

Utilização da cera de abelha para conservação de mamões como alternativa ao filme PVC

Use of beeswax for papaya preservation as alternative to PVC film

Uso de cera de abejas para conservar papayas como alternativa al film de PVC

Recebido: 29/08/2024 | Revisado: 14/09/2024 | Aceitado: 16/09/2024 | Publicado: 21/09/2024

Vanessa Rocha da Conceição

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7619-2218>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: rochavanessa@academico.ufs.br

Jailton Ribeiro Dos Santos Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7336-1064>

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: juniorsa@ufrj.br

Jane Delane Reis Pimentel Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7700-8452>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: jdrps@academico.ufs.br

Simone Mazzutti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2594-8370>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: simonemazzutti@academico.ufs.br

Gerson Barbosa Guedes

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5500-6542>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: gerson25@academico.ufs.br

Gisele Nunes Franca

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7886-4420>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: giselenunes@academico.ufs.br

Denise Ribeiro de Freitas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8185-8639>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: deniseribeirof@academico.ufs.br

Resumo

Para reduzir o uso de plástico no ambiente doméstico, foi desenvolvido o "pano ecológico", feito de tecido de algodão recoberto com cera de abelha, como alternativa ao filme PVC. O presente estudo teve como objetivo de verificar se a embalagem elaborada com cera de abelha e tecido de algodão mantém a conservação dos parâmetros físico-químicos e sensoriais do mamão após o corte mantido em refrigerador quando comparado a utilização do filme PVC. A metodologia adotada foi um estudo laboratorial de natureza qualitativa e quantitativa. Para isso, mamões cortados ao meio foram conservados na geladeira por 10 dias, e analisados nos dias 0, 2, 4, 6, 8 e 10 para perda de massa, sólidos solúveis totais, pH, cor e aparência. Os resultados mostraram que, embora a embalagem de tecido e cera de abelha tenha sido inferior ao filme PVC na perda de massa, garantiu uma perda de peso inferior a 10%. Os dados de pH, sólidos solúveis totais e cor não apresentaram diferenças significativas durante o armazenamento. Em termos de aparência, os tratamentos não se diferenciaram, com ambas as embalagens mantendo notas acima de regulares até o 10º dia. Quanto à aceitação, mais de 50% dos julgadores consideraram os frutos acondicionados nas duas embalagens aptos para consumo. Em 10 dias de armazenamento a 10°C, a embalagem de tecido e cera de abelha mostrou-se uma alternativa viável ao filme PVC para conservação de mamão cortado.

Palavras-chave: Apicultura; Pano ecológico; Vida de prateleira.

Abstract

To reduce plastic use in the home environment, the "eco-friendly cloth" was developed, made of cotton fabric coated with beeswax as an alternative to PVC film. This study evaluated the impact of this cloth on the preservation of Hawaiian papaya, comparing it to PVC film. Halved papayas were stored in the refrigerator for 10 days and analyzed on days 0, 2, 4, 6, 8, and 10 for weight loss, total soluble solids, pH, color, and appearance. The results showed that although the beeswax cloth was inferior to PVC film in terms of weight loss, it ensured a weight loss of less than 10%. Data on pH, total soluble solids, and color showed no significant differences during storage. In terms of

appearance, the treatments did not differ, with both types of packaging maintaining ratings above average until the 10th day. Regarding acceptance, more than 50% of the judges considered the fruits in both packages fit for consumption. After 10 days of storage at 10°C, the beeswax cloth proved to be a viable alternative to PVC film for preserving cut papaya, contributing to the reduction of plastic use.

Keywords: Beekeeping; Eco-friendly cloth; Shelf life.

Resumen

Para reducir el uso de plástico en el entorno doméstico, se ha desarrollado el "pañó ecológico", hecho de tela de algodón recubierta con cera de abeja, como alternativa al film de PVC. Este estudio evaluó el impacto de este paño en la conservación del papayo hawaiano, comparándolo con el film de PVC. Los papayos cortados por la mitad se conservaron en refrigeración durante 10 días y se analizaron en los días 0, 2, 4, 6, 8 y 10 para pérdida de masa, sólidos solubles totales, pH, color y apariencia. Los resultados mostraron que, aunque el paño de tela y cera de abeja fue inferior al film de PVC en términos de pérdida de masa, aseguró una pérdida de peso inferior al 10%. Los datos de pH, sólidos solubles totales y color no mostraron diferencias significativas durante el almacenamiento. En términos de apariencia, los tratamientos no difirieron, con ambos tipos de empaque manteniendo una calidad superior hasta el día 10. En cuanto a la aceptación, más del 50% de los evaluadores consideraron que las frutas almacenadas en ambos tipos de empaque eran aptas para el consumo. Después de 10 días de almacenamiento a 10°C, el paño de tela y cera de abeja se mostró como una alternativa viable al film de PVC para la conservación de papaya cortada.

Palabras clave: Apicultura; Paño ecológico; Vida útil en estantería.

1. Introdução

O mamão é um fruto climatérico e se caracteriza por uma vida pós-colheita relativamente curta, com amadurecimento em torno de uma semana. O fruto pode ter vida útil reduzida por vários fatores de pré e pós-colheita, como patógenos ou fatores abióticos (Costa & Balbino, 2002; Simão, 1998). Os frutos, dependendo da cultivar, apresentam formato, tamanho, peso e cor diferentes, mas, normalmente, com polpa macia, doce e aromática (Mendoza et al., 2006).

O consumo de mamão é quase que totalmente na forma in natura, mas é limitado pela inconveniência da necessidade de descasque e ser relativamente grande para consumi-lo de uma só vez (Marin, 2004). Por este motivo, normalmente as pessoas consomem uma parte da fruta e refrigeram a outra para consumo posterior. Seu consumo pode ser ampliado com pedaços adequadamente cortados e embalados, tal ação é apreciada pelos consumidores em geral, pelas facilidades que oferece (Luengo & Lana, 1997).

O filme policloreto de vinila (PVC) é um dos materiais utilizados pelos consumidores para acondicionar pedaços de frutas na geladeira. Esse material protege o alimento e aumenta a vida de prateleira desses alimentos, porém é um material com vida útil curta e altamente poluente, levando mais de 100 anos para se decompor na natureza (Alves & Araújo, 2018; Yamashita et al., 2006).

