

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

**REVESTIMENTOS À BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA E PLASTIFICANTES
PARA CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE DE MAMÕES**

Thaís Correia Gomes

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
2022**

**REVESTIMENTOS À BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA E PLASTIFICANTES
PARA CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE DE MAMÕES**

Thaís Correia Gomes

Licenciada em Biologia

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2019

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

Coorientadora: Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Coorientadora: Ma. Elaine Goes Souza

FICHA CATALOGRÁFICA

G633r Gomes, Thaís Correia.

Revestimentos à base de fécula de mandioca eplastificantes para conservação da qualidade de mamões / Thaís Correia Gomes. _ Cruz das Almas, BA, 2022.

61f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva.
Coorientadora: Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki.
Coorientadora: Ma. Elaine Góes Souza.

1.Mamão – Cultivo. 2.Mamão – Colheita. 3.Conservação – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 634.651

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB. Responsável pela Elaboração –Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA CENTRO DE CIÊNCIAS
AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

**REVESTIMENTOS À BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA E PLASTIFICANTES
PARA CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE DE MAMÕES**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de

Thaís Correia Gomes

Aprovada em 26 de Agosto de 2022



Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

UFRB/ Embrapa Mandioca e Fruticultura

(Orientador)



Dra. Ana Cristina Vello Loyola Dantas

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

(Examinador Interno)



Dr. Márcio Eduardo Canto Pereira

Embrapa Mandioca e Fruticultura

(Examinador Externo)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por todas as minhas vitórias diárias e por sempre me fazer lembrar que sou mais forte do que penso.

Aos meus pais, Adilton e Suely, meu porto seguro e meus maiores exemplos. Vocês se sacrificaram, se dedicaram, abdicaram de tempo e de projetos pessoais para acompanhar de perto essa trajetória tão importante para mim. Sem vocês ao meu lado tudo ficaria mais difícil. Devo tudo o que sou a vocês!

A todos que contribuíram para realização desse trabalho. Em especial, agradeço ao meu orientador, Dr. Sebastião de Oliveira e Silva, pela compreensão, paciência e incentivo nessa jornada, e à minha coorientadora, Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki, por todo apoio, dedicação e por todo o auxílio na confecção dessa dissertação; E à minha coorientadora Elaine Goes pela preocupação, apoio e incentivo diário.

Aos meus colegas de curso, em especial Lorena e Ian, que me acompanharam nessa luta. Obrigada por estarem sempre ao meu lado e deixar essa trajetória mais leve e possível.

À Embrapa, principalmente à equipe do laboratório pós-colheita, que me auxiliaram na condução dos experimentos. Obrigada por todo ensinamento, apoio e carinho, vocês contribuíram muito para a minha formação tanto profissional como pessoal.

Aos meus amigos, que compartilharam bons momentos de descontração e nunca deixaram de amparar-me diante dos períodos mais difíceis, em especial, Julia, Sthefanie, Maria Clara, Carolle, Alexia e Daniel.

Aos meus familiares e amigos, que mesmo distantes depositaram confiança e entusiasmo, acreditando sempre no meu potencial.

A todos, os meus sinceros agradecimentos!

“A persistência é o menor caminho do êxito”.

Charles Chaplin

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
REVISÃO DE LITERATURA	13
Aspectos gerais da cultura do mamão	13
Importância econômica da cultura do mamoeiro.....	14
Fisiologia do amadurecimento	14
Tecnologia pós-colheita	17
Plastificantes	20
REFERÊNCIAS	22
Capítulo 1	28
Revestimentos à base de fécula de mandioca para conservação do mamão 'THB' ..	28
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
Dias para atingir o Estádio 5 de amadurecimento.....	38
Cor da polpa.....	39
Incidência de podridões	39
Firmeza	40
Acidez titulável	40
Sólidos Solúveis.....	41
Relação SS/AT.....	42
pH	42
CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	43
ANEXOS	46
Capítulo 2.....	47
Uso de revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca e plastificantes para conservação do mamão 'THB'	47
INTRODUÇÃO	50
MATERIAL E MÉTODOS	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
Dias para atingir o Estádio 5 de amadurecimento.....	55
Perda de massa.....	56
Incidência de podridões	57
Firmeza	57

Acidez titulável	57
Relação SS/AT.....	58
CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS.....	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS	61

Revestimentos à base de fécula de mandioca e plastificantes para conservação da qualidade de mamões

RESUMO: O mamão, por ser uma fruta muito perecível, apresenta uma curta vida útil pós-colheita. Uma das alternativas para prolongar a vida útil do fruto é a utilização de revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca. O amido possui algumas vantagens para ser utilizado como base nos revestimentos comestíveis, como: baixo custo, alta produção, biodegradabilidade e fácil manipulação, porém, este material tem a desvantagem de possuir baixa elasticidade, que pode resultar em filmes muito quebradiços. A adição de plastificantes, como o sorbitol ou glicerol, aumenta a flexibilidade dos revestimentos, melhorando a resistência, elasticidade e flexibilidade. Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de formulações de revestimento comestível à base de fécula de mandioca adicionada ou não de plastificantes sobre a manutenção da qualidade físico-química de mamões. O trabalho foi constituído de dois capítulos, onde o primeiro (composto por duas etapas) teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de formulações de revestimento comestível à base de fécula de mandioca sobre a conservação e a qualidade físico-química de mamões. Foram estudadas emulsões com concentrações de 0, 1, 2, 3, 4 e 5% de fécula de mandioca na primeira etapa e concentrações de 0, 2, 2,25, 2,5, 2,75 e 3% na segunda etapa, em mamões da cultivar THB. O segundo capítulo teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de formulações de revestimento comestível à base de fécula de mandioca com adição dos plastificantes sorbitol e glicerol na manutenção da qualidade pós-colheita de mamões. Após a determinação da melhor concentração de fécula de mandioca, realizada no primeiro capítulo, de 2,25% de fécula de mandioca, foram estudados os efeitos da adição do plastificante Sorbitol com concentrações de 0; 10; 20; 30; 40 e 50% e Glicerol com concentrações de 0; 1; 2; 3; 4 e 5% na formação dos filmes sobre os frutos. Os parâmetros avaliados foram: dias para atingir o Estádio 5, firmeza, cor da polpa, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, pH. Frutos revestidos com concentrações a partir de 3% de fécula de mandioca tiveram seu amadurecimento prejudicado. Em contrapartida, a concentração 2,25% de amido de mandioca aumentou em média 2 dias à vida útil pós-colheita de mamões 'THB' sem afetar a qualidade físico-química dos frutos. A associação de fécula de mandioca a 2,25% e glicerol, independentemente da concentração, tornaram o revestimento mais flexível, melhorando a aparência do revestimento no fruto. A adição de 1% de glicerol destacou-se por promover maior conservação do fruto. A concentração de 2,25% de fécula de mandioca acrescida de 10% de sorbitol promove maior manutenção da qualidade físico-química de mamões 'THB'.

Palavras-chave: *Carica papaya*; atmosfera modificada; sorbitol; glicerol.

Cassava starch-based coatings and plasticizers to preserve the quality of papayas

ABSTRACT: Papaya, being a very perishable fruit, has a short post-harvest shelf life. One of the alternatives to prolong the shelf life of the fruit is the use of edible cassava starch-based coatings. Starch has some advantages to be used as a base in edible coatings, such as: low cost, high production, biodegradability and easy handling, however, this material has the disadvantage of having low elasticity, which can result in very brittle films. The addition of plasticizers, such as sorbitol or glycerol, increases the flexibility of the coatings, improving strength, elasticity and flexibility. Therefore, this work aimed to evaluate the influence of the application of edible coating formulations based on cassava starch with or without plasticizers on the maintenance of the physicochemical quality of papayas. The work consisted of two chapters, where the first (composed of two stages) aimed to evaluate the influence of the application of cassava starch-based edible coating formulations on the conservation and physico-chemical quality of papayas. Emulsions were studied with concentrations of 0, 1, 2, 3, 4 and 5% in the first stage and concentrations of 0, 2, 2,25, 2,5, 2,75 and 3% of cassava starch in the second stage in papayas cultivar THB. The second chapter aimed to evaluate the influence of the application of cassava starch-based edible coating formulations with the addition of the plasticizers sorbitol and glycerol in maintaining the postharvest quality of papayas. After determining the best concentration of cassava starch, carried out in the first chapter, 2,5% cassava starch, the effects of adding the plasticizer Sorbitol with concentrations of 0; 10; 20; 30; 40 and 50% and Glycerol with concentrations of 0; 1; 2; 3; 4 and 5% in the formation of films on the fruits. The parameters evaluated were: days to reach stage 5, firmness, pulp color, soluble solids (SS), titratable acidity (AT), SS/AT ratio, pH and PME (only in chapter 1). Fruits coated with concentrations from 3% had their ripening impaired. On the other hand, the 2,25% concentration of cassava starch increased the postharvest shelf life of 'THB' papayas by an average of 2 days without affecting the physico-chemical quality of the fruits. The association of 2,25% cassava starch and glycerol, regardless of concentration, made the coating more flexible, improving its appearance. The addition of 1% glycerol stood out for promoting greater fruit conservation. The concentration of 2,25% of cassava starch plus 10% of sorbitol promotes greater maintenance of the physico-chemical quality of 'THB' papayas.

Keywords: *Carica papaya*; modified atmosphere; sorbitol; glycerol

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é conhecido como o terceiro maior produtor mundial de frutas, porém apresenta uma alta taxa de perdas pós-colheita de frutas e hortaliças, cerca de 35- 40 %, sendo uma das maiores do mundo (MAPA, 2018). Isso ocorre por diversos motivos, como o rápido amadurecimento do fruto, sujeito às condições climáticas e ao contágio por microrganismos, ambos afetando sua qualidade final (ZUCCHINI et al., 2017). Atualmente, com a maior demanda do mercado externo e a crescente exigência no mercado interno por frutos de melhor qualidade, torna-se crescente a necessidade de maiores cuidados durante a colheita e o manejo pós-colheita, levando em consideração as boas práticas que garantam aos frutos a manutenção da sua qualidade até o consumidor (SASAKI et al., 2018).

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma fruta cultivada em diversos países, sendo produzidos cerca de 13 milhões de toneladas do fruto no mundo. No Brasil, o mamão é uma das frutas que merece destaque devido a sua grande importância socioeconômica para a fruticultura nacional, produzindo cerca de 1,6 milhões de toneladas, contribuindo com 13% da produção mundial (EMBRAPA, 2019). O país possui um papel importante no cultivo do mamão, ocupando a segunda posição no ranking mundial na produção e exportação dessa fruta, que é cultivada em todas as regiões brasileiras. O Nordeste é a região em destaque, responsável por 54,9 % da produção nacional. Segundo a Conab (2020), em 2019 o Brasil produziu 1.161.808 t e exportou 42.888 t de mamão.

Os frutos de mamão são produtos agrícolas altamente perecíveis, possuindo uma curta vida de prateleira, pois constituem um tecido vivo, submetido a constantes mudanças físicas, químicas e bioquímicas, tanto na fase de produção, quanto na fase de pós-colheita, apresentam elevado teor de umidade, textura macia de fácil deterioração e altas taxas respiratórias (ASSIS, BRITTO; FORATO, 2009). Essas características resultam em perdas pós-colheita, que ocasionam a falta de comercialização ou de consumo do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

No Brasil, quase a totalidade da comercialização do mamão no varejo é realizada sem refrigeração. Devido a essa condição, o aumento do período de conservação do mamão em temperatura ambiente é essencial para o seu transporte

e comercialização (OLIVEIRA et al., 2018). Visando essa conservação por mais tempo, a utilização de revestimentos comestíveis torna-se uma opção.

Revestimento comestível é uma técnica pós-colheita que atua como uma barreira física, evitando as trocas gasosas, prolongando a vida útil do fruto, além de auxiliar na manutenção da qualidade nutricional e ser biodegradável. Dentre as matérias-primas utilizadas para confecção de filmes comestíveis destaca-se a fécula de mandioca, muito utilizada, devido sua boa resistência, transparência e baixo custo, além de não apresentar toxidez ao consumidor (PEGO et al., 2015).

As propriedades mecânicas dos revestimentos formados a partir da fécula de mandioca são limitadas, pois eles possuem baixa resistência à ruptura e à abrasão, além de apresentar baixa flexibilidade, o que dificulta a sua adaptação a possíveis deformações sem se romper. Dentro da formulação do filme de amido faz-se necessária a presença de um plastificante, como o Glicerol e o Sorbitol, que atuam diminuindo as forças intermoleculares entre as cadeias de amido, que vão proporcionar a estes materiais uma melhoria nas suas propriedades mecânicas, produzindo filmes cristalinos, com menor permeabilidade ao vapor de água e menor caráter hidrofílico (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

Com o intuito de atender a um mercado cada vez mais exigente são fundamentais pesquisas voltadas ao desenvolvimento de novas tecnologias para a redução das perdas pós-colheita para a economia nacional, pois além de minimizar as perdas, elevam a competitividade. Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de formulações de revestimento comestível à base de fécula de mandioca adicionada ou não de plastificantes sobre a manutenção da qualidade físico-química de mamões.

