



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

**USO DE REVESTIMENTOS A BASE DE GELATINA E
QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO DO MAMÃO PAPAYA (*Carica
papaya* L.)**

Kátia Gomes da Silva

Bacharel em Engenharia de Alimentos

Bananeiras, PB

Agosto/2021



UFPB

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

**USO DE REVESTIMENTOS A BASE DE GELATINA E
QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO DO MAMÃO PAPAYA (*Carica
papaya* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar, do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Campus III da UFPB, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia Agroalimentar.

Discente: Kátia Gomes da Silva

Comitê de orientação

Prof. Dr. Emmanuel Moreira Pereira

Prof. Dr. Laesio Pereira Martins

Prof. Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa

Bananeiras, PB

Agosto/2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586u Silva, Kátia Gomes da.

 Usos de revestimentos a base de gelatina e quitosana na
 conservação do mamão papaya (*Carica papaya* L.) / Kátia
 Gomes da Silva. - Bananeiras, 2021.

 124 f. : il.

 Orientação: Dr Ermanuel Moreira Pereira.

 Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA-BANANEIRA.

 1. Blend. 2. Camada sob camada. 3. Revestimentos
 biodegradáveis. 4. Pós-colheita. I. Pereira, Dr
 Ermanuel Moreira. II. Título.

UFPB/CCHSA-BANANEIRAS

CDU 63

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PARECER DA DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: Uso de revestimentos a base de gelatina e quitosana na conservação do mamão papaya (*carica papaya L.*)

AUTOR: Kátia Gomes da Silva

ORIENTADOR: Emmanuel Moreira Pereira

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADA

EXAMINADORES:

Emmanuel Moreira Pereira

Prof. Dr. Emmanuel Moreira Pereira
Orientador
Universidade Federal da Paraíba/UFPB

Solange de Sousa

Profa. Dra. Solange de Sousa
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba/UFPB

Documento assinado digitalmente



Ben Hur Mattiuz
Data: 30/08/2021 18:27:56-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz
Examinador
Universidade Estadual Paulista/UNESP

Bananeiras, 30 de agosto de 2021

INFORMAÇÕES CURRICULARES DA AUTORA

Eu, Kátia Gomes da Silva, brasileira, solteira, portadora do RG: 002.827- 438 SSP/RN, natural da cidade de Caraúbas-RN e nascida em 08 de maio de 1991 possui grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos pelo Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal-PB. Durante a graduação, participei do grupo de pesquisa Ciência, Tecnologia e Engenharia de Alimentos, onde o mesmo produziu muito na parte pós-colheita, tivemos artigos publicados, resumos, capítulo de livro, trabalho completo e etc. Durante a pós-graduação, desenvolvi trabalhos na área de pós-colheita, realizei estágio supervisionado na sala de aula com as turmas de pós-colheita e estatística. Ademais, pretendo seguir na carreira acadêmica, para continuar aprendendo e transmitindo conhecimentos.

*“Todas as vitórias ocultam uma
abdicação”*

(Simone de Beauvoir)

*À Deus, por tudo
que faz em minha vida, aos meus
pais Ana e José da Silva, a minha
irmã Katiane Gomes, a minha tia
Lilian e a minha companheira
Laura por serem meu alicerce.
Com amor,*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida. Agradeço por estar comigo sempre e por ter me dado tanta força para seguir em frente; obrigado Deus por todas as etapas e obstáculos vencidos. Ao senhor, toda honra e toda glória.

À toda minha família, especialmente meus pais Ana e José da Silva, a minha irmã Katiane, a minha tia Lilian, a minha companheira Laura, as minhas avós que hoje não estão mais presentes, obrigado por todo amor, por tudo que representam e fazem por mim. Vocês são fundamentais na minha jornada e na minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Emmanuel Moreira Pereira por todo apoio, orientação, paciência e principalmente por ter acreditado em meu trabalho.