A preocupação com as condições ambientais faz com que a busca de embalagens alternativas seja crescente, com isso a cera de abelha tem sido um dos materiais estudados para produção de biofilmes para conservação de frutas e vegetais. (Mali et al., 2010; Navarro-Tarazaga et al., 2011). O uso de cera de abelha em biofilmes pode diminuir a permeabilidade ao vapor de água, ter efeito para redução do empo de proliferação de microrganismos, reduzir a perda de peso e frequência respiratória, retenção da firmeza e cor, bem como retenção da acidez titulável, pH, sólidos solúveis e açúcares de frutas e vegetais (Vergara et al., 2020).

Nesse sentido, a embalagem de tecido e cera de abelha pode ser uma alternativa ao uso do filme PVC e até mesmo ser uma embalagem que estenda a vida útil do mamão cortado, pois possui compostos antimicrobianos que podem contribuir para aumentar o tempo de conservação do mamão (Fratini et al., 2016). Entretanto, poucos estudos foram encontrados sobre os reais efeitos da embalagem na conservação de alimentos in natura.

Com o intuito de buscar soluções para reduzir a quantidade de plástico utilizado no ambiente doméstico e aumentar a vida de prateleira do mamão após o corte, e assim contribuir para reduzir o desperdício de alimentos e a emissão de sólidos na natureza, o presente estudo teve como objetivo de verificar se a embalagem elaborada com cera de abelha e tecido de algodão

mantém a conservação dos parâmetros físico-químicos e sensoriais do mamão após o corte mantido em refrigerador quando comparado a utilização do filme PVC.

2. Metodologia

A pesquisa caracteriza-se como experimental e laboratorial, de natureza qualitativa e quantitativa, conforme descrito por Gil (2017). O método qualitativo foi utilizado para avaliação sensorial dos frutos, enquanto o quantitativo embasou a análise dos parâmetros físico-químicos, assegurando uma compreensão abrangente dos resultados obtidos. Este tipo de abordagem mista permite uma análise mais completa combinando diferentes perspectivas de dados para garantir maior profundidade na interpretação dos resultados

2.1 Elaboração do pano revestido com cera de abelha

O pano revestido com cera de abelha foi elaborado com tecido percal 200 fios, 100% algodão, da marca Sisa, uma indústria têxtil localizada em Aracaju, Sergipe. A cera de abelha utilizada foi a de *Apis mellifera* L., obtida a partir da desoperculação dos favos de mel. A produção seguiu os procedimentos descritos no trabalho de Júnior (2021).

O tecido foi cortado em pedaços retangulares de 18 x 28 cm e, em seguida, higienizado em uma solução com 0,04% de sabão neutro, onde permaneceu imerso por 10 minutos, sendo depois enxaguado. Posteriormente, os tecidos foram sanitizados em uma solução com 200 ppm de cloro ativo durante 15 minutos e, então, secos a aproximadamente 30°C.

Após a secagem, o tecido foi colocado sobre uma superfície plana, e 10g de cera de abelha ralada foram distribuídas uniformemente sobre ele. Em seguida, foi colocado um pedaço de papel manteiga do mesmo tamanho sobre o tecido e a cera. Uma fonte de calor foi aplicada sobre o papel até que a cera estivesse completamente derretida. O tecido foi então deixado para secar à temperatura ambiente. Depois de seco, o tecido revestido com cera de abelha foi armazenado em um recipiente seco até o momento de sua utilização.

2.2 Aquisição, seleção e lavagem dos mamões

Os mamões da variedade Havaí foram adquiridos em comércio local no município de Nossa Senhora da Glória no estado de Sergipe. Estes mamões foram adquiridos em estágio 0 de maturação, onde apresentavam casca completamente verde, e foram selecionados por tamanho e ausência de injúrias ocasionadas por patógenos e/ou danos físicos. Para determinação dos estádios de maturação foi utilizado a classificação de Frutiséries (2000).

Os mamões foram armazenados à temperatura ambiente até atingirem o estágio 3 de maturação (25% a 50% da casca amarela). Nesse ponto, o experimento foi iniciado. Os mamões foram lavados e sanitizados com água sanitária comercial contendo 2,5% de cloro ativo a 200 ppm, durante 10 minutos. Em seguida, foram enxaguados e secos à temperatura ambiente. Para o experimento, os mamões foram cortados longitudinalmente ao meio com o auxílio de uma faca, mantendo-se as cascas e sementes intactas.

2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos, três repetições. Para cada repetição (unidade experimental), foram utilizadas seis metades de mamões. Os tratamentos testados foram: controle (sem embalagem), tecido revestido com cera de abelha e de filme PVC. As amostras de mamão foram analisadas ao longo do tempo nos intervalos de 0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias. Em cada intervalo de tempo, foram realizadas as seguintes análises: perda de massa, sólidos solúveis totais (SST), pH, cor e análise sensorial.

2.4 Aplicação dos tratamentos

Após o corte, os mamões foram armazenados em uma geladeira a 10°C, conforme os tratamentos. Para reduzir erros, uma metade de cada fruto recebeu o tratamento com tecido revestido de cera de abelha, enquanto a outra metade foi embalada com filme PVC. A temperatura da geladeira foi monitorada diariamente com um termômetro inserido em seu inteiro. Os mamões foram armazenados por um período de 10 dias.

2.5 Análises físico-químicas

As análises foram realizadas nos dias 0, 2, 4, 6, 8 e 10. A perda de massa foi determinada pela diferença entre o peso inicial das amostras e o peso final em cada tempo de armazenamento, calculada pela fórmula: perda de massa = [(massa inicial – massa final) / (massa inicial)] x 100. Os resultados foram expressos como porcentagem de perda de massa (Sharmin et al., 2015).

Para análise de pH e sólidos solúveis totais (SST) em °Brix, foram pesados 50g de polpa de mamão e homogeneizados com 50 ml de água deionizada em um liquidificador. Em seguida, o pH da amostra foi medido utilizando um pHmetro de bancada (AOAC, 2005) e os SST foram determinados com um refratômetro portátil (IAL, 2005).

A coloração das amostras de mamão submetidos aos diferentes tratamentos foi avaliada conforme a metodologia proposta por Yam e Papadakis (2004). Utilizou-se uma caixa preta com um orifício na parte superior para a captura de fotos com uma câmera digital, além de um sistema de iluminação interna para uniformizar a iluminação das amostras. Cada mamão foi posicionado centralmente dentro da caixa, e as fotos foram capturadas em intervalos de tempo durante o armazenamento. As imagens registradas foram processadas utilizando o software Adobe Photoshop®. Foram analisados os parâmetros de cor L* (luminosidade), a* (vermelho-verde), b* (amarelo-azul). Todas as medições foram realizadas na região direita da polpa dos frutos.