REVISÃO DE LITERATURA

Aspectos gerais da cultura do mamão

O mamoeiro é uma angiosperma pertencente à família *Caricaceae*, que possui seis gêneros e 35 espécies, sendo a *Carica papaya* L. a espécie que corresponde ao membro economicamente mais importante (VAN DROOGENBROECK et al., 2004; CARVALHO; RENNER, 2012). É uma planta diploide ($2n = 18$ cromossomos) (MING et al., 2008), perene, dioicas, com flores masculinas e femininas produzidas em pés distintos, ou monoicas, com flores de ambos os sexos. Além disso, possui desenvolvimento rápido, com metabolismo C3 (CAMPOSTRINI; GLENN, 2007).

A planta do mamoeiro apresenta caule herbáceo que pode variar entre 6 a 9 m de comprimento, semi-lenhoso, oco e com diâmetro de 10 a 30 cm, normalmente não ramificado, terminando em um aglomerado de folhas digitolobadas grandes e glabras, com nervuras verde-amareladas, sendo sustentadas por pecíolos de 25 a 100 cm de comprimento, dispostos de forma espiralada ao redor do caule. As flores são pequenas, afuniladas, de coloração branca à creme, ligeiramente perfumadas, podendo ser encontradas solitárias ou formando inflorescências estaminadas, pistiladas ou hermafroditas. As superfícies dos estigmas são verdes e os estames amarelados (COTRUT et al., 2017).

O fruto produzido pelo mamoeiro, o mamão, é do tipo baga, com inúmeras sementes pretas envolvidas por arilo transparente, com mesocarpo carnoso de coloração amarela a avermelhada (SALOMÃO et al., 2007). Uma fruta tropical nativa da América Latina, típica de regiões tropicais e subtropicais, distribuída e conhecida pelo mundo inteiro, sendo seu fruto bastante consumido tanto *in natura* quanto industrialmente (QUINTAL, 2009).

O mamão destaca-se por seu elevado valor nutricional possuindo em sua composição diversos nutrientes disponíveis para digestão e absorção, como vitaminas A, C, ferro, cálcio, magnésio e potássio (CRUZ, 2016).

As cultivares mais exploradas no Brasil são as do tipo Solo e Formosa. Os mamões pertencentes ao grupo Solo, conhecidos comercialmente como Papaya ou Havaí, possuem como principais variedades: Golden, Golden THB e Sunrise Solo. Essas variedades apresentam frutos que pesam entre 350 a 600 gramas, com grande

aceitação tanto no mercado interno quanto no externo. O segundo tipo mais cultivado, inclui os híbridos do grupo do Formosa, Tainung 01 e Calimosa, que apresentam grande aceitação no mercado nacional e maiores rendimentos, quando comparados às variedades do grupo Solo. O peso médio dos frutos varia entre 800 a 1.100 g (SERRANO; CATTANEO, 2010; COSTA et al., 2013; LUZ et al., 2015).

Importância econômica da cultura do mamoeiro

O Brasil possui uma ampla área territorial e condições que favorecem o agronegócio no país, o que contribui para a sua colocação como terceiro maior produtor mundial de frutas, ficando atrás apenas da China e Índia (SEBRAE SIM, 2016). A fruticultura, de modo geral, vem se destacando no mundo e particularmente no Brasil, não só pela importante alternativa de diversificação e aumento de renda para a pequena propriedade, como também pela geração de empregos, por se tratar de uma atividade altamente agregadora de mão de obra e indutora da instalação de polos agroindustriais (JACOBSEN et al., 2018).

O território brasileiro conta com uma grande variedade de frutas, dentre elas destaca-se o mamão (*Carica papaya* Linnaeus), sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial, com 1.060.392 toneladas produzidas em 2019, situando-se entre os principais países exportadores, principalmente para o mercado europeu (Portugal, Holanda, Espanha, Reino Unido, França, Itália, Alemanha e Suíça) (FAO, 2019).

Os estados maiores produtores de mamão são: Espírito Santo (438.855 mil toneladas), Bahia (368.109 mil toneladas), Ceará (152.558 mil toneladas), Rio Grande do Norte (94.437 mil toneladas) e Minas Gerais (50.837 mil toneladas). A cultura do mamoeiro está presente em todas as regiões do país, com área colhida de 28.450 ha e produtividade média de 43,41 t ha⁻¹ (IBGE, 2020). Por ser uma das poucas plantas frutíferas com potencial produtivo durante o ano inteiro, o mamão além de ter grande importância econômica, tem um destaque social, visto que seu cultivo utiliza quantidade significativa de mão de obra (BARBIERI et al., 2019).

Fisiologia do amadurecimento

Os frutos, mesmo após a colheita, preservam muitos dos processos vitais, tais como a respiração (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Como já não podem abastecer de nutrientes e água da planta, devem sobreviver com as suas próprias reservas

acumuladas. A temperatura é um fator importante, visto que quanto maior a temperatura das condições de armazenamento, há um aumento da taxa respiratória, o que contribui para consumo das reservas e conseqüentemente uma acelerada deterioração do fruto (CANTILLANO, 2011).

De acordo com o padrão respiratório, os frutos podem ser classificados como climatéricos ou não climatéricos. Para os frutos climatéricos, na fase pós-colheita, o processo é constituído por eventos bioquímicos e reorganizações metabólicas levando a aumento do teor de etileno, de RNA e síntese de proteína, assim como o aumento na atividade respiratória, sendo considerado um processo irreversível (MARTINS; COSTA, 2003).

O fruto do mamoeiro apresenta respiração climatérica, pois apresentam picos respiratórios e produção de etileno após a colheita. Sua alta taxa respiratória e produção de etileno confere-lhe rápida perecibilidade (JACOMINO et al., 2002; LI et al., 2013). Por ser uma molécula gasosa, o etileno difunde-se livremente de uma célula para outra, através das membranas, atuando como ativador de uma cascata de sinais, que está relacionada com a expressão de genes ligados à resistência ao estresse biótico, abiótico e ao amadurecimento (LI et al., 2013; SIVAKUMAR; WALL, 2013). O aumento nos níveis de produção de etileno no fruto provoca transformações na coloração da casca, na firmeza, na cor e no sabor da polpa (LI et al., 2013).

A coloração da casca é uma das principais características de qualidade do fruto devido ao poder de decisão na compra pelo consumidor final. A variação na cor da casca do mamão, que é do verde ao amarelo-alaranjado, é uma das transformações físicas mais características durante o processo de amadurecimento (OLIVEIRA; VITÓRIA, 2011). Quanto à cor da polpa, a criptoxantina é o principal pigmento encontrado no mamão de polpa amarela, enquanto nos mamões de polpa vermelha como 'Sunrise Solo', 'Golden' e 'Tainung 1', o pigmento predominante é o licopeno (65 %), seguido da criptoxantina (33 %) e β -caroteno (4 %) (JACOMINO; BRON; KLUGE, 2003).

A perda da firmeza é um processo que modifica a textura do fruto através do amolecimento. O amolecimento dos frutos está relacionado com o amadurecimento, que envolve uma série de reações enzimáticas, desencadeadas pelo aumento da

respiração climatérica e produção de etileno (BURG; BURG, 1967; LELIÈVRE et al. 1997).

A perda de massa em frutos, que em grande parte é atribuída à transpiração, pode ser considerada uma das principais causas de prejuízos, pois resulta tanto em perdas quantitativas (peso), quanto em perdas qualitativas (aparência, textura e enrugamento). O mamão, por possuir uma casca fina, apresenta elevada perda de água pela transpiração (COSTA, 2002). Segundo França et al. (2008), a perda de massa fresca é decorrente do processo transpiratório associado aos mecanismos respiratórios via oxidação do carbono. Para a perda de massa fresca ser considerada danosa e interferir na qualidade dos frutos, de modo geral, a porcentagem deve ser em torno de 10%, pois acima disso os frutos passam a ser inviáveis para o consumo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em relação às características químicas do fruto, segundo Silva et al. (2017), os sólidos solúveis em mamão 'Golden' tendem a aumentar de acordo com o avanço do amadurecimento variando entre 9 a 11 °Brix, já Manica et al. (2006), estudando a mesma variedade, encontraram que o teor de sólidos solúveis varia entre 10 a 13,8 °Brix. Em mamões, o teor de amido acumulado durante o processo de desenvolvimento é muito baixo, menos de 1 % (MARTINS; COSTA, 2003), com isso não ocorre acúmulo de amido para ser hidrolisado durante o processo de amadurecimento, o que resulta em mínimas variações nos teores de sólidos solúveis durante a pós-colheita dos frutos (SELVARAJ et al., 1982).

O mamão se comparado com outras frutas apresenta baixa acidez, o que confere o seu sabor adocicado. Neste fruto são identificados os ácidos, cítrico, málico e tartárico. O ácido cítrico juntamente com o málico contribuem para 59 % da acidez. A acidez titulável apresenta baixos valores, geralmente menores que 0,2 % de ácido cítrico (BICALHO, 1998; SILVA et al., 2017) e 94,5 da razão de sólidos solúveis e acidez titulável (BICALHO, 1998). A acidez titulável aumenta com o progresso do amadurecimento dos frutos até atingir aproximadamente 75 % da coloração da casca amarela; depois decresce (BICALHO, 1998).

As alterações nos valores do pH dos frutos resultam da produção de ácidos orgânicos ao longo do amadurecimento pós-colheita (PAIVA et al., 2009). Reis et al.

(2015) afirmaram que é desejável que os frutos de mamoeiro apresentem baixos valores de acidez e elevados teores de sólidos solúveis ligados à sua maior doçura.

Tecnologia pós-colheita

Evidências apontam que as frutas são componentes integrais da alimentação humana (SILVA; SPINELLI, 2015). Entretanto, no decorrer do período de amadurecimento ocorrem diversos processos fisiológicos e bioquímicos, que têm como objetivo tornar esses frutos atraentes para facilitar a dispersão de suas sementes, resultando na sua deterioração, dificultando a conservação destes alimentos, que muitas vezes já chegam aos consumidores em estágio de senescência, além dos danos que podem ocorrer durante o manejo pós-colheita, reduzindo ainda mais a sua vida útil (GIOVANNONI et al., 2017).

Na preservação de frutos pós-colheita, um dos fatores mais importantes é o controle da temperatura (REES; FARRELL; ORCHARD, 2012). Segundo Cenci (2006), para preservar as características nutricionais e sensoriais de produtos agrícolas é necessário o controle da umidade em conjunto com a conservação em baixa temperatura.

A temperatura é responsável por regular todos os processos bioquímicos e fisiológicos, controlando assim a senescência. Quando há a redução da temperatura há preservação do aroma, cor, sabor, textura e outros atributos da qualidade. A refrigeração é indicada para inúmeros produtos, pois retarda a perda de água, diminui as reações metabólicas indesejáveis e a decomposição microbológica (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Outro método de conservação, a atmosfera modificada e controlada, consiste no armazenamento de frutas e hortaliças em atmosferas cujas concentrações de gás carbônico (CO₂) oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂) sejam diferentes daquelas encontradas em concentrações normais do ar ambiente (0,03 % de CO₂, 21 % de O₂ e 78 % de N₂ e outras pequenas concentrações de outros gases) (SIGRIST; BLEINROTH; MORETTI, 2002). Os dois métodos se diferem no grau de controle das concentrações dos gases, e podem ser utilizados associados à refrigeração durante o armazenamento rápido ou de longo prazo, e também durante o transporte de produtos agrícolas com destino comercial ou para processamento (BEZERRA, 2003).

A conservação pós-colheita comumente ocorre através de práticas relacionadas à cadeia de frio e em boas técnicas de armazenamento. Porém, a tecnologia de aplicação de revestimentos comestíveis tem se destacado por elevar o tempo de conservação, permitindo uma maior flexibilidade de manuseio e comercialização de frutos (ASSIS et al., 2008; VARGAS et al., 2008; FONSECA; RODRIGUES, 2009).

Os revestimentos comestíveis são considerados um tipo de atmosfera modificada, pois constituem uma barreira à passagem de gases e de umidade dos frutos para a atmosfera, além de promoverem a mudança da atmosfera interna no interior dos frutos, afetando a atividade respiratória e a síntese do etileno (ASSIS; BRITTO, 2014).

Assis et al. (2009) destacaram que, com a aplicação de revestimentos em frutas, tem-se a formação de uma cobertura com preenchimento parcial dos estômatos e lenticelas, reduzindo, desse modo, a transferência de umidade, pelo processo de transpiração, e as trocas gasosas, no processo de respiração. Como o início do processo de maturação está relacionado com o aumento na produção de etileno e, considerando que o oxigênio é necessário para a sua produção, a diminuição da permeação do oxigênio para o interior do fruto acarretará em uma correspondente redução na produção do etileno, hormônio responsável pelo amadurecimento, o que permite, em princípio, prolongar a vida de prateleira do fruto.

Apesar dos termos “filmes” e “coberturas comestíveis” serem utilizados muitas vezes para descrever a mesma coisa, conceitualmente pode-se diferir. Filmes são preparados separadamente e aplicados na superfície do fruto, enquanto as coberturas/revestimentos comestíveis são finas camadas de material, aplicadas e formadas diretamente na superfície do fruto, que têm como objetivo reduzir a perda de massa e evitar contaminações por agentes externos, trocas gasosas com o meio ambiente e o amadurecimento precoce (RESENDE, 2015).

