, p. 781 – 788, out./dez., 2005.
- BATISTA, P. F. et. al. Utilização de filmes plásticos e comestíveis na conservação pós-colheita de melão amarelo. **Hortic.bras.**, vol. 25, n. 4, 2007.
- BERTOLINI, A. C. **Starches**: characterization, properties, and applications. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2010. 271p.

- BOTREL, D. A. et al. Revestimento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera Williams minimamente processada. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol.40, n.8, p.1814 – 1820, ago.,2010.
- BOURTOOM, T. Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan. **Songklanakarín J. Sci. Technol.**, vol. 30 (Suppl.1), p.149 – 155, mai.,2008.
- BRITO, T. T. de; et. al. Composição centesimal de inhame (*Dioscorea sp.*) in natura e minimamente processado. **Scientia Plena**, vol. 7, n. 6, 2011.
- BUKZEM, A. de L.; SANTOS, D. M. dos.; ASCHERI, D. P. R. Filmes biodegradáveis a base de fécula de mandioca e bagaço de cevada obtidos por extrusão termoplástica. **RevistaAgrotecnologia**, Anápolis, vol. 3, n. 2, p. 89 – 107, 2012.
- CAMERON, R. E.; DONALD, A. M. A small-angle X-ray scattering study of the annealing and gelatinization of starch. **Polymer**, vol. 33, n. 12, p. 2628 – 2635, 1992.
- CAO, Na; FU, Y.; HE, J. Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films. **Revista FoodHydrocolloids**, vol.21, n. 7, p. 1153 – 1162. 2007.
- CAVALCANTI, A. L. et. al. Determinação dos Sólidos Solúveis Totais (Brix) e pH em bebidas lácteas e sucos de frutas. **Pesq. Bras. em Odontopediatria e Clínica Integrada**, vol. 6, n. 001, p. 57 – 64, 2006.
- CERQUEIRA, T. S. **Recobrimentos comestíveis em goiavas cv. ‘Kumagai’**. 2007.69 f. Dissertação (Mestrado em ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós – colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 735 p.
- CHOUDHURY, M. M.; COSTA, T. S. da. Perdas na Cadeia de Comercialização da Manga. 1 ed. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. **Documentos**, 186, 2004. 44 p.
- CORRADINI, E. et. al. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 15, n° 4, p. 268-273, 2005.
- CULLITY, B. D. **Elements of X – ray diffraction**. 2.ed. Addison-Wesley Publishing Company, INC. 1978.
- CUNHA, P. L.R. da; PAULA, R. C. M. de; FEITOSA, J. P. A. Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. **Quím. Nova**, vol.32, n.3, p. 649 – 660, mar., 2009.
- DAMASCENO, S. et al. Efeito da aplicação de película de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de tomate. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, vol 23, n. 3, p. 377 – 380, set./dez., 2003.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J. A.; VOILLEY, A. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. **Crit.Revista Food Sci.**, vol. 38, n. 4, p. 299 – 313. 1998.

DEMIATE, I. M. ; KOTOVICZ, V. Cassava starch in the Brazilian food industry.**Ciênc. Tecnol.Aliment.**, vol.31, n.2, p. 388 – 397, 2011.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. da.Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas.**Ciência Rural**, Santa Maria, vol.39, n.3, p. 945 – 954, mai./jun., 2009.

DETDUANGCHAN, N.; WITTAYA, T. Effect of UV – Treatment on properties of biodegradable film from rice starch.**World Academy of Science, Engineering and Technology**. vol. 81, p. 464-469. 2011.

DURANGO, A. M.; SOARES, N. de F. F.; ANDRADE, N. J. de. **Extração e caracterização do amido de inhame e desenvolvimento de filmes comestíveis antimicrobianos**.En: *Colombia Temas Agrarios* .ed: Facultad de Ciencias, vol.14 fasc.2 p.33 - 42 ,2009.

ELIASSON, Ann – Charlotte. **Starch in food: Structure, function and applications**.Cambridge, Woodhead Pub, 2004.605 p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mandioca**. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=pesquisa-culturas_pesquisadas-mandioca.php>. Acesso em: 20 janeiro 2013.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Produção brasileira de manga em 2009**. 2009. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/planilhas/Manga_Brasil_2009.pdf>. Acesso em: 21 janeiro 2013.