2.6 Análise sensorial visual através de fotografias

A avaliação da conservação dos frutos de mamão foi realizada através de análise sensorial visual de aparência, através de fotografias, avaliando o murchamento e frescor através das fotos das diferentes amostras submetidas aos tratamentos, ao longo dos dez dias de armazenamento.

A análise sensorial foi realizada com julgadores treinados, seguindo os princípios descritos por Stone e Sidel (1993). Treze candidatos foram inicialmente recrutados como julgadores e participaram de um treinamento online realizado através da plataforma Google Meet. Durante o treinamento, foram apresentadas escalas de fotos dos frutos classificados como excelente (nota 9), regular (nota 5) e péssimo (nota 1) quanto ao murchamento e frescor. Estas escalas foram elaboradas pelos autores, baseadas em dados dos estádios de maturação do mamão, descritas em Frutiséries (2000).

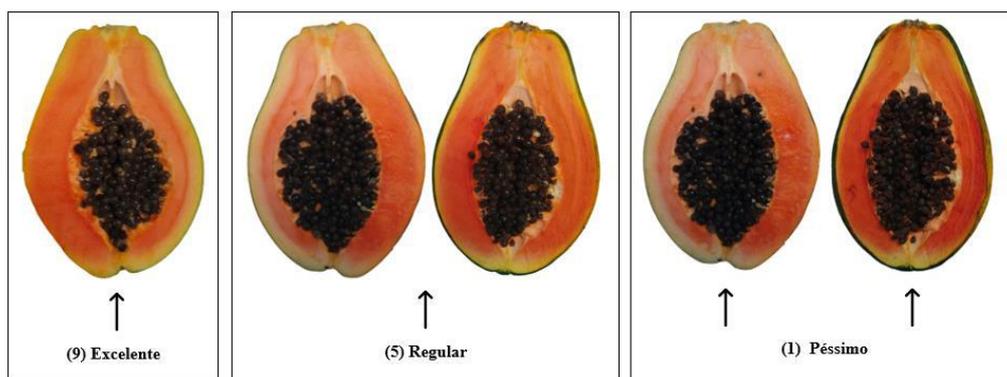
Para o treinamento dos avaliadores, utilizou-se a classificação dos atributos de frescor e murchamento dos mamões, conforme descrita no Quadro 1. Nas Figuras 1 e 2, são exibidas as referências utilizadas no treinamento, exemplificando a classificação excelente (nota 9), regular (nota 5) e péssimo (nota 1) para os atributos de frescor e murchamento dos frutos.

Quadro 1 – Definição dos atributos de frescor e murchamento dos mamões.

Classificação	Frescor	Murchamento
Excelente – Nota 9	Aspecto de recém cortado, cor laranja vívida, polpa e sementes brilhantes, e sem sinais de murchamento.	Sem murchamento, com polpa lisa e sementes brilhantes.
Regular – Nota 5	Cor laranja opaca, polpa e sementes com redução de brilho, e primeiros sinais de amolecimento ou murchamento em partes da polpa e sementes.	Parcialmente murcho com início de murchamento da polpa e sementes.
Péssimo – Nota 1	Cor laranja opaca, polpa e sementes sem brilho, murchamento aparente (aspecto enrugado), amolecimento da polpa e presença de fungos.	Polpa e sementes murchos, com aspecto enrugado.

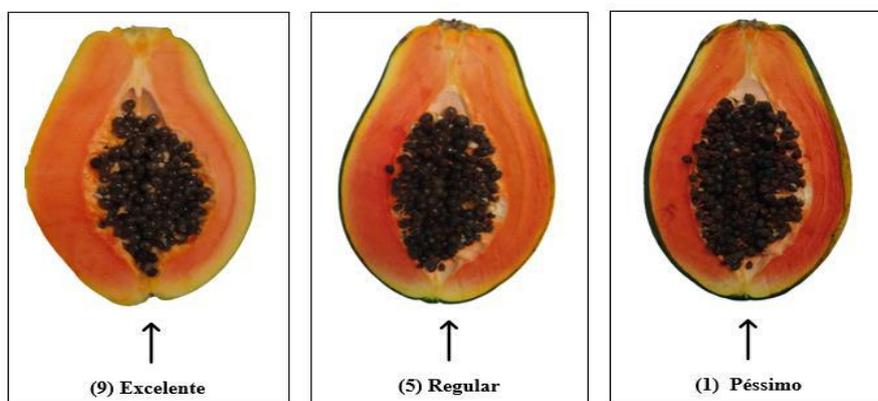
Fonte: Autores.

Figura 1 - Referências utilizadas no treinamento dos julgadores exemplificando os estádios excelente (nota 9), regular (nota 5) e péssimo (nota 1) para o atributo frescor dos frutos.



Fonte: Autores.

Figura 2 - Referências utilizadas no treinamento dos julgadores exemplificando os estádios excelente (nota 9), regular (nota 5) e péssimo (nota 1) para o atributo murchamento dos frutos.



Fonte: Autores.

Após o treinamento, um teste foi realizado para avaliar o poder discriminativo e a repetibilidade de cada julgador. Utilizando as escalas de nota de 9 a 1 da ficha de avaliação (Item 1 da ficha de avaliação demonstrada na Figura 3), cada julgador avaliou, em três repetições, amostras de mamão em diferentes tempos de armazenamento, cujas respostas já tinham sido elaboradas pelos autores. Este teste foi enviado através de um formulário do Google Forms, cujo link foi encaminhado para o email de cada julgador. A partir dos dados de erro e acerto de cada julgador, foi realizada uma ANOVA, considerando as fontes de variação: amostra e repetição. Os julgadores que apresentaram o valor de p para amostra menor ou igual a 0,05 e um valor de p para repetição maior ou igual a 0,05 para os atributos avaliados foram selecionados para compor a equipe sensorial do experimento (Damasio & Costell, 1991). Foram dez julgadores selecionados.

As fotos para a avaliação sensorial visual foram capturadas nos dias 0, 2, 4, 6, 8 e 10 de armazenamento dos frutos.

Figura 3 - Ficha de avaliação das amostras de mamão enviadas para os julgadores utilizadas no experimento.