A aplicação dos revestimentos comestíveis pode ser feita por meio de imersão rápida do fruto na solução desejada ou por meio de aspersão, cujo processo é a solução é aspergida sobre o alimento, seguido por etapas de secagem para produtos aquosos, ou por resfriamento para revestimentos à base de lipídios (JUNIOR, 2010; POPOVIC et al., 2018).

Nos alimentos, os revestimentos comestíveis devem apresentar as seguintes características: fácil mistura e aplicação, adesão e estabilidade na superfície do produto a fim de evitar sua remoção facilmente no manuseio, ter transparência, ser atóxicos, não devem interferir na aparência natural da fruta, e não podem promover alterações no gosto ou odor original (GONTARD; GUILBERT, 1996; ASSIS; BRITTO; FLORATO, 2009). Como essas coberturas passam a fazer parte do alimento a ser consumido, os componentes dos filmes comestíveis devem estar na lista de materiais classificados como GRAS (*Generally Recognized as Safe*), para consumo direto e serem atóxicos (FDA, 2013). A ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) também classifica esses materiais que entram em contato com alimentos, fornecendo informações e recomendações (ANVISA, 2014).

Os compostos mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis são as proteínas-gelatina, caseína, ovoalbumina, glúten de trigo, zeína e proteínas miofibrilares, os polissacarídeos-amido e seus derivados, pectina, celulose e seus derivados, alginato e carragena, os lipídios-monoglicerídeos acetilados, ácido esteárico, ceras e ésteres de ácido graxo, ou a combinação destes compostos, o que permite utilizar vantajosamente as distintas características funcionais de cada classe (LUVIELMO; LAMAS, 2012).

O uso de polissacarídeos e seus derivados para revestimentos comestíveis se destaca por diminuir a permeabilidade a gases, diminuindo, sobretudo, a taxa de escurecimento enzimático, que ocorre em razão da ação das polifenoloxidasas (PPO), por possuir boas propriedades mecânicas e ter a capacidade de transportar componentes ativos, contudo seu uso é limitado em função da sua natureza hidrofílica, apresentando baixa barreira contra o vapor de água. Os mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis em frutas são: fécula (amido) de mandioca, alginato, pectina, carragena, quitosana e derivados da celulose (LUVIELMO; LAMAS, 2012; POPOVIC et al., 2018).

O amido é um dos polissacarídeos mais abundantes e importantes na natureza, e o mais utilizado para elaboração de coberturas comestíveis, em razão do menor custo e alta disponibilidade, fácil manipulação e comestibilidade. Além disso, é biodegradável, contribuindo para uma menor poluição ambiental, quando lançado no meio ambiente (SAPPER; CHIRALT, 2018). O amido é caracterizado por formar

películas resistentes e transparentes, sendo, portanto, barreiras eficientes à perda de água dos alimentos. Na sua forma natural ou modificada, é muito utilizado como película, visando a conservação após a colheita de produtos frescos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A formação do revestimento de fécula de mandioca é obtida por meio da gelatinização durante o aquecimento de uma solução de amido e água, à temperatura de 70 °C, promovendo uma ruptura das estruturas cristalinas do grânulo de amido e a absorção de água que entumece sua estrutura de forma irreversível. Depois da gelatinização do amido e após o resfriamento, quando se atinge a temperatura ambiente, ocorre a retrogradação, ou seja, a reorganização das moléculas por ligações de hidrogênio, e forma-se um revestimento resistente e transparente (PARKER; RING, 2001).

O amido é composto por amilose e amilopectina, que apresenta boa biodegradabilidade e baixo custo, e principalmente boa propriedade de formação de revestimentos. As propriedades das coberturas diferem de acordo com o tamanho de partícula, forma, composição de amilopectina e amilose, cristalinidade etc. de amidos de diferentes plantas. Este polissacarídeo tem grande aplicação na indústria, porém apresenta desvantagens nas propriedades mecânicas e resistência à umidade, com isto pode sofrer modificações e adequações em suas propriedades físico-químicas para poder se adequar ao produto final (WANG et al., 2017; BASIAK et al., 2017; DAI et al., 2019).

Plastificantes

Os revestimentos à base de fécula de mandioca possuem diversas vantagens, porém a resistência à água dos filmes de amido é baixa devido à sua natureza hidrofílica e suas propriedades mecânicas e térmicas serem fracas. Para superar essas desvantagens e melhorar o desempenho do filme de amido, o uso de aditivos como os plastificantes oferecem excelente efeito de reforço podendo melhorar as propriedades de barreira, mecânicas, térmicas e físicas dos filmes de amido (RAMMAK; BOONSUK; KAEWTATIP. 2021).

Os plastificantes são moléculas de baixo peso molecular que se intercalam entre as cadeias poliméricas, quebram as ligações de hidrogênio, reduzem as forças intermoleculares, por aumentar a mobilidade da rede polimérica, a flexibilidade, a

temperatura de transição vítrea, a permeabilidade ao vapor de água e aos gases e facilitar seu processamento (TEIXEIRA et al., 2021). O plastificante utilizado deve ter caráter hidrofílico, ser polar, apresentar compatibilidade com de formação do filme polimérico e com ponto de ebulição suficientemente elevado para evitar sua evaporação durante o processo (MENDES, 2009).

Segundo Amin et al. (2021), diferentes plastificantes, como glicerol, sorbitol, polióis, poliaminas, glicose etc. têm sido usados em pesquisas e considerados muito eficazes para melhorar a flexibilidade e transparência. O glicerol possui três carbonos ligados a três hidroxilas, enquanto o sorbitol, que possui seis carbonos ligados a seis hidroxilas, tem uma maior capacidade de interação com as moléculas de amido, causando menor mobilidade às cadeias formadoras da matriz dos filmes e, conseqüentemente, diminuindo a sua capacidade de ligação com a água.

Os plastificantes podem apresentar diferenças relacionadas, também, com os seus pesos moleculares (PM). Plastificantes com menor peso molecular apresentam melhor propriedade de plastificação. Isso influi nos testes de alongação, de atividade de água (Aa) e propriedades de barreira. Sendo assim, segundo Mali, Grossmann e Yamashita (2010), o glicerol é melhor que o sorbitol como plastificante.

A adição de plastificantes como o glicerol tem sido frequentemente utilizada para filmes de amido devido à sua compatibilidade com a amilose, promovendo melhores propriedades mecânicas ao interferir no empacotamento da amilose, diminuindo assim as forças intermoleculares entre as moléculas de amido. Por consequência, os revestimentos de amido plastificado se tornam mais flexíveis e viáveis para diversas aplicações (NORDIN et al., 2020).

É importante destacar que, dependendo da concentração utilizada dos plastificantes pode ocorrer um efeito antiplastificante, isto é, ao invés de aumentar a flexibilidade e o caráter hidrofílico, podem causar um efeito contrário (GAUDIN et al., 1999, 2000). Em geral, isto ocorre quando são ministradas pequenas concentrações de plastificante, valores abaixo da proporção de 20 g/100 g amido, a qual o plastificante interage com a matriz polimérica, entretanto, não possuindo concentração suficiente para aumentar a mobilidade molecular, o que acaba por elevar apenas o grau de interações e a rigidez desta matriz, e que está associado diretamente com as

condições de armazenamento (MALI et al., 2005; SHIMAZU et al., 2007; CHANG, et al., 2006; MALI et al., 2010).

REFERÊNCIAS

AMIN, U. et al. Potentials of polysaccharides, lipids and proteins in biodegradable food packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.183, p. 2184- 2198, 2021.

ASSIS, O. B. G. et al. Aplicação de ceras em frutas e hortaliças. *In*: FERREIRA, M. D. (Org.). **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008, p. 75-83.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D.; FORATO, L. A. **O Uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas *in natura* e minimamente processadas**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento – Embrapa Instrumentação Agrícola, 2009. 24 p.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Braz. J. Food Technol**, v.17, n.2, p. 87–97, 2014.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **Perguntas e Respostas sobre Materiais em contato com alimentos**. Brasília, 2014. 31 p.

BARBIERI, M. G. et al. Análise do desempenho das exportações brasileiras de mamão. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 5, n. 8, p. 12010–12032, 2019.

BASIAK, W.; LENART, A.; DEBEAUFOR, T, F. Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. **Int. J. Biol. Macromol**, v. 98, p. 348- 356, 2017.

BEZERRA, V. S. **Pós-colheita de Frutos**. Documentos 51. Macapá: Embrapa Amapá, 2003. 26p.

BICALHO, U. de O. **Vida útil pós-colheita de mamão submetido a tratamento com cálcio e filme de pvc**. 1998. 145f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. 1998.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Plano nacional de desenvolvimento da fruticultura**. 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/mapa-lanca-plano-de-fruticultura-em-parceria-com-o-setor-privado/PlanoNacionaldeDesenvolvimentodaFruticulturaMapa.pdf>> Acesso em: 23 fev. 2021.

BURG, S.P.; BURG, E.A. Molecular requirements for the biological activity of ethylene. **Plant Physiology**, v.42, p.144-152, 1967.

CAMPOSTRINI, E.; GLENN, D.M. Ecophysiology of papaya: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.4, p.413-424, 2007.

CARVALHO, F. A.; RENNERT, S. S. A dated phylogeny of the papaya family (Caricaceae) reveals the crop's closest relatives and the family's biogeographic history. **Molecular Phylogenetics Evolution**, v. 65, p. 46–53, 2012.

CANTILLANO, R. F. F. **Pequenas frutas**: manuseio e qualidade pós-colheita. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011.

CENCI, S. A. Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças na Agricultura Familiar. In: NASCIMENTO NETO, F. (Org.). **Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar**. 1a ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 67-80.

CHANG, Y. P.; KARIM, A. A.; SEOW, C. C. Interactive plasticizing-antiplasticizing effects of water and glycerol on the tensile properties on tapioca starch films. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 20, n. 1, p.1-8, 2006.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: Fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CONAB. **Boletim hortigranjeiro**. v.6, n. 2, Brasília, fevereiro 2020.

COSTA, A. F.S. et al. Botânica, melhoramento e variedades. **Inf. Agropecuário**, Belo Horiz, v. 34, p. 14–24, 2013.

COSTA, F. B. da. **Armazenamento refrigerado do mamão Havaí ‘Golden’ produzido na Chapada do Apodi**. 2002. 60f. Monografia (Agronomia – Escola Superior de Agricultura de Mossoró-ESAM), Mossoró-RN. 2002.

COTRUT, R. et al. *Carica papaya* L. cultivated in greenhouse conditions. **Journal of Horticulture, Forestry, and Biotechnology**, v.3, p.130-136, 2017.

CRUZ, V. A. **Desenvolvimento de geleia de mamão formosa (*Carica papaya* L .) sob diferentes concentrações e métodos de secagem das sementes**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba-MG, 2016.

DAI, L.; ZHANG, J.; CHENG, F. Effects of starches from different botanical sources and modification methods on physicochemical properties of starchbased edible films. **Int J Biol Macromol**. v. 1, n. 132, p. 897-905, 2019.

EMBRAPA. **Plano estratégico para a cultura do mamoeiro 2017-2021**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas. 2019.

FRANÇOSO, I. L. T. et al. Alterações físico-químicas em morangos irradiados e armazenados (*Fragaria anassa* Duch.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, p.614-619, 2008.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of United Nations. **Productio. Crops Primary**. 2019. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 10 mar. 2020.

FDA – USA. **Food and Drug Administration**: Generally Recognized as Safe (GRAS). 2013. Disponível em: <http://www.fda.gov/FoodIngredientsPackagingLabeling/GRAS/>. Acesso em: 15 fev.2021.

FONSECA, S.F.; RODRIGUES, R.S. **Utilização de embalagens comestíveis na indústria de alimentos**. Pelotas, RS. Trabalho Acadêmico. Universidade Federal de Pelotas, 34 p. 2009.

GAUDIN, S. et al. Plasticisation and mobility in starch-sorbitol films. **Journal of Cereal Science**, London, v.29, p.273-284, 1999.

GAUDIN, S. et al. Antiplasticisation and oxygen permeability of starch-sorbitol films. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v.43, p.33- 37, 2000.

GIOVANNONI, J. et al. The epigenome and transcriptional dynamics of fruit ripening. **Annual Review of Plant Biology**, v.68, p.61-84, 2017.

GONTARD, N.; GUILBERT, S. Bio-packaging: technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. **Boletim SBCTA**, v.30, n. 1, p. 3-15, 1996.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2020. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 Mar. 2021.

JACOBSEN, R. H. F. et al. Cadeia produtiva da produção de suco natural na agricultura familiar: estudo de caso suco tropical. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 7, n. 2, p. 1-47, 2018.

JACOMINO, A. P. et al. Amadurecimento e senescência de mamão com 1 - metilciclopropeno. **Scientia Agricola**, [s. l.], v. 59, n. 2, p. 303–308, 2002.

JUNIOR, E.B. Efeito de diferentes biopolímeros no revestimento de mamão minimamente processado. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v.1, n.1, p.131-142, 2010.

LELIÉVRE, J.M. et al. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, v.101, p. 727-739, 1997.

LI, X. et al. Isolation and characterization of ethylene response factor family genes during development, ethylene regulation and stress treatments in papaya fruit. **Plant Physiology and Biochemistry**, Amsterdam, v.70, p.81-92, 2013.

LUZ, L. N. et al. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. **Rev Bras Frutic**, v.37, p. 159–171, 2015.