EMBUSCADO, M. E., e HUBER, K. C. **Edible films and coatings for food applications**. New York: Springer Science, 2009. 416 p.

FAKHOURI, F.M. et. al. Films and edible coatings based on native starches and gelatin in the conservation and sensory acceptance of Crimson grapes. **Ciênc.Tecnol. Aliment.**, Campinas, vol. 27, n. 2, p. 369 – 375, 2007.

FERNANDES, P. L. de O. et al. Qualidade de mamão 'Formosa' produzido no RN e armazenado sob atmosfera passiva.**Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, vol. 41, n. 4, p. 599 – 604, out/dez, 2010.

FERREIRA, F. A. B. et. al. Effect of Relative Humidities on Microstructural, Barrier and Mechanical Properties of Yam Starch-Monoglyceride Films.**Braz. Arch. Biol. Technol.**, vol.52, n.6, p. 1505 – 1512, 2009.

FILHO, W. P. de C.; ALVES, H. S.; MAZZEI, A.R. **Mercado de manga no brasil:** contexto mundial, variedades e estacionalidade. *Informações Econômicas*, São Paulo, vol.34, n.5, 2004.

FREITAS, M. C. J.; TAVAREZ, D. Q. Caracterização do grânulo de amido de bananas (AAA-nanicão e AAB-terra) musa musa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol. 25, n.2, p. 217 – 222, 2005.

FREITAS, R. A.et. al. Amylose contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (*Dioscorea alata*) and cassava (*Manihot utilissima*) starches. **Revista Carbohydrate Polymers**, vol. 55, p. 3 – 8, 2003.

GARCÍA, M. A.; PINOTTI, A.; ZARITZKY, N.E. Physicochemical, water vapour barrier and mechanical properties of corn starch and chitosan composite films. **Starch/Starke**, vol. 58, n. 9 , p. 453 – 463, 2006.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B. da; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos:** princípios e aplicações. São Paulo: Nobel, 2008. 505 p.

GUEDES, P. de A. **Utilização de biofilme comestível na conservação pós-colheita de manga, cv. Rosa.** 2007. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2007.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria Ananassa Duch*) cv IAC Campinas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, vol.19, n.2, mai./aug., 1999.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, vol.28, n.1, p. 231 – 240, jan./mar., 2008.

HOJO, E. T. D. **Qualidade de mangas ‘Palmer’ tratadas com 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração.** 2005. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

HORTBRASIL, Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. **A manga no mundo e no Brasil.** 2009. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/jnw/index.php?option=com_content&view=article&id=444%3Aa-manga-no-mundo-e-no-brasil&catid=64%3Afrutas-e-hortalicas-frescas&Itemid=82>. Acesso em: 21 janeiro 2013.

HUANG, Chien-Chun; LIN, Mei-Chen; WANG, Chiun-C. R. Changes in morphological, thermal and pasting properties of yam (*Dioscorea alata*) starch during growth. **Carbohydrate Polymers**, vol. 64, p. 524 – 531, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 4 ed. 1 versão digital. São Paulo, p. 1020, 2008.

JANSSEN, L. MOSCICKI, L. **Thermoplastic starch:** A green material for various industries. Weinheim: Wiley-VCH, 2009. 235 p.