Aos meus coorientadores, Prof. Dr. Laesio Pereira Martins, Prof. Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa, por me ajudarem com a pesquisa.

A todo corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar, pelo profissionalismo em que transmitiram valiosos conhecimentos que contribuíram para a minha formação.

Aos coordenadores do PPGTA, Prof. Dr. Leonardo Augusto e Profa. Dra. Solange Sousa ao secretário Girleno Viana, por todas as orientações quando precisei.

Aos meus amigos Marciana, João Vitor, Fernando, Rerisson, Edilayne, Monique, Oziel, Josefa e Poliana, que me ajudaram nessa etapa da minha vida.

A todos os técnicos dos laboratórios da UFPB/Campus III, pelo profissionalismo em que me instruíram na realização das minhas análises.

Ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA) por ter proporcionado realizar análises para a referente pesquisa.

À Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade que me proporcionou cursar a pós-graduação.

À CAPES pela concessão do auxílio financeiro, responsável pela realização desta pesquisa e pela minha manutenção na cidade de Solânea-PB durante estes anos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Aspectos gerais do mamão.....	17
2.2 Processamento mínimo	18
2.3 Recobrimentos comestíveis	19
2.4 Gelatina	21
2.5 Quitosana	22
2.6 Blend.....	23
2.7 Layer-by-layer.....	25
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
CAPÍTULO 2 – USO DE REVESTIMENTOS Á BASE DE GELATINA E QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO DO MAMÃO PAPAYA (<i>Carica papaya L.</i>) A TEMPERATURA AMBIENTE	
RESUMO.....	38
ABSTRACT	39
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
2.1 Origem dos frutos	41
2.2 Recobrimentos.....	42
2.3 Tratamentos.....	42
2.4 Caracterização dos revestimentos.....	44
2.5 Avaliações físico-químicas.....	44

	ii
2.6 Delineamento experimental.....	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4. CONCLUSÃO.....	69
5. REFERÊNCIAS.....	70
6. APÊNDICE.....	79

CAPÍTULO 3 – USO DE REVESTIMENTOS A BASE DE GELATINA E QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO DO MAMÃO PAPAYA (*Carica papaya L.*) MINIMAMENTE PROCESSADO

RESUMO.....	82
ABSTRACT	83
1. INTRODUÇÃO.....	84
2. MATERIAL E MÉTODOS	86
2.1 Origem dos frutos.	86
2.2 Recobrimentos.....	87
2.3 Tratamentos.....	88
2.4 Caracterização dos revestimentos Avaliações físicas-químicas.....	89
2.5 Avaliações físicas-químicas.....	89
2.6 Delineamento Experimental.....	92
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	92
4. CONCLUSÃO.....	110
5. REFERÊNCIAS.....	111
6. APÊNDICE.....	121

USO DE REVESTIMENTOS A BASE DE GELATINA E QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO DO MAMÃO PAPAYA (*Carica papaya L.*)