LUVIELMO, M.M.; LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 8-15, 2012.

MALI, S. et al. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v.60, p.283-289, 2005.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.

MANICA, I. et al. **Mamão: tecnologia de produção, pós-colheita, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 361p, 2006.

MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da. (eds.) **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória, ES: Incaper, 497 p, 2003.

MENDES, F. M. **Produção e caracterização de Bioplásticos a partir de Amido de Batata**. 2009. 198 f. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos. 2009.

MING, R. et al. The draft genome of the transgenic tropical fruit tree papaya (*Carica papaya* Linnaeus). **Nature**, v.452, n.7190, p. 991-996, 2008.

NORDIN, N., et al. Effects of glycerol and thymol on physical, mechanical, and thermal properties of corn starch films. **Food Hydrocolloids**, v.106, p. 105884, 2020.

OLIVEIRA, J.G.; VITORIA, A.P. Papaya: nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders. An overview. **Food Research International**, Amsterdam, v.44, n.5, p.1306-1313, 2011.

OLIVEIRA, T. V. et al. Fécula de mandioca, como revestimento, para conservação do mamão. In VII SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO. **Anais...** Vitória, 2018.

PAIVA, G. et al. Análises físico-químicas de mamão (*Carica papaya*L.) em diferentes estágios de maturação. In: IV SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO. **Anais...** Vitória, 2009.

PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, Norwich, v. 34, p. 1-17, 2001.

PEGO, J. N. et al. Conservação pós-colheita de mamão 'sunrise solo' com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.11, n.21, p.628-639, 2015.

POPOVIĆ, S. Z. et al. Chapter 8—Biopolymer packaging materials for food shelf-life prolongation. In: **Biopolymers for Food Design**; Grumezescu, A.M., Holban, A.M., Eds.; Academic Press: New York, NY, USA, 2018; pp. 223–277.

QUINTAL, S. S. R. **Caracterização e avaliação de um banco de germoplasma de mamoeiro para estudo dos parâmetros genéticos e diversidades genéticas**. 2009. 168 f. Tese (Programa de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes, 2009.

RAMMAK, T.; BOONSUK, P.; KAEWTATIP, K. Mechanical and barrier properties of starch blend films enhanced with kaolin for application in food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.192, p.1013-1020, 2021.

REES, D., FARRELL G., ORCHARD, J. **Crop post-harvest: Science and technology**, vol. 3, Perishables John Wiley & Sons. 2012. 498p.

REIS, R. C. et al. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 3, p. 210-217, 2015.

RESENDE, N. S. **Elaboração de bionanocompósito quitosana/nanofibra de celulose e seu efeito sobre a qualidade de morangos**. 2015. 102 f. Dissertação – Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, p.102, 2015.

SALOMÃO, L.C.C. et al. **Cultivo do mamoeiro**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 73p.

SASAKI, F. F. C. et al. Manejo pós-colheita e desenvolvimento de tecnologias para aplicação em pós-colheita para redução do uso de agrotóxicos em mamão. In: VII SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 2018, **Anais...** Vitória, ES.

SAPPER, M.; CHIRALT, A. Starch-based coatings for preservation of fruits and vegetables. **Coatings**, v. 8, n. 5, p. 152, 2018.

SELVARAJ, Y. et al. Changes in the chemical composition of four cultivars of papaya (*Carica papaya* L.) during growth and development. **Journal of Horticultural Science**, v.57, p. 135-143, 1982.

SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L.F. O Cultivo do mamoeiro no Brasil. **Rev Bras Frutic**, v. 32, p. 657–959, 2010.

SHIMAZU, A. A.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 79 – 88, 2007.

SIGRIST, J. M. M.; BLEINROTH, E. W.; MORETTI, C.L. **Manuseio Pós-colheita de Frutas e Hortaliças**. 1ª Edição. Embrapa Hortaliças Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2002. 428p.

SILVA, S. B.; SPINELLI, M. G. N. Consumo de frutas em unidade de alimentação e nutrição no município de São Paulo: um estudo de caso. **Revista Univap**, v. 21, n. 38, p. 5-14, 2015.

SILVA, W. et al. Dimensionamento amostral para frutos de mamoeiro ‘Golden THB’ destinados ao mercado nacional e à exportação. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 11, p. 128-136, 2017.

SIM – Serviço Brasileiro de Apoio às micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). Sistema de inteligência de Mercados. **Relatório – Cenários Prospectivos da Fruticultura Brasileira em 2018**. 2016. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/e93e6e44c0b1ec9bed5f9ed186ab6b7e/\\$File/6083.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/e93e6e44c0b1ec9bed5f9ed186ab6b7e/$File/6083.pdf). Acesso em: 03 fev. 2021.

SIVAKUMAR, D.; WALL, M. M. Papaya fruit quality management during the postharvest supply chain. **Food Reviews International**, Philadelphia, v.29, n.1, p.24-48, 2013.

TEIXEIRA, S. C. et al. Glycerol and triethyl citrate plasticizer effects on molecular, thermal, mechanical, and barrier properties of cellulose acetate films. **Food Bioscience**, v.42, p.101202, 2021.

VAN DROOGENBROECK, B. et al. Phylogenetic analysis of the highland papayas (*Vasconcellea*) and allied genera (*Caricaceae*) using PCR-RFLP. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 108, p. 1473-1486, 2004.

VARGAS, M. et al. Recent Advances in Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 48, n. 6, p.496-511, 2008.

WANG K.et al. Mechanical properties and solubility in water of corn starch-collagen composite films: Effect of starch type and concentrations. **Food Chem**, v.216, p.209-216, 2017.

ZUCCHINI, N. M. et al. Avaliação do potencial de coberturas nanoestruturadas de cera de carnaúba na conservação pós-colheita de mamão. In: 9ª JORNADA CIENTÍFICA –EMBRAPA SÃO CARLOS. **Anais...** Embrapa Pecuária Sudeste e Embrapa Instrumentação –São Carlos, SP, 2017.

Capítulo 1

**Revestimentos à base de fécula de mandioca para conservação do
mamão 'THB'**

Revestimentos à base de fécula de mandioca para conservação do mamão 'THB'

Autora: Thaís Correia Gomes

Orientador: Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

Coorientadora: Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Coorientadora: Ma. Elaine Goes Souza

RESUMO: O mamão é um fruto climatérico que apresenta curta vida útil após a colheita. Uma tecnologia com grande potencial para o controle do amadurecimento é o uso de revestimento comestível. Os polissacarídeos, como a fécula de mandioca, têm potencial para serem utilizados como revestimentos comestíveis por serem eficientes barreiras às trocas gasosas, retardando o amadurecimento e aumentando a vida útil pós-colheita dos frutos. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da aplicação de formulações de revestimento comestível à base de fécula de mandioca sobre a conservação e a qualidade físico-química de mamões. Frutos de mamoeiro do grupo Solo, cultivar THB, foram colhidos no Estádio 1 de amadurecimento (até 15% da casca amarela) lavados, sanitizados com solução de hipoclorito de sódio (100 mg L^{-1} de cloro ativo) e homogeneizados quanto à ausência de podridões e danos mecânicos. Foram estudadas emulsões com concentrações de 0, 1, 2, 3, 4 e 5% na primeira etapa e concentrações de 0, 2, 2,25, 2,5, 2,75 e 3% de fécula de mandioca, na segunda etapa. As avaliações foram realizadas logo após a colheita dos frutos e quando esses atingiram o Estádio 5 de maturação. Os parâmetros avaliados foram: dias para atingir o Estádio 5, firmeza, cor da polpa, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e pH. A fécula de mandioca nas concentrações a partir de 3% prejudica o amadurecimento normal dos frutos de mamão, portanto, não é recomendada. A concentração 2,25% de amido de mandioca aumenta em média dois dias a vida útil pós-colheita de mamões 'THB' sem afetar a qualidade físico-química dos frutos. Concentrações abaixo de 2,25% de amido de mandioca não aumentam a conservação dos mamões em relação aos frutos não revestidos e concentrações acima de 2,25% de amido causam prejuízos no amadurecimento normal dos frutos.

Palavras-chave: *Carica papaya*; revestimentos comestíveis; qualidade físico-química

Cassava starch-based coatings for the conservation of 'THB' papaya

Author: Thaís Correia Gomes

Advisor: Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

Co-supervisor: Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Co-supervisor: Ma. Elaine Goes Souza

ABSTRACT: Papaya is a climacteric fruit that has a short shelf life after harvest. A technology with great potential for controlling ripening is the use of edible coatings. Polysaccharides, such as cassava starch, have the potential to be used as edible coatings because they are efficient barriers to gas exchange, delaying ripening and increasing the post-harvest shelf life of the fruits. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of the application of cassava starch-based edible coating formulations on the conservation and physico-chemical quality of papayas. Papaya fruits from the Solo group, cultivar THB, were harvested at stage 1 of ripening (up to 15% of the yellow skin), washed, sanitized with sodium hypochlorite solution (100 mg L⁻¹ of active chlorine) and homogenized for the absence of rot and mechanical damage. Emulsions were studied with concentrations of 0, 1, 2, 3, 4 and 5% in the first stage and concentrations of 0, 2, 2,25, 2,5, 2,75 and 3% of cassava starch in the second stage. The evaluations were carried out soon after the fruits were harvested and when they reached stage 5 of maturation. The parameters evaluated were: days to reach stage 5, firmness, pulp color, soluble solids (SS), titratable acidity (AT), SS/AT ratio, pH. Cassava starch in concentrations above 3% impairs the normal ripening of papaya fruits, therefore, it is not recommended. The 2,25% concentration of cassava starch increases the postharvest shelf life of 'THB' papayas by an average of 2 days without affecting the physico-chemical quality of the fruits. Concentrations below 2,25% of cassava starch do not increase the conservation of papayas in relation to uncoated fruits and concentrations above 2,25% of starch cause damage to the normal ripening of the fruits.

Keywords: *Carica papaya*; edible coatings; physico-chemical quality

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta tropical com grande aceitação em todo o mundo devido aos seus nutrientes, sabor e aroma característico. O sabor distinto típico de frutas tropicais, como o mamão, é um fator importante para a preferência e aceitação do consumidor. O sabor característico do mamão é formado por meio de uma interação complexa entre açúcares, ácidos orgânicos, minerais e compostos voláteis (WIJAYA; FENG, 2013)

Segundo a FAOSTAT (2020), o Brasil é um dos maiores produtores de mamão do mundo, ao lado da Índia e República Dominicana. Em 2020, o Brasil teve área cultivada em torno de 28.450 ha e produção de 1.235.003 toneladas, sendo a região Nordeste responsável por 54,3% da produção do Brasil, seguida das regiões Sudeste (40,7%) e Norte (3,9%). Os estados que mais se destacam na produção de mamão são: Espírito Santo, Bahia e Ceará (IBGE, 2020).

O mercado interno capta boa parte produção de mamão. O volume de exportação do mamão produzido no Brasil é inferior a 1,6%, devido à forte competição no mercado internacional, que está sendo exigente em produtos com elevado padrão de qualidade e restritivo em relação aos problemas fitossanitários (INCAPER, 2021).

A curta vida de prateleira do mamão é decorrente de fatores como o elevado conteúdo de água e a alta taxa respiratória, sendo estes os fatores que limitam a conservação e comercialização desse fruto, principalmente relacionado ao mercado externo (SOUZA et al., 2009). Atualmente, o mamão produzido no Brasil é exportado principalmente por transporte aéreo, já que os frutos têm baixa resistência ao longo período de transporte marítimo, o que se torna muito dispendioso aos exportadores e até limita maiores volumes (ANUÁRIO BRASILEIRO HORTI & FRUTI, 2019).

O mamão é denominado como um fruto climatérico, apresentando aumento na taxa respiratória e na produção de etileno após a colheita, o que resulta em um rápido amadurecimento e alta perecibilidade quando mantidos em temperatura ambiente (MARTINS et al., 2003). Neste sentido, é fundamental controlar o processo de amadurecimento desses frutos, visando aumentar a vida útil pós-colheita e atender às demandas dos mercados interno e externo (JACOMINO; BRON; KLUGE, 2003).

Os frutos quando não são manipulados ou tratados adequadamente durante a colheita, no manuseio e no período pós-colheita, podem perder a qualidade para o consumo. A vida útil dos frutos pode ser prolongada com manutenção da qualidade e com a aplicação de técnicas pós-colheita, como tratamentos fitoterápicos, atmosfera modificada, atmosfera controlada, aplicação de revestimentos comestíveis e armazenamento sob temperatura controlada, são algumas das técnicas que têm sido bastante estudada e utilizada para manter a qualidade e aumentar a vida de prateleira dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; LINS et al., 2011).

A aplicação de revestimentos comestíveis é uma técnica pós-colheita que modifica a atmosfera circundante dos frutos, permitindo a conservação dos frutos por mais tempo. Os revestimentos possuem características que promovem barreiras às trocas respiratórias dos frutos, reduzindo a permeabilidade a gases, e ao vapor de água. As principais vantagens na utilização dos revestimentos, além de prolongar a vida útil dos frutos, promovem a manutenção da qualidade nutricional e são biodegradáveis (NUNES et al., 2017).