Código da amostra _____	
Avalie o MURCHAMENTO e FRESCOR da amostra.	
1- MURCHAMENTO	2 – FRESCOR
<input type="checkbox"/> 9 Excelente	<input type="checkbox"/> 9 Excelente
<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 8
<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 7
<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 6
<input type="checkbox"/> 5 Regular	<input type="checkbox"/> 5 Regular
<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4
<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3
<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2
<input type="checkbox"/> 1 Péssimo	<input type="checkbox"/> 1 Péssimo
3- Você consumiria esse mamão?	
<input type="checkbox"/> Sim	
<input type="checkbox"/> Não	
4- Se sua resposta foi NÃO na pergunta anterior, assinale abaixo o motivo do não consumo.	
<input type="checkbox"/> Murcho	
<input type="checkbox"/> Amolecido	
<input type="checkbox"/> Presença de fungos	
<input type="checkbox"/> Outro (s): Clique ou toque aqui para inserir o texto.	

Fonte: Autores.

Cada foto foi codificada com um número aleatório de três dígitos, inseridas no Google Forms e enviada a cada julgador por e-mail, juntamente com a ficha de avaliação (Figura 3). Na mesma ficha de avaliação, foi questionamento ao julgador se consumiria o fruto. Com base nas respostas recebidas, foi calculado a porcentagem de amostras julgadas como aptas para o consumo.

2.7 Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas e sensorial foram submetidos à análise de regressão linear, análise de variância (ANOVA) e ao teste de média Tukey para comparação das médias dos tratamentos, utilizando-se o software SISVAR. Os dados de sólidos solúveis totais (°Brix), pH e parâmetros de coloração não foram avaliados por meio de equações de regressão, mas sim pela diferença entre o início e o fim do armazenamento dos frutos (10 dias), devido a problemas com os equipamentos utilizados para realizar as análises durante o experimento.

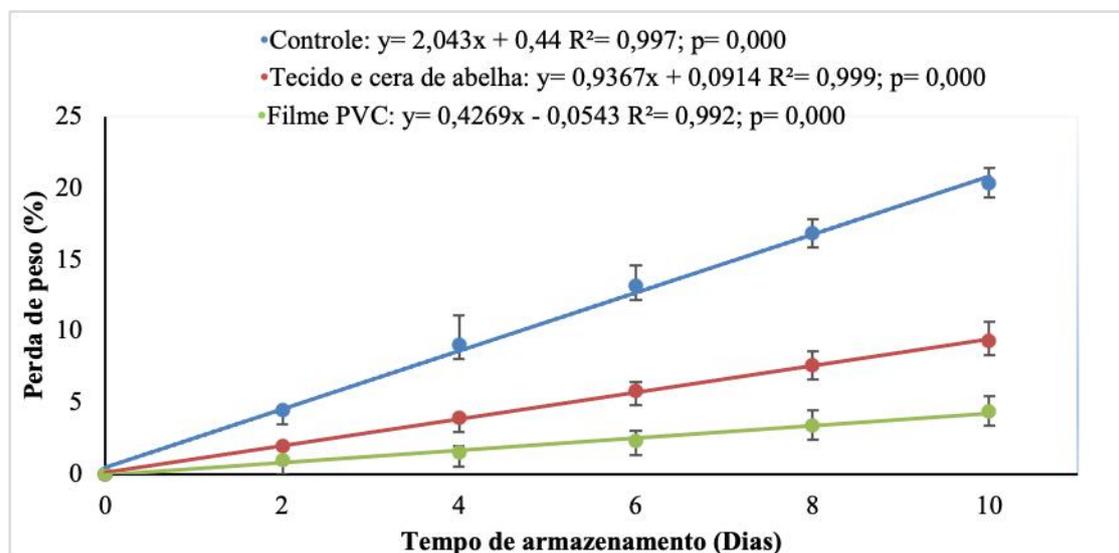
3. Resultados e Discussão

3.1 Avaliação do efeito dos tratamentos sobre a perda de massa, SST, pH e parâmetros de cor dos frutos

Na Figura 4 estão exibidas as equações lineares de perda de massa para cada tratamento. Adicionalmente, na Tabela 1 é apresentada a comparação das médias diárias de perda de massa entre os tratamentos.

Através das equações de regressões, verificou-se aumento progressivo da perda de massa dos frutos de todos os tratamentos ao longo dos 10 dias de armazenamento. Ao comparar a média da porcentagem de perda de massa, observou-se que, do quarto dia ao décimo dia de armazenamento, a perda de massa foi maior nos frutos armazenados sem proteção (tratamento controle; 20,35%), seguida pelos frutos revestidos com cera de abelha (9,33%) e, pelos frutos armazenados com o filme PVC (4,35%). Ao final do período de armazenamento, os frutos armazenados com o filme PVC perderam menos 5% de massa quando em comparação aos frutos armazenados com tecido revestido com cera de abelha.

Figura 4 - Regressões lineares entre a perda de peso e o tempo de armazenamento dos mamões submetidos aos tratamentos e o controle.



Fonte: Autores.

Tabela 1 - Comparação das médias de perda de massa, mensurada em porcentagem, dos frutos submetidos aos tratamentos ao longo de dez dias de armazenamento.

Tratamentos	Dias de armazenamento				
	2	4	6	8	10
Controle	4,48% ^A ± 2,03	9,08% ^A ± 1,46	13,1% ^A ± 0,93	16,88% ^A ± 1,03	20,35% ^A ± 1,26
Tecido e cera de abelha	1,95% ^B ± 0,22	3,92% ^B ± 0,61	5,8% ^B ± 0,94	7,64% ^B ± 1,37	9,33% ^B ± 1,56
Filme PVC	0,94% ^B ± 0,4	1,51% ^C ± 0,75	2,29% ^C ± 1,07	3,39% ^C ± 1,14	4,35% ^C ± 1,02

Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferença no tratamento de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Autores.

A maior eficiência do filme PVC na redução da perda de massa pode ser explicada por suas características de permeabilidade moderada a gases, que ajudam a manter uma atmosfera otimizada entre o fruto e o filme. Essa condição resulta em baixa concentração de oxigênio e alta concentração de gás carbônico, reduzindo a taxa de respiração dos frutos. A redução na respiração do fruto, também diminui a sua transpiração e consequentemente a perda de água, prolongando assim a vida útil dos frutos (Schwarz, 1994; Yang & Pratt, 1978; Tesser, 2009).

O tecido revestido com a cera de abelha é um material promissor na conservação durante o armazenamento eficiente dos frutos devido ao seu potencial hidrofóbico, apresentando uma baixa permeabilidade ao vapor de água, o que contribui para diminuir as trocas entre o ambiente interno e externo. Isso explica a sua eficiência em diminuir a perda de massa, comparativamente ao controle (Velickova et al., 2013; Vergara, et al., 2020; Xie et al., 2020).