RESUMO GERAL – Após a colheita, o mamão apresenta alta taxa respiratória e rápido amadurecimento, com perda da coloração verde e amolecimento dos tecidos. Na presente pesquisa objetivou-se avaliar a conservação de mamões papaya à temperatura ambiente e minimamente processado, pelo uso de revestimentos a base de quitosana e gelatina. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita, do CCHSA/UFPB. Os frutos foram selecionados, lavados e sanitizados, logo após foram submetidos aos seguintes tratamentos: controle (água destilada), quitosana 1%, gelatina 4%, quitosana 1% + gelatina 4% (*BLEND*) e quitosana 1% sob gelatina 4% (camada-sob-camada). Em seguida foram secos naturalmente e armazenados por 10 dias a temperatura ambiente de $26 \pm 0,3$ °C e umidade relativa de $67 \pm 6\%$. Foram avaliados a espectroscopia de infravermelho FTIR dos revestimentos, a perda de massa fresca, firmeza, cor da casca (L^* , a^* , b^* e ângulo Hue), pH, acidez titulável, sólidos solúveis (SS), ácido ascórbico, licopeno, β -caroteno, compostos fenólicos, açúcares totais, a enzima catalase e os teores de macro e micro minerais. O segundo experimento consistiu em submeter os mamões minimamente processados às mesmas condições descritas anteriormente, porém armazenados sob refrigeração a $5,0 \pm 1$ °C e UR de $80 \pm 5\%$. Os revestimentos a base de quitosana + gelatina (*BLEND*), quitosana sob gelatina (camada-sob-camada) e gelatina, promoveram a manutenção da qualidade do mamão papaya armazenado em temperatura ambiente durante dez dias. Os revestimentos conseguiram reduzir a perda de massa, mantiveram a firmeza, a cor verde dos frutos, apresentaram menores conteúdos de SS, mostrando que também retardaram o amadurecimento, apresentaram menores conteúdos de polifenóis, menores variações na acidez e ácido ascórbico, manutenção nos teores de licopeno e β -caroteno e maior atividade da catalase ao longo dos dias. O tratamento *BLEND* foi o que apresentou os melhores resultados na manutenção da qualidade dos frutos. Assim, a utilização dos polímeros gelatina e quitosana é uma alternativa viável na conservação de mamões papaya a temperatura ambiente. Os revestimentos a base de gelatina e quitosana sob gelatina camada-sob-camada tiveram efeito positivo na conservação de mamão papaya minimamente processado, conseguindo retardar a maturação desses frutos. Os revestimentos conseguiram reduzir a perda de massa fresca, mantiveram a firmeza e a coloração alaranjada da polpa dos frutos. Apresentaram baixos conteúdos de SS durante o período de conservação, menores variações na acidez, influenciando no amadurecimento. O tratamento com gelatina apresentou baixos conteúdos de polifenóis, A camada sob camada não apresentou variações nos teores de ácido ascórbico. Os tratamentos não tiveram variações nos teores de licopeno e β -caroteno ao longo dos dias, apresentaram pequenos aumentos nos açúcares totais. Assim, a utilização dos polímeros gelatina e o tratamento quitosana sob gelatina é uma alternativa viável na conservação de mamões papaya minimamente processados.

Palavras-chave: *BLEND*, Camada-sob-camada, Revestimentos biodegradáveis, Pós-colheita.

USE OF COATINGS BASED ON GELATIN AND CHITOSAN IN THE CONSERVATION OF PAPAYA PAPAYA (*carica papaya* L.)

GENERAL ABSTRACT - After harvesting, papaya has a high respiratory rate and rapid ripening, with loss of green color and tissue softening. This research aimed to evaluate the conservation of papaya papaya at room temperature and minimally processed, using chitosan and gelatin-based coatings. The experiments were carried out at the Postharvest Physiology Laboratory, CCHSA/UFPB. The fruits were selected, washed and sanitized, soon after they were subjected to the following treatments: control (distilled water), 1% chitosan, 4% gelatin, 1% chitosan + 4% gelatin (BLEND) and 1% chitosan under 4% gelatin (layer-under-layer). Then they were naturally dried and stored for 10 days at room temperature of 26 ± 0.3 °C and relative humidity of $67\pm 6\%$. The FTIR infrared spectroscopy of the coatings, the loss of fresh weight, firmness, skin color (L^* , a^* , b^* and Hue angle), pH, titratable acidity, soluble solids (SS), ascorbic acid, lycopene were evaluated. , β -carotene, phenolic compounds, total sugars, catalase enzyme and macro and micro mineral contents. The second experiment consisted of submitting the minimally processed papayas to the same conditions described above, but stored under refrigeration at 5.0 ± 1 °C and $80\pm 5\%$ RH. The coatings based on chitosan + gelatin (BLEND), chitosan under gelatin (layer-under-layer) and gelatin, promoted the maintenance of the quality of papaya stored at room temperature for ten days. The coatings were able to reduce mass loss, maintained firmness, the green color of the fruits, had lower SS contents, showing that they also delayed ripening, had lower polyphenol contents, lower variations in acidity and ascorbic acid, maintenance in the levels of lycopene and β -carotene and increased catalase activity throughout the days. The BLEND treatment showed the best results in maintaining fruit quality. Thus, the use of gelatine and chitosan polymers is a viable alternative for preserving papayas at room temperature. Gelatin and chitosan based coatings under layer-by-layer gelatin had a positive effect on the conservation of freshly processed papaya, delaying the maturation of these fruits. The coatings were able to reduce the loss of fresh weight, maintaining the firmness and orange color of the fruit pulp. They presented low SS contents during the conservation period, smaller variations in acidity, influencing ripening. The treatment with gelatin showed low contents of polyphenols. The layer under layer did not show variations in the contents of ascorbic acid. The treatments did not vary in lycopene and β -carotene content over the days, showing small increases in total sugars. Thus, the use of gelatin polymers and the treatment of chitosan under gelatin is a viable alternative for the conservation of minimally processed papayas.