- KECHICHIAN, V. **Adição de ingredientes antimicrobianos em filmes biodegradáveis à base de fécula de mandioca**. 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo 2007.
- KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de alimentos: teoria e aplicações práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Kooban, 2008, p.240.
- LAOHAKUNJIT, N.; NOOMHORM, A. Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch Film. **Starch/Starke**, Weinheim, vol. 56, n. 8, p. 348 – 356, aug., 2004.
- LEMOS, O. L. et al. Utilização de biofilme comestível na conservação de pimentão ‘Magali r’ em duas condições de armazenamento. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.693 – 699, 2007.
- LIPORACCI, J. S. N.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V.E. Effects of extraction method on chemical composition and functional properties of yam starch (Dioscoreaalata). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 345-352, jul./set. 2005.
- LIU, Z. **Edible films and coatings**. In: HAN, JUNG H. (Org). 1Ed. *Innovations In Food Packaging*. Lincoln, USA: Academic Press, 2005. p. 318 – 332.
- MALI, S.et. al. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. **Revista Carbohydrate Polymers**, Barking, vol. 56, n. 2, p. 129 – 135, 2004.
- MALI, S.et. al. Mechanical and thermal properties of yam starch films. **Revista Food Hydrocolloids**, Oxford, vol. 19, n. 1, p. 157 – 164, 2005.
- MALI, S.et. al. Microstructural characterization of yam starch films. **Revista Carbohydrate Polymers**, Barking, vol. 50, n. 2, p. 379-386, 2002.
- MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Stach films: production, properties and potencial of utilization. **Revista Semina: Ciências Agrarias.**, Londrina, vol. 31, n. 1, p. 137 – 156, 2010.
- MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioquinha salsa (Arracacia xanthorrhiza) nativo e modificado por oxidação**. 2006, 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.
- MATTA, M.D. da J. **Caracterização de biofilmes obtidos a partir de amido de ervilha (Pisum sativum) associado à goma xantana e glicerol**. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- MOTA, R. D. P. **Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis através de blenda polimérica de amido de lírio – do – brejo (Hedychium coronarium) e de**

- amido de fruto – do – lobo (*Solanumlycocarpum St. Hill*).** 2009. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências moleculares) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2009.
- NUNES, L. de S. **Obtenção de amido d inhame e sua utilização no preparo de alimentos à base de leite.** 2009. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.
- OLIVEIRA, M. A. de; CEREDA, M. P. Pós-colheita de pêssegos (*Prunus pérsica L. Bastsch*) revestidos com filmes a base de amido como alternativa à cera comercial. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, vol. 23, suppl., p. 28 – 33, 2003.
- OLIVEIRA, T. M. de. **Desenvolvimento e avaliação de filme biodegradável de polietileno incorporado de amido de grão – de – bico (*Cicerarietinum L.*).** 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado em Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- OLIVEIRA, F. J. M e. **Tecnologia de produção do inhame (*Dioscoreacaynnensis L*) pelo sistema de formação de mudas e transplântio.** 2010. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.
- PARADA, J.; AGUILERA, J. M. Effect of native crystalline structure of isolated potato starch on gelatinization behavior and consequently on glycemic response. **Food Research International**, Valdivia, vol.45, p. 238–243, 2012.
- PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the Physical Chemistry of Starch. **Journal of Cereal Science**, vol. 34, p. 1–17, 2001.
- PARRA, D. F.; TADINI, C. C.; PONCE, P.; LUGÃO, A. B. Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films. **Carbohydrate Polymers**, vol. 58, p. 475 – 481, 2004.
- PEROSA, J. M. Y.; SILVA, C. de S.; ARNALD, C. R. Avaliação das perdas de manga (*Mangifera indica L.*) no mercado varejista da cidade de Botucatu-SP. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, vol. 31 n.3, set., 2009.
- PRIMO, D. M. de B. **Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita de frutos de palma forrageira.** 2008. 136 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.
- QUEIROZ, V.A.V. et al. **Perda de Massa no Armazenamento de Minimilho Revestidos com Película Comestível de Fécula de Mandioca.** In: XXVII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27, 2008, Londrina. Anais... Londrina: 2008, p.684.
- QUEIROZ, V. A. V. et. al. Utilização de cobertura comestível na conservação pós-colheita de minimilho minimamente processado. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, vol. 30, n. 4, p. 910 – 916, 2010.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004, p. 184.

RILEY, C. K. et al. In vitro digestibility of raw starches extracted from five yam (*Dioscorea* spp.) species grown in Jamaica. **Starch/ Starke**, vol. 56, p. 69 – 73, 2004.

RILEY, C. K. et al. Surface properties of yam (*Dioscorea* sp.) starch powders and potential for use as binders and disintegrants in drug formulations. **Revista Powder Technology**, vol. 185, p. 280 – 285, 2008.

RILEY, C. K.; WHEATLEY, A. O.; ASEMOTA, H. N. Isolation and characterization of starches from eight *Dioscoreaalata* cultivars grown in Jamaica. **African Journal of Biotechnology**, vol. 5, n. 17, p. 1528 – 1536, 2006.