Tendo como referencial 10% de perda de massa para tornar a fruta imprópria para o consumo (Júnior et al., 2007), os frutos do tratamento controle, estavam impróprios para o consumo no sexto dia de armazenamento, enquanto os demais tratamentos influenciaram na redução da perda de peso até o décimo dia de armazenamento, aumentando em torno de quatro dias de vida de prateleira dos frutos, contribuindo para reduzir o desperdício de alimentos.

A Tabela 2 apresenta os valores médios e o desvio padrão do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e pH dos três tratamentos, medidos no início e no final do armazenamento dos mamões cortados. Observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos tanto no início quanto no final do armazenamento, assim como não foram verificadas alterações para ambos os parâmetros avaliados no período de armazenamento.

Tabela 2 - Comparação das médias dos sólidos solúveis totais (SST) e pH dos frutos submetidos aos tratamentos no início e fim de dez dias de armazenamento.

Tratamentos	Sólidos solúveis totais (°Brix)		pH	
	Início (Dia 0)	Fim (Dia 10)	Início (Dia 0)	Fim (Dia 10)
Controle	4,5 ^{Aa} ± 0,24	4,8 ^{Aa} ± 0,6	5,3 ^{Aa} ± 0,27	5,5 ^{Aa} ± 0,29
Tecido e cera de abelha	4,3 ^{Aa} ± 0,58	4,8 ^{Aa} ± 0,58	5,4 ^{Aa} ± 0,14	5,4 ^{Aa} ± 0,42
Filme PVC	4,3 ^{Aa} ± 0,58	4,3 ^{Aa} ± 0,29	5,3 ^{Aa} ± 0,5	5,4 ^{Aa} ± 0,34

Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferença no tratamento e letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferença no tempo de armazenamento, de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Autores.

Os sólidos solúveis totais (SST) são indicativos do amadurecimento dos frutos; um aumento do conteúdo em SST sugere maior maturidade do fruto ao longo do tempo (Agustí, 2000). No entanto, esse aumento não foi observado nos frutos, independente de tratamento aplicado. Isso pode ser explicado pelo fato de os frutos terem sido mantidos sob refrigeração, que

tem a capacidade de retardar a atividade metabólica, reduzindo tanto a síntese quanto a degradação de polissacarídeos e carboidratos, o que resulta na ausência de aumento dos SST nos frutos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Normalmente, o mamão adequado para consumo apresenta pH entre 4,5 e 6,0 (Melo, 2018). Os dados da Tabela 2 indicam que os frutos dos três tratamentos mantiveram valores de pH dentro dessa faixa até o décimo dia de armazenamento. Ausência de alteração de pH também não foi observada no estudo de Shigematsu et al. (2018) que avaliaram o efeito de coberturas a base de cera de abelha sobre a conservação de uvas minimamente processadas.

Na Tabela 3 estão expostos os parâmetros de cor L*, a* e b* da polpa dos mamões submetidos aos três tratamentos avaliados. Verificou-se que os tratamentos não influenciaram os parâmetros de cor dos frutos após dez dias de armazenamento.

Tabela 2 - Comparação das médias dos parâmetros colorimétricos da polpa dos frutos submetidos aos tratamentos durante dez dias de armazenamento.

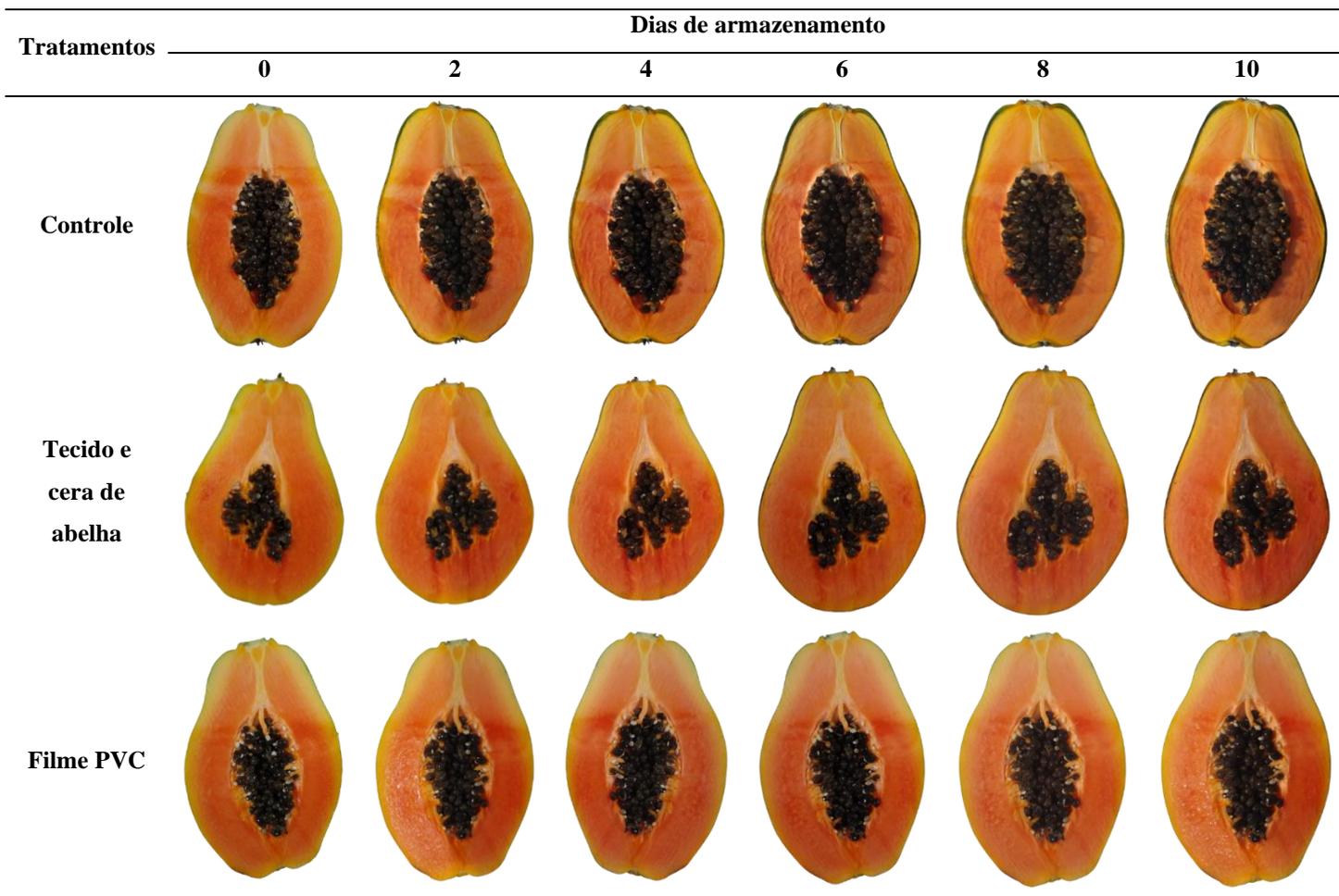
Dias	Controle	Tecido e cera de abelha	Filme PVC
L*			
Início (Dia 0)	40,4 ^{Aa} ± 4,96	39,1 ^{Aa} ± 1,43	40,5 ^{Aa} ± 4,90
Fim (Dia 10)	37,6 ^{Aa} ± 2,44	37,8 ^{Aa} ± 2,08	35,7 ^{Aa} ± 2,41
a*			
Início (Dia 0)	35,0 ^{Aa} ± 4,26	33 ^{Aa} ± 1,53	36,7 ^{Aa} ± 3,40
Fim (Dia 10)	34,7 ^{Aa} ± 4,51	33,7 ^{Aa} ± 2,87	36,1 ^{Aa} ± 1,35
b*			
Início (Dia 0)	42,7 ^{Aa} ± 1,46	42,6 ^{Aa} ± 1,60	42,5 ^{Aa} ± 1,34
Fim (Dia 10)	39,7 ^{Aa} ± 3,37	39 ^{Ab} ± 1,03	41 ^{Aa} ± 1,61