Keywords: *BLEND*, Layer-by-layer, Biodegradable coatings, Post-harvest.

LISTA DE TABELAS

Capítulo I – Considerações Gerais

Tabela 1. Revestimentos comestíveis aplicados em vegetais.....	21
Tabela 2. Revestimentos a base de gelatina aplicados em vegetais.....	22

LISTA DE TABELAS

Capítulo II – Uso de revestimentos a base de gelatina e quitosana na conservação do mamão papaya (*Carica papaya L.*) a temperatura ambiente

Tabela 1. Valores médios de micro e macrominerais.....	69
--	----

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II – Uso de revestimentos a base de gelatina e quitosana na conservação do mamão papaya (*Carica papaya L.*) a temperatura ambiente

Figura 1. Localização do município de Mossoró–RN.....	42
Figura 2. Esquema dos tratamentos	43
Figura 3. Espectros de FTIR dos revestimentos	48
Figura 4. Micrografias dos recobrimentos de gelatina e quitosana.....	49
Figura 5. Efeitos dos recobrimentos na perda de massa e firmeza.....	52
Figura 6. Efeitos dos recobrimentos na L*, a*, b* e Hue.....	56
Figura 7. Efeitos dos recobrimentos nos mamões papaya.....	57
Figura 8. Efeitos dos recobrimentos no pH, sólidos solúveis e acidez titulável.....	60
Figura 9. Efeitos dos recobrimentos no ácido ascórbico e compostos fenólicos.....	63

Figura 10. Efeitos dos recobrimentos nos teores.....	65
Figura 11. Efeitos dos recobrimentos nos teores de açúcares totais.....	67
Figura 12. Efeitos dos recobrimentos na enzima catalase.....	68

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III – Uso de revestimentos a base de gelatina e quitosana na conservação do mamão papaya (*Carica papaya L.*) minimamente processado

Tabela 1. Valores médios de micro e macrominerais.....	110
--	-----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO III – Uso de revestimentos a base de gelatina e quitosana na conservação do mamão papaya (*Carica papaya L.*) minimamente processado

Figura 1. Localização do município de Mossoró–RN.....	86
Figura 2. Fluxograma do processamento mínimo.....	87
Figura 3. Esquema dos tratamentos.....	88
Figura 4. Espectros de FTIR dos revestimentos.....	93
Figura 5. Efeitos dos recobrimentos na perda de massa e firmeza.....	96
Figura 6. Efeitos dos recobrimentos na L*, a*, b* e Hue.....	99
Figura 7. Efeitos dos recobrimentos nos mamões papaya.....	100
Figura 8. Efeitos dos recobrimentos no pH, sólidos solúveis e acidez titulável.....	102

Figura 9. Efeitos dos recobrimentos no ácido ascórbico e compostos fenólicos.....	105
Figura 10. Efeitos dos recobrimentos nos teores.....	107
Figura 11. Efeitos dos recobrimentos nos teores de açúcares totais.....	108
Figura 12. Efeitos dos recobrimentos na enzima catalase.....	109

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

O mamão é uma fruta popular no Brasil, é bastante saborosa e é atualmente uma das mais importantes culturas tropicais e subtropicais cultivadas no mundo (Aktaruzzaman et al., 2018).