A introdução da fécula de mandioca na elaboração de revestimentos comestíveis tem sido uma prática bastante utilizada, em virtude de suas características desejáveis, como baixo custo, transparência, atóxico, baixa permeabilidade ao oxigênio e barreira à umidade (COSTA, 2013). A fécula de mandioca vem sendo utilizada em diversos estudos como forma de preservar frutos e hortaliças que são comercializados in natura e por ser capazes de formar barreiras que reduzam a perda de água preservando a qualidade do alimento (LEMOS et al., 2007).

Diante disso, objetivou-se avaliar a influência da aplicação de formulações de revestimento comestível à base de fécula de mandioca sobre a conservação e a qualidade físico-química de mamões.

MATERIAL E MÉTODOS

Frutos de mamoeiro do grupo Solo, cultivar THB, provenientes de produtor comercial localizado no município de Mucuri, BA, foram colhidos no Estádio 1 de amadurecimento (até 15% da casca amarela) (PBMH-CEAGESP, 2015) e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas – BA, onde foram lavados, sanitizados com solução de hipoclorito de sódio (100 mg L⁻¹ de cloro ativo) e selecionados quanto a ausência de podridões e danos mecânicos.

O estudo foi realizado em duas etapas: foram avaliados revestimentos de fécula de mandioca com concentrações de 0, 1, 2, 3, 4 e 5% na primeira etapa (Experimento I); e concentrações de 0, 2, 2,25, 2,5, 2,75 e 3% na segunda etapa (Experimento II), pois observou-se que as concentrações mais elevadas de fécula de mandioca prejudicaram o amadurecimento dos frutos. Os revestimentos à base de fécula de mandioca foram obtidos por meio de aquecimento (em banho-maria a 80 °C) sob agitação da fécula em água destilada, até sua geleificação (aproximadamente 20 minutos). Os revestimentos foram resfriados até atingirem a temperatura ambiente antes da imersão dos frutos. Os frutos foram imersos durante 1 minuto e colocados para secar sobre o papel manteiga, para drenar o excesso do revestimento. Após a secagem os frutos foram armazenados em temperatura ambiente (25 °C).

As avaliações foram realizadas logo após a colheita (caracterização do lote) e quando os frutos atingiram o Estádio 5 de amadurecimento (casca completamente amarela) (PBMH-CEAGESP, 2015).

Os parâmetros avaliados foram: dias para atingir o Estádio 5, perda de massa, cor da polpa, podridões, firmeza, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, e pH.

O número de dias para atingir o Estádio 5 foi contabilizado como o período entre o dia da colheita e o dia em que os frutos atingiram o Estádio 5 (casca completamente amarela).

A perda de massa foi determinada, com auxílio de balanças comercial, pela diferença, em porcentagem, entre a massa inicial e final do mamão, utilizando-se a equação: $(\text{peso inicial} - \text{peso final} / \text{peso inicial}) \times 100$.

A cor da polpa foi determinada por escala de notas variando de 1 a 5. A incidência de podridões foi avaliada conforme escala apresentada por Nunes et al. (2006), onde :nota 1: frutos sem doença, nota 2: 1 a 10% da superfície da casca com doença, nota 3: 11 a 25% da superfície da casca com doença, nota 4: 26 a 50% da superfície da casca com doença e nota 5 > 50% da superfície da casca com doença.

A firmeza foi realizada no fruto sem casca, sendo determinada com auxílio de um penetrômetro analógico, marca Mc Cormick, modelo FT 327, com ponteira de 8 mm de diâmetro e os resultados foram expressos em newtons.

A acidez titulável (AT) foi determinada em amostra de 1 g de polpa diluída em 40 mL de água. Esta amostra foi titulada com NaOH 0,1 N até atingir pH 8,1, utilizando-se dosímetro semi-automático para depósito de NaOH. Gotas de fenolftaleína foram adicionadas à amostra para confirmação do ponto final de titulação. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico.

Os sólidos solúveis (SS) foram quantificados com auxílio de refratômetro digital portátil, marca Atago, após a extração do suco em mixer doméstico. Os resultados foram expressos em °Brix. A relação SS/AT foi determinada pelo quociente entre estes dois parâmetros.

O pH foi determinado diretamente na polpa homogeneizada, com auxílio de um pHmetro digital, marca Hanna, modelo pH21.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições de dois frutos por tratamento, com seis concentrações de fécula de mandioca no Experimento I (0, 1, 2, 3, 4 e 5%); e seis concentrações de fécula de mandioca no Experimento II (0, 2, 2,25, 2,5, 2,75 e 3%).

Os tratamentos com revestimento à base de fécula de mandioca nas concentrações 4% e 5% (Anexo 1 A e B) prejudicaram o amadurecimento normal dos frutos, mantendo a casca dos mamões verdes até seu apodrecimento e causando fermentação dos mesmos, impossibilitando sua análise. Por esse motivo foram discutidos apenas os tratamentos com 0, 1, 2 e 3% de fécula de mandioca, embora os frutos do tratamento com 3% tenham apresentado alterações no amadurecimento, como os sintomas foram leves os frutos puderam ser avaliados (Anexo 1 C).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (Experimento I) e teste de Scott-Knott (Experimento II), ao nível de 5% de probabilidade. Os dados foram analisados usando o programa Sisvar (Ferreira, 2011).

Para verificação da uniformidade do amido de fécula formada sobre os frutos revestidos, foi realizado o teste do iodo-amido, com a imersão dos frutos em solução de tintura de iodo a 2%, para detecção da presença de amido. Experimento I (Figura 1) e experimento II (Figura 2).



Figura 1. Teste iodo-amido em mamões 'THB' revestido com diferentes concentrações de fécula de mandioca (experimento I).



Figura 2. Teste iodo-amido em mamões 'THB' revestido com diferentes concentrações de fécula de mandioca (experimento II).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística mostraram que houve diferença significativa para as variáveis: dias para atingir o estágio 5, perda de massa e sólidos solúveis no experimento I (Tabela 1); e dias para atingir o estágio 5, cor da polpa, podridões, sólidos solúveis e pH no experimento II (Tabela 2).

Tabela 1 - Tabela da análise de variância do mamão 'THB' revestido com fécula de mandioca após atingirem o Estádio 5 de amadurecimento (Experimento I).

FV	GL	QM								
		Dias para atingir o estágio 5	Perda de massa	Cor da polpa	Podridões	Firmeza	AT	SS	SS/AT	pH
Tratamentos	3	12,80	3,16	0,06	2,31	0,06	0,000060	2,74	1164,15	0,020
Erro	16	0,90	0,30	0,10	3,10	0,02	0,000091	0,68	381,11	0,006
Total corrigido	19									
CV (%) =		14,37	14,81	8,11	66,44	28,53	15,77	8,54	11,98	1,40
Média geral:		6,60*	3,74*	3,90	2,65	0,51	0,06	9,70*	163,01	5,55

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 2 - Tabela da análise de variância do mamão 'THB' revestido com fécula de mandioca após atingirem o Estádio 5 de amadurecimento (Experimento II).

FV	GL	QM								
		Dias para atingir o estágio 5	Perda de massa	Cor da polpa	Podridões	Firmeza	AT	SS	SS/AT	pH
Tratamentos	5	6,45	0,0003	0,34	5,02	1,05	0,0017	5,13	2090,21	0,046
Erro	24	0,40	0,0001	0,10	0,28	0,83	0,0022	0,97	1527,39	0,005
Total corrigido	29									
CV (%) =		8,70	28,80	8,70	33,86	116,15	72,93	9,82	22,39	1,33
Média geral:		7,26*	0,04	3,78*	1,58*	0,78	0,06	10,06*	174,51	5,63*

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Dias para atingir o Estádio 5 de amadurecimento

Nas avaliações quanto aos dias para atingir o Estádio 5 no Experimento I, o tratamento com 3% de fécula de mandioca diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, com média de 9 dias. Os tratamentos controle (0%), 1% e 2% não diferiram entre si (Tabela 3).

No experimento II, os tratamentos de 2,25, 2,5, 2,75 e 3% de fécula diferiram dos tratamentos de 0 (controle) e 2% de fécula com médias de 8 e 6 dias para atingir o Estádio 5, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 3 - Médias do número de dias para atingir o Estádio 5 e das características físicas do mamão 'THB' revestido com fécula de mandioca após atingirem o Estádio 5 de amadurecimento (Experimento I). Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2022.

Tratamento	Dias para atingir o estágio 5	Perda de massa (%)	Cor da polpa	Podridões	Firmeza (N)
0%	5,8 b	3,2 a	4,0 a	1,2 a	0,58 a
1%	5,8 b	3,3 a	3,8 a	1,0 a	0,47 a
2%	5,8 b	3,4 a	4,0 a	1,0 a	0,38 a
3%	9,0 a	4,9 b	3,8 a	1,2 a	0,62 a

Médias com letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 4 - Médias dos dias para atingir o estágio 5 e das características físicas do mamão 'THB' revestido com fécula de mandioca após atingirem o Estádio 5 de amadurecimento (Experimento II). Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2022.

Tratamento	Dias para atingir o estágio 5	Perda de massa (%)	Cor da polpa	Podridões	Firmeza (N)
0%	5,8 b	3,2 a	4,0 a	1,5 a	0,74 a
2%	5,8 b	3,4 a	4,0 a	3,6 b	0,37 a
2,25%	8,0 a	4,3 a	3,9 a	1,2 a	0,48 a
2,5%	8,0 a	5,1 a	3,9 a	1,1 a	0,66 a
2,75%	8,0 a	3,6 a	3,5 b	1,0 a	0,81 a
3%	8,0 a	4,9 a	3,4 b	1,1 a	1,66 a

Médias com letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de significância

Perda de massa

A perda de massa acumulada foi significativamente mais elevada no tratamento com 3% de fécula. Os demais tratamentos apresentaram menor perda de massa, não diferindo do controle (Tabela 3), o que pode ser atribuído ao menor número de dias para amadurecimento. Não houve diferença significativa para perda de massa no Experimento II.

Batista et al. (2007) verificaram maior perda de massa em melões revestidos com fécula de mandioca a 3% a partir do 15º dia de armazenamento, devido provavelmente, ao fato desse tipo de revestimento ter causado em alguns frutos processos iniciais característicos de fermentação e podridão na região peduncular dos mesmos.

Nunes et al. (2017), em seus trabalhos de armazenamento de mamão formosa revestido com fécula de mandioca, encontraram maior perda de massa no tratamento controle, que apresentou perda diária média de 2,92%. Já o tratamento com a aplicação de fécula a 2%, teve perda média diária de 1,13%, e com a aplicação da fécula a 4% a perda média foi de 1,35%. Ao comparar os tratamentos com a testemunha, verificou-se uma diferença de 21,38% e de 18,79%, respectivamente.

Cor da polpa

Em relação a coloração da polpa, no Experimento I não houve diferença significativa entre os tratamentos. No Experimento II, A cor da polpa diferiu entre os tratamentos de 2,75 e 3%, com notas menores comparada com os demais tratamentos, com média aproximada de nota 3 para ambos os tratamentos (Tabela 4).

Scanavaca Júnior et al. (2007), concluíram que a fécula de mandioca a 2 e 3% retardou o desenvolvimento da coloração da polpa de manga, o que melhorou o aspecto da fruta.

Incidência de podridões

Em relação às podridões, no primeiro experimento, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 3). No Experimento II, o tratamento de 2% diferiu dos demais tratamentos possuindo maior índice de podridões, com média de nota aproximadamente a 4 (Tabela 4).

Poucos trabalhos têm mostrado os efeitos dos revestimentos comestíveis sobre o desenvolvimento de podridões, porém Carvalho Filho et al. (2006), estudaram a deterioração fúngica em acerolas cobertas por revestimentos comestíveis (cera de carnaúba e zeína) e observaram que frutos cobertos com zeína mostraram-se mais suscetíveis à deterioração. Os tratamentos com emulsão de cera de carnaúba mostraram os menores índices de deterioração, até o final do período de conservação.

No estudo de Serpa et al. (2014) em frutos de manga, observaram que no tratamento com 3%, revestimento com fécula de mandioca favoreceu o desenvolvimento de microrganismos (*Lasiodiplodia theobromae* e *Colletotrichum gloeosporioides*) a partir do 15º dia de armazenamento.

Firmeza

A firmeza não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com médias que variaram de 0,38 N (2% de fécula) a 0,62 N (3% de fécula) no experimento I, 0,37 N (2% de fécula) a 1,66 N (3% de fécula) no experimento II. A perda de firmeza é um processo natural do amadurecimento do fruto, devido ao aumento da atividade enzimática na degradação da pectina presente nas paredes celulares (SILVA et al., 2015). Neste aspecto os revestimentos à base de fécula de mandioca não tiveram influência sobre esta variável.

Acidez titulável

A acidez titulável não diferiu estatisticamente entre os tratamentos para ambos os experimentos, apresentando médias que variaram de 0,057 (1% de fécula) a 0,065 (0% controle) no Experimento I (Tabela 5); e 0,046 (2,75% de fécula) a 0,101 (2,5% de fécula) no Experimento II (Tabela 6).

Esse resultado está de acordo com os relatados por Oliveira et al. (2015) que não observaram diferença entre os revestimentos com fécula de mandioca e sem revestimento para os parâmetros acidez e relação sólidos solúveis/acidez titulável em frutos de mamão. Em estudo realizado por Hernandez-Muñoz et al. (2006) também não foram observadas diferenças significativas na acidez titulável de morangos com cobertura de quitosana contendo cálcio.