Letras maiúsculas distintas nas linhas indicam diferença no tratamento e letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença no tempo de armazenamento, de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Autores.

3.2 Avaliação do efeito dos tratamentos sobre o frescor e murchamento dos frutos

A aparência é um fator determinante na escolha do consumidor e, portanto, é um atributo importante na determinação da qualidade dos frutos. Neste estudo, a aparência foi avaliada por julgadores treinados que analisaram o murchamento e o frescor dos frutos através de fotografias. O Quadro 2 apresenta imagens que ilustram o efeito dos tratamentos sobre a aparência dos frutos.

Quadro 2 - Ilustrações dos mamões, de acordo com tratamento aplicado, durante dez dias de armazenamento sob refrigeração.



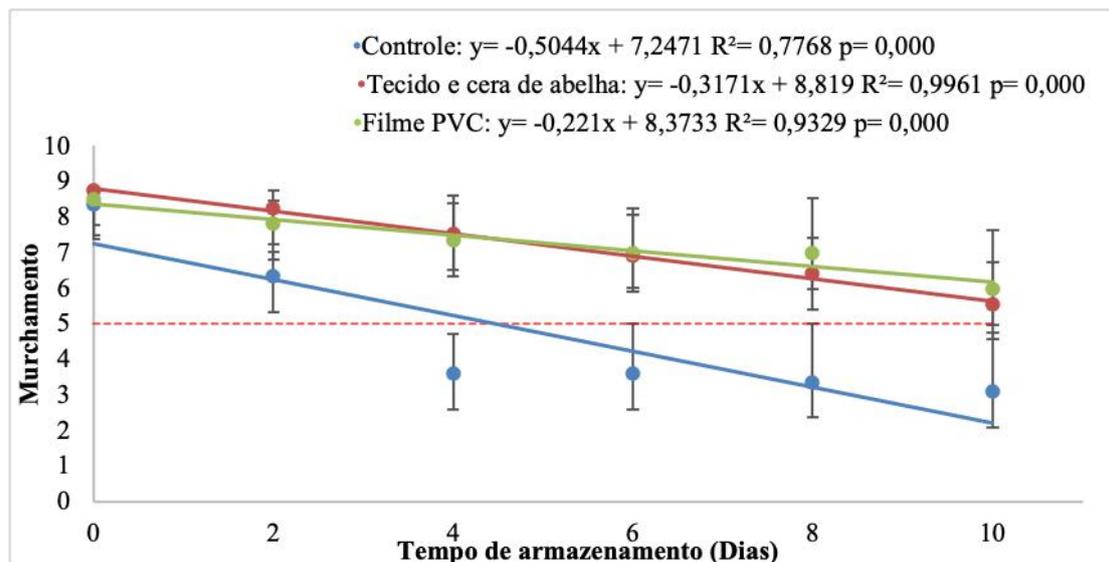
Fonte: Autores.

As notas dos julgadores para os atributos frescor e murchamento dos frutos submetidos aos tratamentos ao longo dos dez dias de armazenamento foram analisadas por meio de regressão linear e comparação de médias, conforme apresentado nas Figuras 5 e 6 e nas Tabelas 4 e 5. Adicionalmente, a Figura 7 apresenta as porcentagens de julgadores que consideraram os frutos aptos para o consumo em cada dia de armazenamento.

Todos os tratamentos influenciaram o murchamento dos frutos (Figura 5). As notas atribuídas pelos julgadores para esse atributo diminuíram ao longo do armazenamento. A partir do quarto dia, os frutos submetidos ao tratamento controle, receberam notas inferiores a 5,0, enquanto os frutos submetidos aos demais tratamentos receberam notas próximo de 5,0 apenas no décimo dia de armazenamento. O mesmo comportamento foi observado para o atributo frescor (Figura 6). Os frutos submetidos ao tratamento com tecido e cera de abelha, assim como o filme PVC, receberam notas iguais para os atributos de murchamento e frescor ao longo dos dez dias de armazenamento (Tabelas 4 e 5).

Com relação à aceitação dos frutos para o consumo, os frutos submetidos ao tratamento controle tiveram aceitação acima de 50% até o quarto dia, reduzindo para 36,7% no sexto dia e para 23,3% no décimo dia. Em contraste, os frutos que receberam os tratamentos com tecido e cera de abelha, e filme PVC, mantiveram uma aceitação igual ou superior a 76% até o oitavo dia de armazenamento, diminuindo para 50% no décimo dia. Isso sugere que o período de maior aceitação dos frutos armazenados com tecido e cera de abelha ou filme PVC é de dez dias, enquanto para os frutos que não receberam proteção, esse período é de quatro dias. Esses resultados corroboram os dados de perda de massa, que mostraram uma redução superior a 10% entre os dias quatro e seis, um parâmetro que, segundo Júnior *et al.* (2007), tornar a fruta imprópria para o consumo.