O Brasil é grande produtor de mamão, é o segundo produtor mundial da fruta, com 1.488.240 toneladas produzidas em 2018, estando entre os principais países exportadores, principalmente para o mercado europeu (Food and Agriculture Organization - FAO, 2018). Os maiores produtores nacionais são os estados do Espírito Santo (403.278 mil toneladas), Bahia (390.075 mil toneladas), Ceará (118.717 mil toneladas), Rio Grande do Norte (78.858 mil toneladas), Minas Gerais (51.613 mil toneladas) e Paraíba (22.677 mil toneladas) (IBGE, 2019).

O mamão apresenta em sua composição vários nutrientes importantes para o consumo, como vitaminas A e C (Barros et al., 2018) e minerais (cálcio, fósforo, ferro e potássio) (Hewajulige e Dhekney, 2016). A sua polpa apresenta aproximadamente 85% de água e 13% de açúcares, com destaque para a glicose, frutose e sacarose (Mendy et al., 2019). Seu consumo ocorre *in natura*, na forma de doce, vitamina, suco (Neves, 2007) e minimamente processado (Cortez-vega et al., 2014).

Por ser um fruto climatérico, o mamão apresenta várias transformações devido à aceleração de seu metabolismo, ocasionando alterações em características como sabor, aroma, cor e textura (Reis, 2014). Quando consumido de forma *in natura*, o mamão tem por meio da refrigeração, seu meio principal de conservação. E se o fruto for minimamente processado, apresenta em média 2 dias úteis (Cortez-vega et al., 2014).

Uma alternativa para aumentar a vida útil dos frutos climatéricos *in natura* e minimamente processado é o uso de revestimentos comestíveis e/ou biodegradáveis (Ciolacu et al., 2014). Esses revestimentos têm sido alternativas para a proteção de

alimentos, sendo interessante para o mercado, uma vez que são provenientes de fontes renováveis, em sua grande maioria são biodegradáveis e muitas vezes comestíveis, diminuindo assim o impacto ambiental gerado pelas embalagens convencionais (Fakhouri et al., 2015), sendo uma boa alternativa as embalagens sintéticas, além de serem economicamente viáveis (Nair et al., 2018).

Os revestimentos comestíveis criam uma barreira sobre o fruto, evitando as trocas de umidade, gases e solutos com meio externo (Lima et al., 2018; Zhao, 2019). Os revestimentos podem ser de polissacarídeos, proteínas ou lipídeos (Atarés e Chiralt, 2016).

A gelatina e a quitosana são exemplos de biopolímeros que estão sendo utilizados para aumentar a vida útil dos frutos. A gelatina é uma proteína de origem animal, proveniente do colágeno de peles e ossos bovinos (Bordignon, 2010) e a quitosana é um polissacarídeo obtido da desacetilação da quitina (Freire et al., 2018), ambas apresentam baixo custo e boa formação de gel.

Aliada ao uso de revestimentos, técnicas vêm sendo utilizadas com intuito de formar revestimentos de acordo com a necessidade do processo, uma delas é a técnica layer-by-layer. Essa técnica utiliza materiais de cargas opostas, e envolve uma deposição camada sobre camada, facilitando assim o processo de adesão do revestimento no fruto (Hammond, 2012), podendo ser aplicada através de imersão, spray, eletrodeposição, montagem magnética, filtração, microfluídas e leitos fluidizados, centrifugação e imobilização (Richardson et al., 2015).