Tabela 5 - Características químicas e bioquímicas de mamão 'THB' revestido com fécula de mandioca após atingirem o Estádio 5 de amadurecimento (Experimento I). Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2022.

Tratamento	AT (%)	SS (°Brix)	SS/AT	pH
0%	0,065 a	9,14 b	145,12 a	5,51 a
1%	0,057 a	9,14 b	155,56 a	5,52 a
2%	0,059 a	9,84 ab	174,67 a	5,51 a
3%	0,061 a	10,70 a	176,69 a	5,64 a

Médias com letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 6 - Características químicas e bioquímicas de mamão 'THB' revestido com fécula de mandioca após atingirem o Estádio 5 de amadurecimento (Experimento II). Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2022

Tratamento	AT (%)	SS (°Brix)	SS/AT	pH
0%	0,064 a	9,14 b	145,12 a	5,51 a
2%	0,059 a	9,14 b	155,56 a	5,51 a
2,25%	0,059 a	10,88 a	188,52 a	5,70 b
2,5%	0,101 a	11,32 a	184,94 a	5,74 b
2,75%	0,046 a	9,18 b	198,23 a	5,66 b
3%	0,061 a	10,70 a	174,67 a	5,65 b

Médias com letras iguais, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de significância

Sólidos Solúveis

Em relação aos sólidos solúveis, no Experimento I, o tratamento com 3% de fécula apresentou teor de SS significativamente maior em relação aos demais tratamentos com média de 10,70 °Brix (Tabela 5).

No Experimento II, os teores de sólidos solúveis dos tratamentos de 2,25, 2,5 e 3% de fécula diferiram dos demais tratamentos com médias superiores, que variaram entre 10,88 (2,25% de fécula) a 11,32 °Brix (2,5% de fécula) (Tabela 6).

Durante o processo de maturação dos frutos, normalmente ocorre a diminuição da acidez e aumento do teor de sólidos solúveis. Na maioria dos casos, o teor de sólidos solúveis indica a doçura do produto, e em frutos reflete o grau de maturidade. Aproximadamente 65% dos sólidos solúveis totais são formados por sacarose, glicose e frutose que são acumuladas no final do processo de amadurecimento (PINELI, 2009; LOURENÇO, 2011).

Costa e Balbino (2002) enfatizaram, ainda, que a variação no teor de sólidos solúveis pode ser atribuída ao acúmulo de açúcares e ao aumento da acidez, à formação do ácido galacturônico no processo de degradação da parede celular, e em processos que ocorrem durante o amadurecimento do mamão, ainda que em pequena escala. Com isso, o aumento do teor de sólidos solúveis totais pode contribuir para o aumento de açúcar no fruto (NUNES et al., 2017).

Relação SS/AT

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para a relação entre sólidos solúveis e acidez titulável para ambos os experimentos, com médias que variaram de 145,12 (0% controle) a 176,69 (3% de fécula) no Experimento I (Tabela 5); e 145,12 (0% controle) a 176,69 (1% de fécula) no Experimento II (Tabela 6).

Stul et al. (2012), avaliando a influência do recobrimento à base de fécula de mandioca associada ao armazenamento refrigerado na conservação de mirtilos, observaram que os frutos apresentaram uma razão adequada para uma qualidade gustativa aceitável, demonstrando que o revestimento à base de fécula de mandioca não interfere nas características de qualidade dos frutos, sendo uma alternativa viável a sua conservação.

pH

Os tratamentos não influenciaram o pH dos frutos cujas as médias variaram de 5,51 (0% controle) a 5,64 (3% de fécula) no Experimento I (Tabela 5).

No Experimento II, em relação ao pH, os frutos diferiram estatisticamente com menores valores para os tratamentos de 0% (controle) e 2% de fécula, com média de 5,51 para ambos (Tabela 6).

Com o amadurecimento do fruto, diminuiu a acidez total titulável e aumentaram os teores de sólidos solúveis totais, a relação SST/ATT e o pH, fatos atribuídos à respiração e/ou a conversão de ácidos orgânicos em açúcares (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Resultado semelhante ao encontrado por Scanavaca Júnior et al. (2007) em mangas revestidas por películas de fécula de mandioca a 1; 2 e 3%, em que não foram observadas diferenças no pH entre os tratamentos. Damasceno et al. (2003) observaram em tomate recoberto com película de fécula de mandioca uma tendência de aumento do pH ao longo do amadurecimento e início de senescência.

CONCLUSÕES

A concentração a partir de 2,25 até 2,75% de amido de mandioca aumentam em média 2 dias a vida útil pós-colheita de mamões 'THB' sem afetar a qualidade físico-química dos frutos.

Concentrações abaixo de 2,25 % de amido de mandioca não aumentam a conservação dos mamões em relação aos frutos não revestidos e concentrações acima de 2,75 % de amido causam prejuízos no amadurecimento normal dos frutos.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI. Santa Cruz do Sul: Ed. **Gazeta Santa Cruz**, 51p., 2019.

BATISTA, P. F. et al. Utilização de filmes plásticos e comestíveis na conservação pós-colheita de melão amarelo. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.572-576, 2007.

CARVALHO FILHO, C. D. et al. Qualidade pós-colheita de cerejas cv. ambrunés utilizando coberturas comestíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.180-181, 2006.

CEAGESP. **Folheto mamão Fitolito** - Ceagesp. 2015. Disponível em: < <http://www.ceagesp.gov.br/wpcontent/uploads/2015/07/mamao.pdf> > Acesso em: fev. 2021.

COSTA, A. F. S.; BALBINO, J. M. S. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. (Eds.). **Mamão: pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 12-18.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COSTA, S. R. **Filmes de fécula de mandioca e glicerol, reforçados com nanocelulose e ativados com Própolis vermelha**. 2013. 125 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of United Nations. **Productio. Crops Primary**. 2020. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 10 mar. 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, **Lavras**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P. et al. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). **Postharvest Biology and Technology**, v.39, n.3,p. 247-253, 2006.

IBGE-Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (2020). **Produção Agrícola Municipal: Área Plantada ou Destinada à Colheita, Área Colhida, Quantidade Produzida, Rendimento Médio e Valor da Produção das Culturas Temporárias e**

Permanentes. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 nov. 2021.

INCAPER. Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

JACOMINO, A. P.; BRON, I. U.; KLUGE, R. A. Avanços em tecnologia pós-colheita de mamão. In: MARTINS, D. S. **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória, ES: INCAPER, 2003. p. 283-293.

LEMOS, O. L. et al. Utilização de biofilme comestível na conservação de pimentão Magali R em duas condições de armazenamento. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 693-699, 2007.

LINS, S. R. et al. Controle alternativo da podridão peduncular em manga. **Summa Phytopathologica**, v.37, n.3, p.121-126, 2011.

LOURENÇO, G. A. **Desidratação parcial de tomate cereja em secador de bandejas vibradas com reciclo**. 2011. 95f. Dissertação de Mestrado. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2011.

MARTINS, M. L. L. et al. Estudo do amadurecimento de frutos de mamoeiro (*Carica papaya*) armazenados sob condições de refrigeração. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 2003, Atibaia. **Anais...**, 2003. v. I. p. 1-2.

NUNES, M. C. N. et al. Brief deviations from set point temperatures during normal airport handling operations negatively affect the quality of papaya (*Carica papaya*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.41, p. 328–340, 2006.

NUNES, A. C. D. et al. Armazenamento de mamão ‘formosa’ revestido à base de fécula de mandioca. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 254-263, 2017.

OLIVEIRA, E. B. L. et al. Revestimentos alternativos na conservação pós-colheita de mamão. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 11, n. 22, p. 2523-2530, 2015.

PINELI, L. L. O. **Qualidade e potencial antioxidante in vitro de morangos in natura e submetidos a processamentos**. 2009. 222f. Tese de doutorado. Brasília, Universidade de Brasília. Brasília. 2009.

SCANAVACA JR., L. et al. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga ‘surpresa’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 67-71, 2007.

SERPA et al. Conservação de manga com uso de fécula de mandioca preparada com extrato de cravo e canela. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, n. 6., 2014.

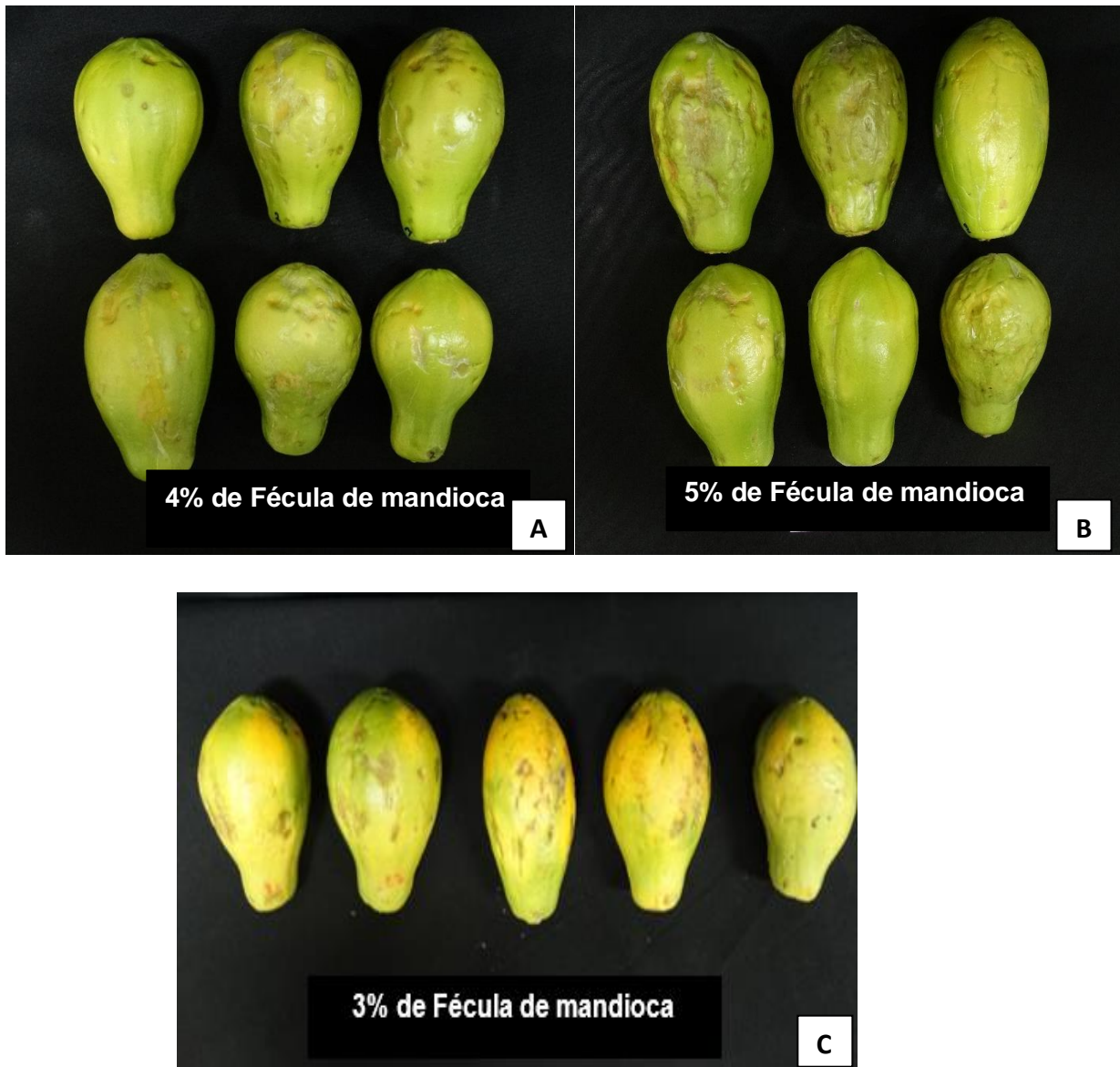
SILVA, A. M. et al. Conservação pós-colheita de banana “maça” com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Agrarian Academy**, v. 2, n. 3, p. 23-34, 2015.

SOUZA, M. S. et al. Resposta da aplicação do 1-MCP em frutos de mamoeiro ‘Golden’ em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 693-700, 2009.

STUL, P. M. et al. Conservação e qualidade de mirtilo orgânico utilizando revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Ponta Grossa, v. 6, n.1, p. 713 – 721, 2012.

WIJAYA, C. H.; FENG, C. Flavour of papaya (*Carica papaya* L.) fruit. **Biotropia**, v. 20, n. 1, p. 50–71, 2013.

ANEXO



Anexo 1. Mamão tratado com as concentrações de: 4% de fécula de mandioca (A), 5% de fécula de mandioca (B) e 3% de fécula de mandioca (C).