Figura 5 - Regressões lineares entre o murchamento dos mamões analisados visualmente por julgadores treinados e o tempo de armazenamento (dias) para os tratamentos e o controle.



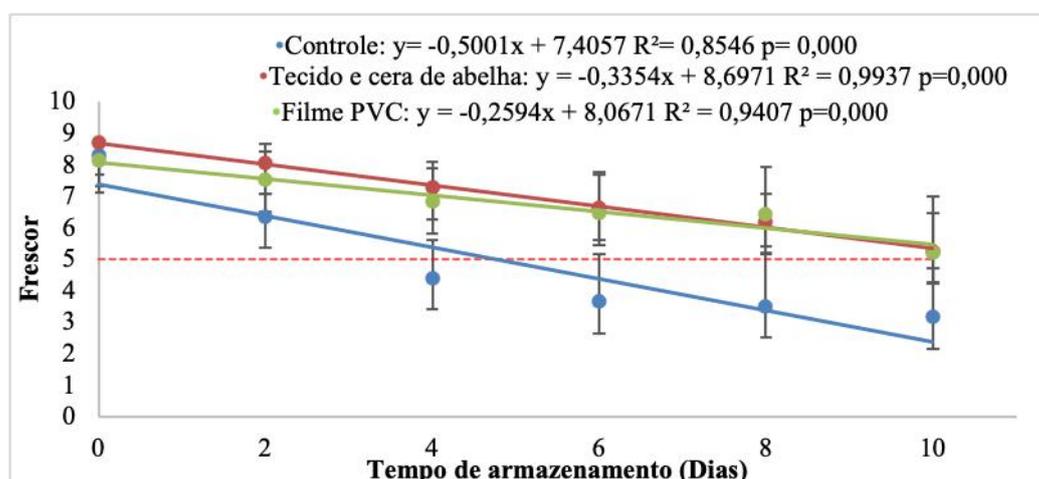
Fonte: Autores.

Tabela 3 - Comparação das médias das notas para o murchamento dos frutos submetidos aos diferentes ao longo de dez dias de armazenamento.

Tratamentos	Dias de armazenamento					
	0	2	4	6	8	10
Controle	8,4 ^A ± 0,71	6,3 ^A ± 1,13	4,3 ^A ± 1,39	3,6 ^A ± 1,66	3,4 ^A ± 1,68	3,1 ^A ± 1,65
Tecido e cera de abelha	8,6 ^A ± 0,5	8,2 ^B ± 1,08	7,5 ^B ± 1,17	6,9 ^B ± 1,03	6,4 ^B ± 1,19	5,6 ^B ± 1,05
Filme PVC	8,5 ^A ± 0,67	7,8 ^B ± 1,04	7,3 ^B ± 1,26	7,0 ^B ± 1,56	6,9 ^B ± 1,69	6,0 ^B ± 1,62

Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferença entre os tratamentos, de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Autores.

Figura 6 - Regressões lineares entre o frescor dos mamões analisados visualmente por julgadores treinados e o tempo de armazenamento (dias) para os tratamentos e o controle.



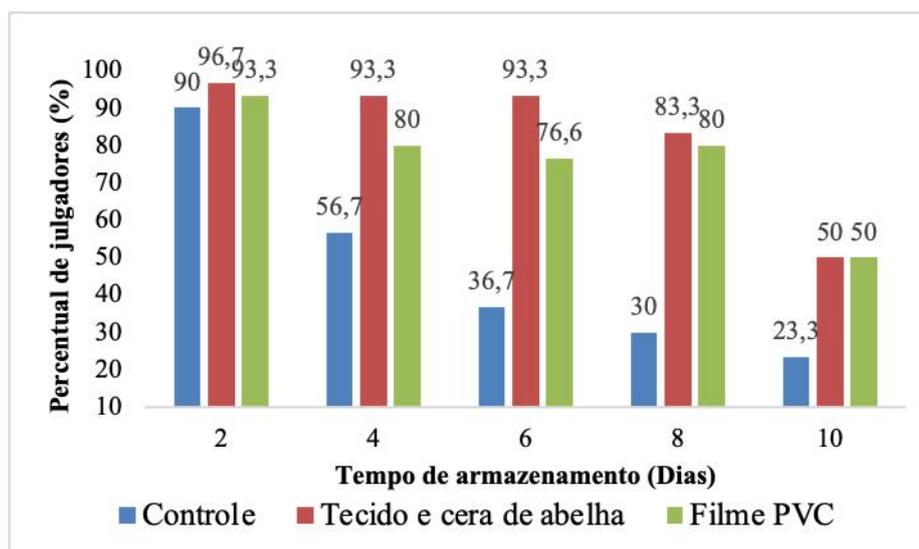
Fonte: Autores.

Tabela 4 - Comparação das médias das notas para o murchamento dos frutos submetidos aos diferentes ao longo de dez dias de armazenamento.

Tratamentos	Dias de armazenamento					
	0	2	4	6	8	10
Controle	8,3 ^A ± 0,71	6,4 ^A ± 1,19	4,4 ^A ± 1,51	3,7 ^A ± 1,7	3,5 ^A ± 1,56	3,2 ^A ± 1,6
Tecido e cera de abelha	8,7 ^A ± 0,37	8,1 ^B ± 0,83	7,3 ^B ± 1,14	6,6 ^B ± 0,9	6,2 ^B ± 1,2	5,3 ^B ± 1,23
Filme PVC	8,1 ^A ± 1,12	7,5 ^{A^B} ± 1,07	6,83 ^B ± 1,23	6,5 ^B ± 1,52	6,4 ^B ± 1,79	5,2 ^B ± 1,48

Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferença entre os tratamentos, de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Autores.

Figura 7 - Percentual de julgadores que consideraram os mamões aptos para consumo durante os dez dias de armazenamento.



Fonte: Autores.

4. Considerações Finais

O tecido revestido com cera de abelha foi menos eficiente em manter a umidade do mamão em comparação ao filme PVC durante o armazenamento a 10°C por um período de dez dias. No entanto, essa maior perda de massa não afetou a aceitação sensorial visual do fruto. Portanto, nas condições estudadas, o tecido revestido com cera de abelha pode ser utilizado para conservação de mamão cortado e substituir o filme PVC, contribuindo assim para a redução do uso de plástico no ambiente doméstico.