Outra técnica utilizada para aumentar a qualidade dos revestimentos, é a formação de *BLENDS*. Essa técnica utiliza a mistura de dois ou mais polímeros (De Paoli, 2008), que obtém materiais que em geral, não são encontrados em um único material (Araújo et al., 2003). Esses materiais são preparados para aumentar a resistência à tração, ao impacto e a redução da solubilidade (Khan et al., 2018), produzindo assim revestimentos com melhores características de adesão à superfície dos frutos.

Neste sentido, o trabalho objetivou-se avaliar o efeito dos revestimentos a base de gelatina e quitosana na conservação do mamão papaya.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais do mamão

O mamão (*Carica papaya* L.) é um fruto que pertence à família *Caricaceae* (Aktaruzzaman et al., 2018), sua polpa tem cor amarela ou róseo-avermelhado, e possui cavidade central grande que apresenta várias sementes (Trevisan, 2012). É originário da América Tropical (Galo et al., 2014), e está distribuído em todo o mundo.

O Brasil é grande produtor de mamão, atualmente é o segundo maior produtor mundial com uma produção de 1.488.240 toneladas/ano, estando entre os principais países exportadores, principalmente para o mercado europeu (Food and Agriculture Organization - FAO 2018). Seu cultivo é realizado em quase todo o território, sendo os estados do Espírito Santo, Bahia e Ceará, responsáveis por 75% da produção nacional (IBGE, 2018).

As cultivares mais exploradas no território nacional são a Solo e Formosa, que foram inseridas na região Nordeste e Sudeste em 1976, acarretando o crescimento econômico da cultura do mamoeiro (Souza et al., 2012). A variedade Solo, comumente conhecida como papaya, é comercializada nos mercados externo e interno, e a Formosa apenas no mercado interno (Dantas e Neto, 2000). Os mamões do grupo solo apresentam preferência no mercado internacional, devido produzirem frutos com polpa avermelhada, de tamanho pequeno e com peso variando de 300 a 650 g (Embrapa, 2009).

O mamão é uma cultura importante para o cenário nacional, que garante importante papel na parte econômica e social, com geração de emprego e renda (Galo et al., 2014). Tem polpa delicada e saborosa, apresenta boas características sensoriais, químicas e digestivas, o que o define como um alimento saudável, sendo consumido na maioria das vezes de forma *in natura* (Ruggiero et al., 2011), e também minimamente processado (Cortez-vega et al., 2014).

No geral, é uma fruta rica em vários nutrientes importantíssimos para o consumo, como vitamina C, carotenoides, polifenóis (Braga et al., 2019; Reis et al., 2015) e minerais (cálcio, fósforo, ferro e potássio). Apresenta também em sua composição 90 % de água, 8,3 % de carboidratos, 0,6 % de fibras, 0,5 % de proteínas, 0,3 % de extrato gorduroso, 0,51 % de cinzas e 13 % de ácido cítrico (Trevisan, 2012).

O mamão é classificado como um fruto climatérico, com alta produção de etileno, e alta taxa respiratória (Pan et al., 2017), o que causa rápidas transformações fisiológicas e bioquímicas (Maringgal et al., 2020). Devido ser um fruto climatérico, o mamão apresenta perdas de cerca de 30% no período pós-colheita, ocasionada pela o aumento da taxa respiratória desse fruto (Galo et al., 2014), o que acarreta em mudanças no sabor, aroma, cor, textura (Reis, 2014), na firmeza, nas quantidades de açúcares (Martins, 2012) e na perda de massa que ocorre devido à transpiração (Spagnol et al., 2018).

Sendo assim, torna-se necessário o uso de tecnologias que permitam o prolongamento de sua vida útil, sem que aconteça perda desses atributos.

2.2 Processamento mínimo

A comercialização de vegetais minimamente processados teve início no Brasil na década de 1990, sendo um setor atual no país, onde vem crescendo e firmando-se no mercado nacional (Silva et al., 2016). O aumento no consumo desses vegetais tem a ver com a facilidade de preparo, o menor espaço para armazenamento, porções menores para o consumo e diminuição do desperdício (Kluge et al., 2014). Em supermercados, esses produtos já estão disponíveis nas prateleiras, disputando mercado com os vegetais *in natura* (Spoto e Miguel, 2010), devido principalmente as características de produtos frescos e menor tempo de preparo (Putnik et al., 2017).