SÁ, C. R. L. et al. **Métodos de controle do etileno na qualidade e conservação pós-colheita de frutas**. 1 ed. Fortaleza: EMBRAPA, Documentos, 111, 2008.

SANTOS, A. E. O. dos. et al. Influência de biofilmes de fécula de mandioca e amido de milho na qualidade pós-colheita de mangas '*Tommy Atkins*'. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, vol.6, n.3, p.508 – 513, jul./set, 2011.

SANTOS, A. P. dos. **Extração e caracterização do amido do fruto-do-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hill) e elaboração de filmes biodegradáveis**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências moleculares) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2009.

SANTOS, L. O. **Conservação pós-colheita de mangas produzidas na região de Jaboticabal – SP**. 2008. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Jaboticabal, 2008.

SANTOS, E.S. dos. **Inhame (*Dioscorea* spp.): aspectos básicos da cultura**. João Pessoa: EMEPA-PB, SEBRAE, 1996. 158 p.

SANTOS, V. da S. **Mandioca: a raiz das nossas raízes**. Disponível em: <<http://panificacaobrasileira.com.br/2010/noticias/artigo-mandioca-a-raiz-das-nossas-raizes>>. Data de acesso: 01 janeiro 2013.

SCHLEMMER, D. **Preparação, caracterização e degradação de blendas de poliestireno e amido termoplástico usando glicerol e óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) como plastificantes**. 2007. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SILVA, P.L.da. **Desenvolvimento de blendas de amido de inhame modificado com quitosana e pva**. 2010. 119 f. Dissertação (Mestrado em química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

SLATTERY, C. J.; KAVAKLI, I. H.; OKITA, T. W. Engineering starch for increased quantity and quality. **Trends in Plant Science**, vol. 5, n. 7, p. 291, 2000.

SOARES, N. de F.F. et al. Antimicrobial edible coating in post-harvest conservation of guava. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. p. 281 – 289, out., 2011.

SRICHUWONG, S. et. al. Starches from different botanical sources I: Contribution of amylopectin finestructure to thermal properties and enzyme digestibility. **Carbohydrate Polymers**, vol.60, n.4, p.529 – 538, 2005.

TANADA-PALMU, P. S. et al. Recobrimento de sementes de brócolos e salsa com coberturas e filmes biodegradáveis. **Bragantia**, São Paulo, vol.64, n.2, p.291-297, 2005.

THIRE, R. M. S. M. et al. Redução da hidrofobicidade de filmes biodegradáveis à base de amido por meio de polimerização por plasma. **Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol.14, n.1, p. 57-62, 2004.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. Gelatinization, pasting and retrogradation. In: THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. (Eds.). **Starches, practical guides for the food industry**. St. Paul: Eaganpress, p. 25 – 30, 1997.

TONELI, J. T. de C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Review: Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, Especial, vol.7, n.2, p.181 – 204, 2005.

TONGDEESOONTORN, W. et al. Water vapour permeability and sorption isotherms of cassava starch based films blended with gelatin and carboxymethyl cellulose. **As. J. Food Ag-Ind.**, vol. 2, n. 4, p. 501 – 514, 2009.

VICENTINI, N. M.; CEREDA, M. P.; CÂMARA, F. L, de A. Revestimentos de fécula de mandioca, perda de massa e alteração da cor de frutos de pimentão. **Sci. agric., Piracicaba**, vol.56, n.3, jul., 1999.

VICENTINO, S. L.; FLORIANO, P. A.; DRAGUNSKI, D. C. Filmes de amidos de mandioca modificados para recobrimento e conservação de uvas. **Quim. Nova**, vol. 34, n. 8, p. 1309 – 1314, 2011.

VILA, M.T.R. **Qualidade pós-colheita de goiaba 'Pedro Sato' armazenados sob refrigeração e atmosfera modificada por biofilme de fécula de mandioca**. 2004, 66f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

WANG, Y. et. al. Physicochemical properties of starches from two different yam (*Dioscorea opposita Thunb.*) residues. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, vol. 54, n. 2, p. 243 – 251, 2011.

ZHANG, Y. e HAN, J. H. Plasticization of Pea Starch Films with monosaccharides and Polyols. **Journal of food science**, vol. 71, n. 6, p. 253 – 261, 2006.