Trabalhos futuros podem incluir a avaliação da eficiência desse tecido na conservação de outras frutas e verduras, ampliando seu potencial de aplicação. Além disso, seria relevante investigar a vida útil do tecido revestido com cera de abelha, determinando o número de vezes que pode ser reutilizado ou refeito, garantindo sua viabilidade como uma alternativa sustentável ao filme PVC.

Conflito de Interesses

Os autores declaram que não há conflito de interesses.

Referências

- Agustí, M. (2000). Crecimiento y maduración del fruto. In J. Azcón-Bieto & M. Talón (Eds.), *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (pp. 419-433). Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.
- Alves, D. A., & Araújo, G. C. (2018). Percepção ambiental de discentes sobre o uso de sacolas plásticas. *DESENVOLVE: Revista de Gestão do Unilasalle*, 7(1), 55-68.
- Association of Official Analytical Chemists. (2005). *Official methods of analysis* (18th ed.). Washington, DC: AOAC.
- Barreto, A. R. M., Leite, R. H. L., Aroucha, E. M. M., Santos, F. K. G., & Oliveira, T. A. (2014). Efeito de coberturas a base de fécula de mandioca, lecitina de soja e cera de abelha na perda de massa e cor de tomates durante o amadurecimento. In *Congresso Brasileiro de Engenharia Química* (pp. 1-8). Florianópolis, SC.
- Camatari, F. O. S. (2013). *Impacto de Coberturas Comestíveis a Base de Fécula de Mandioca e Quitosana na Vida Pós-Colheita de Manga (Mangifera Indica)* (Master's thesis). Universidade Federal de Sergipe.
- Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (1990). *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: FAEPE, ESAL.
- Costa, A. F. S., & Balbino, J. M. S. (2002). Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In M. I. S. Folegatti & F. C. A. U. Matsuura (Eds.), *Mamão: Pós-colheita* (pp. 59). Brasília: EMBRAPA, Mandioca e Fruticultura.
- Damasio, M. H., & Costell, E. (1991). Analisis sensorial descriptivo: ceneracion de descriptores y seleccion de catadores. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 31(2), 165-178.
- Fernandes, P. L. O., Aroucha, E. M. M., Souza, P. A., Sousa, A. E. D. S., & Fernandes, P. L. O. (2010). Qualidade de mamão 'Formosa' produzido no RN e armazenado sob atmosfera passiva. *Revista Ciência Agrônômica*, 41(4), 599-604.
- Ferreira, V. L. P. (1981). *Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos* (Instruções Técnicas, 19). Campinas: ITAL.
- Fratini, F., et al. (2016). Beeswax: A minireview of its antimicrobial activity and its application in medicine. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 9(9), 839-843.
- Frutiséries. (2000). *Mamão* (7th ed., pp. 8). Brasília.
- Instituto Adolfo Lutz. (2005). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos* (4th ed.). Brasília: ANVISA.
- Júnior, J. R. S. (2021). *Embalagem Alimentar Elaborada com Tecido e Cera de Abelha: Efeito do Tecido e da Técnica de Aplicação da Cera* (Undergraduate thesis). Universidade Federal de Sergipe.
- Júnior, L. S., Fonseca, N., & Pereira, M. E. C. (2007). Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga 'Surpresa'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(1), 67-71.
- Luengo, R. F., & Lana, M. M. (1997). Processamento mínimo. *Comunicação técnico Embrapa*. Brasília: Embrapa Hortaliças.
- Maguire, K. M., et al. (2000). Harvest date, cultivar, orchard and tree effects on water vapor permanence in apples. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 125(1), 100-104.
- Mali, S., Grossmann, M. A. E., & Yamashita, F. (2010). Filmes de amido: Produção, propriedades e potencial de utilização. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(1), 137-156.
- Marin, S. L. D. (2004). *Mamão Papaya: produção, pós-colheita e mercado*. Fortaleza: Instituto Frutal.
- Martins, D. S., & Costa, A. F. S. (2003). A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória, ES, 389-401.
- Melo, M. C. (2018). *Parâmetros Físicos, Físico-Químicos e Reológicos do Mamão (Carica papaya L.) Armazenado em Diferentes Temperaturas* (Master's thesis). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
- Mendonça, V., et al. (2006). Crescimento de mudas de mamoeiro Formosa em substratos com utilização de composto orgânico superfosfato simples. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(5), 861-868.
- Navarro-Tarazaga, M. L., Massa, A., & Pérez-Gago, M. B. (2011). Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (cv. Angeleno). *Food Science and Technology*, 44, 2328-2334.
- Rocha, R. P. (2012). *Avaliação pós-colheita de mamão papaya cv. Golden tratado com Calda bordalesa e Óleo essencial de cravo (Syzygium aromaticum)* (Master's thesis). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Schwarz, A. (1994). Relative humidity in cool stores: measurement, control and influence of discreet factors. *Acta Horticulturae*, 2(368), 687-692.
- Sharmin, M., Islam, M., & Alim, M. (2015). Shelf-life enhancement of papaya with Aloe vera gel coating at ambient temperature. *Journal of Bangladesh Agricultural University*, 13, 131-136.
- Shigematsu, et al. (2018). Estudo da vida útil de uvas minimamente processadas com cobertura à base de cera de abelha e alginato de sódio. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 12(2), 2663-2682.
- Simão, S. (1998). *Tratado de fruticultura*. Piracicaba: FEALQ.

- Sousa, R. F., et al. (2000). Armazenamento de ciriguela (*Spondia purpurea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 22(3), 334-338.
- Stone, H., & Sidel, J. L. (1993). *Sensory Evaluation Practices* (2nd ed.). London: Elsevier Academic Press.
- Tesser, E. S. (2009). *O uso de diferentes tipos de embalagem na conservação de carne bovina* (Undergraduate thesis). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Velickova, E., et al. (2013). Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 52, 80-92.
- Vergara, L. D. P., et al. (2020). Development and characterization of edible films based on native cassava starch, beeswax, and propolis. *NFS Journal*.
- Xie, B., et al. (2020). Edible coating based on beeswax-in-water Pickering emulsion stabilized by cellulose nanofibrils and carboxymethyl chitosan. *Food Chemistry*, 33.
- Yam, K. L., & Papadakis, S. E. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, 61, 137-142.
- Yamashita, F., et al. (2006). Morangos embalados com filme de Policloreto de Vinila (PVC). *Semina: Ciências Agrárias*, 27(3), 429-436.
- Yang, S. F., & Pratt, H. K. (1978). The physiology of ethylene in wounded plant tissue. In G. Kahl (Ed.), *Biochemistry of wounded plant tissues* (pp. 596-622). Berlin: Walter de Gruyter.