O valor agregado desses produtos melhora a competitividade do setor de horticultura, proporcionando novos canais de comercialização, o que acarreta em um impacto econômico e social, atuando principalmente na geração de empregos, tanto direto como indireto (Silva et al., 2011).

Produtos minimamente processados estão relacionados com uma série de processos, que vão desde a seleção, classificação, pré-lavagem, descascamento, corte, fatiamento, sanitização, enxágue, centrifugação e embalagem, visando um produto pronto para o consumo e que ao mesmo tempo mantenham as características do produto fresco (Oliveira e Santos, 2015), sendo indispensável o uso de matérias-primas de qualidade, e cuidado em todas as etapas do processo (Fellows, 2017). Esses processos agregam valor aos produtos vegetais, contudo, causam danos mecânicos aos tecidos, modificando suas características fisiológicas, com isso os

vegetais tornam-se mais perecíveis quando comparado com frutos intactos (Lucera et al., 2010).

De acordo com Cortez-Vega et al. (2014), o mamão minimamente processado é bem aceito pelos consumidores, porém, a vida útil desse fruto quando submetido ao processamento mínimo dura em média 2 dias, devido sua alta perecibilidade, o que ocasiona amolecimento de sua polpa e odores desagradáveis (Chien et al., 2013).

Em virtude dessas condições, várias pesquisas de métodos alternativos que possibilitem a segurança e aumento da vida útil desses vegetais vem sendo estudadas (Patrignani et al., 2015). Cortez-vega et al. (2013) estudaram a conservação de mamão minimamente processado com uso de revestimentos comestíveis á base de goma xantana. Almino e Santos (2020) estudaram o efeito de aplicações de revestimentos comestíveis em frutas e hortaliças minimamente processadas.

2.3 Revestimentos comestíveis

Nos últimos anos, tem-se aumentado significativamente a busca por alternativas para conservar os alimentos por meio de fontes renováveis, isso devido as características de biodegradabilidade dos materiais e por serem ou não comestíveis (Fakhouri et al., 2015).

A aplicação de filmes ou revestimentos, comestíveis ou não, em alimentos são tecnologias que vêm auxiliando em sua conservação. Os revestimentos comestíveis são definidos como sendo uma fina camada de material feita de biopolímeros naturais, que são aplicadas diretamente sobre a superfície dos alimentos (Fernández et al., 2017).

Os revestimentos comestíveis são compostos por duas partes: na primeira temos um agente que forma a película e que proporciona as propriedades mecânicas, e na segunda parte temos um material hidrofóbico, geralmente gordura, que assegura a propriedade de barreira à água (Debeaufort et al., 1994), podendo ser classificados como: revestimentos e filmes comestíveis. A diferença entre essas duas tecnologias é que os revestimentos são aplicados na maioria das vezes por imersão do produto e os filmes são modelados para serem aplicados como um invólucro sobre o alimento (Falguera et al., 2011).

Nas frutas e hortaliças essa prática vêm sendo cada vez mais utilizada, sendo

muito eficaz na conservação pós-colheita dos vegetais (Yan et al., 2019), principalmente porque os vegetais apresentam vida útil curta. Frutos e vegetais continuam o processo de respiração após a colheita, tal processo quando não controlado causará alterações físico-químicas, como a perda de água e deterioração da textura (Arnon-rips e Poverenov, 2018). Nos frutos, os revestimentos formam uma película, que modifica a sua atmosfera, reduzindo assim a taxa respiratória, e retardando a senescência (Mannozi et al., 2017).