Capítulo 2

Uso de revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca e plastificantes para conservação do mamão 'THB'

Uso de revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca e plastificantes para conservação do mamão 'THB'

Autora: Thaís Correia Gomes

Orientador: Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

Coorientadora: Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Coorientadora: Ma. Elaine Goes Souza

RESUMO: A utilização de revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca é uma das alternativas para prolongar a vida de prateleira de frutos que tem uma curta vida útil, como o mamão. Apesar do revestimento reduzir as trocas gasosas e diminuir a perda de água do fruto, a fécula de mandioca possui a desvantagem da baixa elasticidade que pode resultar em filmes muito quebradiços. A adição de plastificantes como o Sorbitol e Glicerol ao revestimento melhora as características como resistência, elasticidade e flexibilidade. Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de formulações de revestimento comestível à base de fécula de mandioca com adição dos plastificantes sorbitol e glicerol na manutenção da qualidade pós-colheita de mamões. Frutos de mamoeiro do grupo Solo, cultivar THB, foram colhidos no Estádio 1 de amadurecimento (até 15 % da casca amarela) lavados, sanitizados com solução de hipoclorito de sódio (100 mg L⁻¹ de cloro ativo) e homogeneizados quanto a ausência de podridões e danos mecânicos. Após a determinação da melhor concentração de fécula de mandioca, de 2,25% de fécula de mandioca, foram estudados os efeitos da adição do plastificante Sorbitol com concentrações de 0; 10; 20; 30; 40 e 50% e Glicerol com concentrações de 0; 1; 2; 3; 4 e 5% na formação dos filmes sobre os frutos. Os parâmetros avaliados foram: dias para atingir o Estádio 5, firmeza, cor da polpa, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e pH. A associação de fécula de mandioca a 2,25% e glicerol, independentemente da concentração, tornaram o revestimento mais flexível, melhorando sua aparência. A adição de 1% de glicerol destacou-se por promover maior conservação do fruto. A concentração de 2,25% de fécula de mandioca acrescida de 10% de sorbitol promove maior manutenção da qualidade físico-química de mamões 'THB'.

Palavras-chave: *Carica Papaya*; sorbitol; glicerol

Use of edible coatings based on cassava starch and plasticizers for the conservation of 'THB' papaya

Author: Thaís Correia Gomes

Advisor: Dr. Sebastião de Oliveira e Silva

Co-supervisor: Dra. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Co-supervisor: Ma. Elaine Goes Souza

ABSTRACT: The use of cassava starch-based edible coatings is one of the alternatives to prolong the shelf life of fruits that have a short shelf life, such as papaya. Although the coating reduces gas exchange and reduces water loss from the fruit, cassava starch has the disadvantage of low elasticity, which can result in very brittle films. The addition of plasticizers such as Sorbitol and Glycerol to the coating improves characteristics such as strength, elasticity and flexibility. Therefore, this work aimed to evaluate the influence of the application of cassava starch-based edible coating formulations with the addition of the plasticizers sorbitol and glycerol in maintaining the postharvest quality of papayas. Papaya fruits from the Solo group, cultivar THB, were harvested at stage 1 of ripening (up to 15% of the yellow skin), washed, sanitized with sodium hypochlorite solution (100 mg L⁻¹ of active chlorine) and homogenized for the absence of rot and mechanical damage. After determining the best concentration of cassava starch, 2,25% cassava starch, the effects of adding the plasticizer Sorbitol with concentrations of 0; 10; 20; 30; 40 and 50% and Glycerol with concentrations of 0; 1; 2; 3; 4 and 5% in the formation of films on the fruits. The parameters evaluated were: days to reach stage 5, firmness, pulp color, soluble solids (SS), titratable acidity (AT), SS/AT ratio and pH. The association of 2,25% cassava starch and glycerol, regardless of concentration, made the coating more flexible, improving its appearance. The addition of 1% glycerol stood out for promoting greater fruit conservation. The concentration of 2,25% of cassava starch plus 10% of sorbitol promotes greater maintenance of the physicochemical quality of 'THB' papayas.

Keywords: *Carica papaya*; sorbitol; glycerol

INTRODUÇÃO

Uma das matrizes muito estudada para desenvolvimento de revestimentos comestíveis é a fécula de mandioca, que se destaca devido às suas boas características, por ser um material atóxico e de baixo custo. No entanto uma desvantagem deste tipo de matéria prima, é a baixa elasticidade que pode resultar em filmes muito quebradiços. Para solucionar tais limitações torna-se necessária a adição de um agente plastificante na solução de forma a diminuir as forças intermoleculares, aumentando a mobilidade das cadeias e melhorando consideravelmente características como resistência, elasticidade e flexibilidade do revestimento. A adição de plastificantes, como o sorbitol e o glicerol, evitam a quebra e enrugamento do revestimento durante o manuseio e armazenamento, o que poderia prejudicar suas propriedades de barreira (SOTHORNVIT; KROCHTA 2005; GOMES et al, 2015).

O sorbitol é um plastificante bastante aplicado na produção de revestimentos, ele é formado por pequenas moléculas que interagem com as ligações poliméricas da fécula de mandioca, agregando então as características mecânicas (CRUZ, 2018). Outro plastificante, o glicerol, que é hidrofílico e interage com as cadeias de amido, aumentando a mobilidade molecular e, conseqüentemente, a hidrofiliçidade e a flexibilidade dos filmes plastificados (MALI et al., 2004).

O sorbitol, por apresentar maior peso molecular ($PM=182,17 \text{ g mol}^{-1}$) e melhor interação com as moléculas de amido, diminui a capacidade de ligação com a água, resultando em uma menor mobilidade das cadeias formadoras de filme. Com isso, filmes plastificados com sorbitol tendem a se apresentar mais espessos, com menor teor de umidade e menor solubilidade em água quando comparados com filmes plastificados com glicerol (SHIMAZU et al, 2007; SANYANG et al, 2015).

Os filmes plastificados com glicerol apresentam características que estão fortemente correlacionadas com o peso molecular ($PM=92,09 \text{ g mol}^{-1}$), em comparação com o sorbitol, por exemplo, os filmes adicionados de glicerol apresentam espessuras menores, maior teor de umidade e maior solubilidade em água devido à afinidade do glicerol com a água, portanto são fatores que podem ser considerados positivos ou negativos, dependendo da aplicação final dos filmes comestíveis (SANYANG et al, 2015).

Gomes et al. (2015), avaliando o efeito do sorbitol e do glicerol nas características físicas, mostraram que o glicerol em certas concentrações promove uma maior quantidade de ligações, permitindo a formação de redes mais complexas. Segundo resultados dos autores, o sorbitol é o plastificante que possibilita maior e melhor interação da água com as moléculas poliméricas, resultando assim em formulações com maior resistência quando comparadas ao glicerol.

De modo geral, os plastificantes agregam positivamente aos revestimentos comestíveis, auxiliando no prolongamento da vida de prateleira dos frutos, principalmente melhorando a aderência do revestimento ao fruto. Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da aplicação de formulações de revestimento comestível à base de fécula de mandioca com adição dos plastificantes sorbitol e glicerol na manutenção da qualidade pós-colheita de mamões.

MATERIAL E MÉTODOS

Frutos de mamoeiro do grupo Solo, cultivar THB, provenientes de produtor comercial localizado no município de Mucuri, BA, foram colhidos no Estádio 1 de amadurecimento (até 15 % da casca amarela) (PBMH-CEAGESP, 2015) e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas – BA, onde foram lavados, sanitizados com solução de hipoclorito de sódio (100 mg L^{-1} de cloro ativo) e selecionados quanto à ausência de podridões e danos mecânicos.

Após a determinação da melhor concentração, de 2,25% de fécula de mandioca, foram estudados os efeitos da adição do plastificante Sorbitol com concentrações de 0; 10; 20; 30; 40 e 50 % e Glicerol com concentrações de 0; 1; 2; 3; 4 e 5 % na formação dos revestimentos sobre os frutos. As formulações do revestimento à base de fécula de mandioca com ou sem a adição do plastificante foram obtidas por meio de aquecimento (em banho-maria a $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$) sob agitação da fécula, em água destilada, até sua geleificação (aproximadamente 20 minutos). Os revestimentos foram resfriados até atingirem a temperatura ambiente antes da imersão dos frutos. Os frutos foram imersos durante 1 minuto e colocados para secar sobre o papel manteiga, para drenar o excesso do revestimento. Após a secagem, os frutos foram armazenados em temperatura ambiente ($25 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

As avaliações foram realizadas logo após a colheita (caracterização do lote) e quando os frutos atingiram o Estádio 5 de amadurecimento (casca completamente amarela) (PBMH-CEAGESP, 2015).

Os parâmetros avaliados foram: dias para atingir o Estádio 5, perda de massa, cor da polpa, podridões, firmeza, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, e pH.

O número de dias para atingir o Estádio 5 foi contabilizado como o período entre o dia da colheita e o dia em que os frutos atingiram o Estádio 5 (casca completamente amarela).

A perda de massa foi determinada pela diferença, em porcentagem, entre a massa inicial e final do mamão, utilizando-se a equação: $(\text{peso inicial} - \text{peso final} / \text{peso inicial}) \times 100$.

A cor da polpa foi determinada por escala de notas variando de 1 a 5. A incidência de podridões foi avaliada conforme escala apresentada por Nunes et al. (2006), onde :nota 1: frutos sem doença, nota 2: 1 a 10% da superfície da casca com doença, nota 3: 11 a 25 % da superfície da casca com doença, nota 4: 26 a 50 % da superfície da casca com doença e nota 5 > 50 % da superfície da casca com doença.

A firmeza foi realizada no fruto sem a casca, sendo determinada com auxílio de um penetrômetro analógico, marca Mc Cormick, modelo FT 327, com ponteira de 8 mm de diâmetro e os resultados foram expressos em newtons.

A acidez titulável (AT) foi determinada em amostra de 1 g de polpa diluída em 40 mL de água. Esta amostra foi titulada com NaOH 0,1 N até atingir pH 8,1, utilizando-se dosímetro semi-automático para depósito de NaOH. Gotas de 46 fenolftaleína foram adicionadas à amostra para confirmação do ponto final de titulação. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico.

Os sólidos solúveis (SS) foram quantificados com auxílio de refratômetro digital portátil, após a extração do suco em mixer doméstico. Os resultados foram expressos em °Brix. A relação SS/AT foi determinada pelo quociente entre estes dois parâmetros.

O pH foi determinado diretamente na polpa homogeneizada, com auxílio de um pHmetro digital, marca Hanna, modelo pH21.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições de dois frutos por tratamento. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados usando o programa Sisvar (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os revestimentos à base de fécula de mandioca adicionados dos plastificante (glicerol e sorbitol) mostraram-se contínuos, sem fraturas ou rupturas após a secagem, demonstrando que os plastificantes proporcionaram maior flexibilidade e aderência ao revestimento, o qual não apresentou fragmentação e descolamento da casca dos frutos (Figura 1B); o revestimento à base de fécula de mandioca, sem a adição de plastificante (tratamento controle) mostrou-se quebradiço (Figura 1A). O aspecto visual dos filmes não foi afetado pelos diferentes teores de plastificante e, de uma maneira geral, os filmes apresentaram-se transparentes, incolores e com bom aspecto.



Figura 1. Mamão 'THB' revestido (A) somente com 2,25 % de fécula de mandioca, apresentando aspecto de quebradiço e descolamento do revestimento e (B) com 2,25% de fécula de mandioca e 1% de glicerol sem fragmentação e descolamento do revestimento, após 10 dias de armazenamento à temperatura ambiente.

Os resultados da análise estatística mostraram que houve diferença significativa para as variáveis: dias para atingir o estágio 5, perda de massa, podridões, acidez titulável e relação SS/AT nos tratamentos com revestimento à base de fécula de mandioca e glicerol (Tabela 1); e dias para atingir o estágio 5, perda de massa, podridões, acidez titulável e pH nos tratamentos com revestimento à base de fécula de mandioca e sorbitol (Tabela 2).

Tabela 1 - Tabela da análise de variância do mamão 'THB' revestidos com fécula de mandioca e Glicerol após atingirem o estágio 5 de amadurecimento.

FV	GL	QM								
		Dias para atingir o estágio 5	Perda de massa	Cor da polpa	Podridões	Firmeza	AT	SS	SS/AT	pH
Tratamentos	6	28,29	27,26	0,35	1,44	0,03	0,0009	0,35	401,02	0,0059
Erro	28	0,60	2,70	0,16	0,53	0,02	0,0002	0,41	144,02	0,0305
Total corrigido	34									
CV (%) =		9,04	18,50	11,53	19,88	30,90	12,73	5,75	13,17	2,84
Média geral:		8,57*	8,89*	3,51	1,97*	0,46	0,12*	11,19	91,15*	6,160

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Tabela 2 - Tabela da análise de variância do mamão 'THB' revestidos com fécula de mandioca e Sorbitol após atingirem o estágio 5 de amadurecimento.

FV	GL	QM								
		Dias para atingir o estágio 5	Perda de massa	Cor da polpa	Podridões	Firmeza	AT	SS	SS/AT	pH
Tratamentos	6	36,96	66,94	0,28	1,71	0,03	0,0009	0,46	691,91	0,043
Erro	28	0,54	21,64	0,22	0,32	0,03	0,0003	0,37	336,38	0,012
Total corrigido	34									
CV (%) =		7,39	41,91	13,67	28,66	41,28	15,12	5,46	20,50	1,81
Média geral:		9,97*	11,10*	3,44	2,00*	0,45	0,12*	11,20	89,44	6,13*

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Arvanitoyannis e Billiaderis (1999) estudaram o efeito dos plastificantes glicerol, sorbitol e xilose sobre as propriedades mecânicas de filmes à base de amido e metilcelulose e observaram que, à medida que aumenta a concentração de plastificantes na composição do filme, diminui a força de tensão e aumenta a porcentagem de alongamento. Em filmes à base de proteína isolada de soro, os plastificantes, glicerol e sorbitol, também mudaram as propriedades mecânicas do filme.

Shimazu, Mali e Grossmann (2007) estudaram os efeitos do glicerol e do sorbitol como plastificantes em filmes de amido de mandioca, e afirmam que os filmes com sorbitol apresentaram maior resistência à ruptura, que variou de, aproximadamente, 2 a 25 MPa, dependendo da atividade de água dos filmes, e apresentaram porcentagem de alongamento, com valores de 12 a 24%.

Dias para atingir o Estádio 5 de amadurecimento

Os frutos sem revestimento (controle) apresentaram amadurecimento antecipado em relação aos frutos com uso de coberturas, independentemente da concentração de ambos os plastificantes utilizados (Tabelas 3 e 4).

Os frutos revestidos somente com a fécula de mandioca e o revestimento com fécula de mandioca acrescida de 1% de glicerol apresentaram maior número de dias para atingir o Estádio 5 (Tabela 3).

Tabela 3 - Características físicas de mamão 'THB', após atingirem o estágio 5 de amadurecimento, tratados com diferentes concentrações do plastificante glicerol, adicionado ao revestimento à base de fécula de mandioca 2,25%. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2022.

Tratamento	Dias para atingir o estágio 5	Perda de massa (%)	Cor da polpa	Podridões	Firmeza (N)
Controle	4,0 c	4,7 a	3,7 a	1,0 a	0,57 a
0 %	11,0 a	10,7 c	3,2 a	2,5 d	0,44 a
1 %	11,2 a	11,9 c	3,5 a	2,4 d	0,35 a
2 %	8,4 b	7,7 b	3,5 a	1,6 b	0,52 a
3 %	8,8 b	8,5 b	4,0 a	1,9 c	0,52 a
4 %	8,2 b	9,7 b	3,3 a	2,4 d	0,39 a
5 %	8,4 b	8,8 b	3,4 a	2,0 c	0,45 a

Médias com letras iguais, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de significância

Tabela 4 - Características físicas de mamão 'THB', após atingirem o Estádio 5 de amadurecimento, tratados com diferentes concentrações do plastificante sorbitol, adicionado ao revestimento à base de fécula de mandioca 2,25%. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2022.

Tratamento	Dias para atingir o estágio 5	Perda de massa (%)	Cor da polpa	Podridões	Firmeza (N)
Controle	4,0 c	4,7 a	3,7 a	1,0 a	0,57 a
0%	11,0 a	10,7 c	3,2 a	2,5 b	0,44 a
10%	10,6 b	8,8 b	3,2 a	1,6 a	0,41 a
20%	11,0 a	11,4 c	3,2 a	2,4 b	0,35 a
30%	9,8 b	15,6 d	3,6 a	1,7 a	0,51 a
40%	11,4 a	11,5 c	3,7 a	2,6 b	0,49 a
50%	12,0 a	14,7 d	3,5 a	2,2 b	0,38 a

Médias com letras iguais, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de significância

Em relação aos revestimentos com sorbitol, os frutos revestidos com fécula de mandioca sem a adição do plastificante comparados aqueles com adição do plastificante a 20, 40 e 50% apresentaram menor número de dias para atingir o Estádio 5, indicando que o amadurecimento destes frutos foi mais rápido (Tabela 4).

Perda de massa

A perda de massa acumulada foi significativamente mais elevada nos tratamentos somente com a fécula de mandioca (0% glicerol) e para o revestimento com fécula acrescida de 1% de glicerol, sendo seguida dos tratamentos com revestimento com fécula acrescida de 2, 3, 4 e 5% (Tabela 3).

Nos tratamentos acrescidos de sorbitol, o tratamento com 30% de sorbitol apresentou maior perda de massa. O tratamento controle apresentou significativamente menor perda de massa em relação aos demais tratamentos (Tabela 4), o que pode ser atribuído ao menor número de dias para amadurecimento.

Thakur et al. (2019) observaram um aumento de 40% na vida pós-colheita à temperatura ambiente, em bananas revestidas com amido de arroz, carragenina, éster de ácido graxo de sacarose e glicerol. Os frutos revestidos apresentaram perda de peso reduzida, firmeza aprimorada e atrasos no aparecimento de sinais visuais associados à perda de qualidade, em relação ao controle.

Rodrigues et al. (2019) avaliaram o uso de uma solução filmogênica de amido de arroz, glicerol e ácido cítrico como revestimento para tomate e banana e verificaram que o uso das soluções reduziu a perda de massa e a maturação nos frutos e também apresentou ação fungicida.

Incidência de podridões

Os frutos somente com a fécula de mandioca (0% glicerol) e os tratamentos revestimento com fécula acrescida de 1 e 4% de glicerol, apresentaram maior índice de podridões (Tabela 3).

Nos tratamentos com sorbitol, os frutos somente com a fécula de mandioca (0% sorbitol) e com 20, 40 e 50% de sorbitol apresentaram maior índice de podridões (Tabela 4).

Das, Dutta e Mahanta (2013) verificaram que a formulação de revestimento comestível de amido/glicerol/lipídio/antioxidante forma um revestimento de fruta rígido e contínuo que foi capaz de prolongar o período de maturação de tomates armazenados em temperatura ambiente, juntamente com uma boa propriedade de barreira de micróbios.

Revestimento de k-carragenina ou amido de tapioca com sorbato de potássio, ácido ascórbico, ácido cítrico e glicerol aplicados em Abóbora fortificada, demonstrou melhoria na manutenção da cor e atividades antimicrobiana (GENEVOIS; PLA; FLORES, 2016).

Firmeza

O revestimento de fécula de mandioca, independentemente da concentração dos plastificantes (glicerol e sorbitol) não interferiu na variável firmeza.

Jafarizadeh et al. (2011), estudando as concentrações de quitosana e glicerol para revestimento de banana Berangan, observaram que o aumento na concentração de quitosana em concentrações de glicerol inferiores a 1,3%, apresentaram um efeito benéfico na retenção de firmeza. Porém, em concentrações mais altas de glicerol (mais de 1,3%), o aumento na concentração de quitosana reduziu a firmeza da banana revestida.

Revestimentos à base de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) e revestimentos de cera de abelha com ácido oleico, aditivos de glicerol aplicados em tomate cereja contribuíram com o melhoramento da perda de peso, cor da casca, firmeza do fruto. (FAGUNDES et al., 2015).

Acidez titulável

A acidez titulável foi significativamente maior nos frutos do tratamento controle

e para o revestimento com fécula acrescida de 4% de glicerol (Tabela 4). Os tratamentos com 10, 20 e 40% de sorbitol, apresentaram maiores valores de acidez titulável, não diferindo do controle (Tabela 5).

Formulação de revestimento comestível de amido de arroz, com adição de carragenina, éster de ácido graxo de sacarose e glicerol, em bananas, não foram observados nenhum efeito perceptível na acidez titulável (THAKUR et al., 2019).

Tabela 5 - Características químicas de mamão 'THB', atingirem o Estádio 5 de amadurecimento, tratados com diferentes concentrações do plastificante glicerol, adicionado ao revestimento à base de fécula de mandioca 2,25%. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2022.

Tratamento	AT (%)	SS (°Brix)	SS/AT	pH
Controle	0,152 b	11,088 a	73,124 b	6,126 a
0%	0,120 a	11,260 a	95,874 a	6,116 a
1%	0,119 a	10,900 a	92,008 a	6,174 a
2%	0,119 a	11,060 a	93,662 a	6,202 a
3%	0,109 a	10,980 a	101,352 a	6,190 a
4%	0,134 b	11,640 a	87,648 a	6,180 a
5%	0,123 a	11,440 a	94,404 a	6,132 a

Médias com letras iguais, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de significância

Tabela 6 - Características químicas de mamão 'THB', após atingirem o Estádio 5 de amadurecimento, tratados com diferentes concentrações do plastificante sorbitol, adicionado ao revestimento à base de fécula de mandioca 2,25% Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2022.

Tratamento	AT (%)	SS (°Brix)	SS/AT	pH
Controle	0,152 b	11,088 a	73,121 a	6,126 a
0%	0,120 a	11,260 a	95,873 a	6,116 a
10%	0,133 b	11,400 a	87,783 a	6,088 a
20%	0,134 b	10,660 a	79,595 a	6,170 a
30%	0,118 a	11,640 a	99,049 a	6,332 b
40%	0,137 b	11,260 a	83,945 a	6,076 a
50%	0,110 a	11,100 a	106,772 a	6,060 a

Médias com letras iguais, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de significância

Relação SS/AT

A relação SS/AT foi significativamente maior nos tratamentos revestidos com fécula de mandioca acrescido de glicerol em relação ao controle (Tabela 5). Não

houve diferença estatística para os tratamentos com sorbitol.

O revestimento de fécula de mandioca, independentemente das concentrações de plastificantes adicionados, não interferiu nos parâmetros cor da polpa, firmeza da polpa, teor de sólidos solúveis e pH (Tabela 5 e 6), o que é positivo do ponto de vista de aceitação dos frutos pelos consumidores.

CONCLUSÕES

A concentração de 2,25% de fécula de mandioca proporcionou aumento de seis dias na vida útil do mamão, em relação ao controle, porém o revestimento se apresentou quebradiço.

A associação de fécula de mandioca a 2,25% e glicerol, independentemente da concentração, tornaram o revestimento mais flexível, melhorando sua aparência. A adição de 1% de glicerol destacou-se por promover maior conservação de mamões 'THB'.

Pelos resultados observados pode-se concluir que a concentração de 2,25% de fécula de mandioca acrescida de 10% de sorbitol promove maior manutenção da qualidade físico-química de mamões 'THB'.

REFERÊNCIAS

ARVANITOYANNIS, L.; BILIADERIS, C.G. Physical properties of polyol-plasticized edible blends made of methylcellulose and soluble starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 38, p. 47-58, 1999.

CEAGESP. **Folheto mamão Fotolito** - Ceagesp. 2015. Disponível em: < <http://www.ceagesp.gov.br/wpcontent/uploads/2015/07/mamao.pdf> > Acesso em fev. 2021.

CRUZ, W, F. **Aplicação e avaliação de biopolímeros de amido e gelatina como revestimento em materiais de embalagens**. 2018. 99f. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2018.

DAS, D. K.; DUTTA, H.; MAHANTA, C. L. Development of a rice starch-based coating with antioxidant and microbe-barrier properties and study of its effect on tomatoes stored at room temperature. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 272–278, 2013.

FAGUNDES, C. et al. Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of cold-stored cherry tomatoes. **Scientia Horticulturae**, Florianopolis, SC, Brazil, v. 193, p. 249–257, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, **Lavras**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GENEVOIS, C. E.; PLA, M. F. D.; FLORES, S. K. Application of edible coatings to improve global quality of fortified pumpkin. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Buenos Aires, Argentina, v. 33, p. 506–514, 2016.

GOMES A, F. et al. Avaliação do efeito do sorbitol e do glicerol nas características físicas, térmicas e mecânicas de hidrogel de amido de milho reticulado com glutaraldeído. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA. Unicamp. Campinas, SP. **Anais...** 2015.

JAFARIZADEH M. H. et al. Development of an edible coating based on chitosan-glycerol to delay “Berangan” banana (*Musa sapientum* cv. Berangan) ripening process. **International Food Research Journal**, v.18, n. 3, p. 989-997, 2011.

MALI, S; GROSSMANN, M. V. E; GARCÍA, M. A; MARTINO, M. M; ZARITZKY, N. E. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 56, n. 2, p. 129-135, 2004.

NUNES, M. C.N. et al. Brief deviations from set point temperatures during normal airport handling operations negatively affect the quality of papaya (*Carica papaya*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.41, p. 328–340, 2006.

RODRIGUES, A. O. et al. Biopolímero desenvolvido a partir da farinha de arroz e sua aplicação como revestimento em frutos. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, [S. l.], v. 38, n. 2, p. 103–107, 2019.

SANYANG, M. L. et al. **Effect of glycerol and sorbitol plasticizers on physical and thermal properties of sugar palm starch based films**. In: 13th International Conference on Environment, Ecosystems and Development (EED '15), 23-25 Apr. 2015, Kuala Lumpur, Malaysia. (pp. 157-162)

SCHIMAZU, A.A.; MALI, S.; GROSSMANN, V.E. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 79-88, 2007.

SOTHORNVIT, R.; KROCHTA, J. M. Plasticizers in edible films and coatings. **Innovations in Food Packaging**, v.1, n.3, p.403–433, 2005.

THAKUR, R. et al. A starch edible surface coating delays banana fruit ripening. **Lwt-Food Science and Technology**, Ourimbah, Australia, v. 100, p. 341–347, 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mamão é um fruto muito perecível e, além da refrigeração, não existem tecnologias que aumentem seu período de conservação, o que obriga os produtores a exportarem os frutos via aérea, encarecendo os custos. A utilização de revestimentos comestíveis, como a fécula de mandioca com a adição de plastificantes, que torna o revestimento mais flexível, melhorando sua aparência, podem promover o aumento da vida útil pós-colheita dos frutos e facilitar o transporte, com a vantagem de ser um material atóxico e de baixo custo.

Os resultados obtidos nesse estudo evidenciaram um grande potencial para utilização do revestimento comestível à base de fécula de mandioca e plastificantes na área de pós-colheita de frutos.