Os revestimentos comestíveis apresentam mais vantagens do que os materiais sintéticos, isso porque são mais baratos, são atóxicos (Zhao, 2019) e não causam danos ao meio ambiente. São vários os materiais que podem ser utilizados como revestimentos comestíveis, como polissacarídeos, proteínas, lipídeos, e a escolha do material dependerá da finalidade do processo (Assis e Brito, 2014). Esses materiais podem ser utilizados como ingredientes funcionais, como agentes antimicrobianos, compostos antioxidantes, compostos nutraceuticos e compostos aromáticos (Moradi et al., 2012). Para manter as características de comestíveis, todos os componentes utilizados para o revestimento devem ser não tóxicos, os vegetais devem ser sanitizados e todas as áreas de processamento devem estar de acordo com os padrões de higiene (Zhao et al., 2019).

Os revestimentos devem apresentar propriedades mecânicas que garantam a integridade do produto, mesmo em condições adversas de transporte e armazenamento (Cazón et al., 2017), podendo ser feitos através de imersão, que é a técnica mais utilizada (Assis e Brito, 2014), ou através do uso de *spray* (Andrade et al., 2012).

Nos últimos anos, vários trabalhos utilizando revestimentos comestíveis em frutos e vegetais têm sido mostrados, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Revestimentos comestíveis aplicados em vegetais

Materiais utilizados	vegetais	Referências
Amido de milho e Álcool povinílico	Mamão	Pigozzi et al., 2021
Quitosana e Carboximetilcelulose	Morangos	Yan et al., 2019
Alginato de Sódio e pectina	Mirtilo	Mannozi et al., 2017
Amido da Semente	Manga	Nawab et al., 2017
Gelatina e Quitosana	Melões	Poverenov et al., 2014

2.4 Gelatina

Dentre as fontes renováveis que estão sendo utilizadas como revestimentos biodegradáveis e/ou comestíveis, encontra-se a gelatina, que é uma proteína de origem animal, proveniente do colágeno de peles e ossos bovinos.

A gelatina é um polímero que é composto por diferentes tipos de aminoácidos (Poverenov et al., 2014a), com destaque para a glicina, prolina e hidroxiprolina o que afeta as suas propriedades gelatinosas (Jamróz et al., 2019). Essa proteína apresenta excelentes propriedades para formação de filmes, sendo ótima barreira externa, evitando muito bem as trocas com o meio (Wang et al., 2019), apresentando carga negativa acima do seu ponto isoelétrico (Roy et al., 2017; Qiao et al. 2017). E sua obtenção vai depender do pré-tratamento que será submetida, ao qual pode ser ácida ou alcalina (Zhang et al, 2005).

No Brasil, a gelatina é muito produzida, tem baixo custo e apresenta características bem apropriadas para a elaboração de revestimentos, apresenta baixa toxicidade, é biodegradável, é ambientalmente correta e possui alta solubilidade em água (Guerrero et al., 2011; Lucena et al., 2017; Wang et al., 2019). A gelatina apresenta potencial em várias áreas, como em aplicações biomédicas, ambientes fisiológicos, adesivos e aplicações farmacêuticas (Avérous e Pollet, 2012).

O uso de gelatina como revestimento em alimentos pode ser aplicado para prolongar a vida útil de frutas e hortaliças, pois a mesma evita a transferência de umidade, oxigênio, sabor e aroma, contribuindo assim para que permaneça a composição original dos alimentos (Tongdeesoon-torn e Rawdkuen, 2019). Pode ser utilizada também como condutor de ingredientes naturais com funções de atividade antioxidante e/ou antimicrobiana, com intuito de aumentar a eficácia do revestimento (Hanani et al., 2019). Alguns autores mostram o uso de revestimento a base de gelatina, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Revestimentos a base de gelatina aplicados em vegetais

Materiais utilizados	vegetais	Referências
Gelatina e outros materiais	Goiabas	Costa et al., 2017
Gelatina	Morangos	Korte e Favarão (2016)
Gelatina e Quitosana	Melões	Poverenov et al., 2014
Gelatina e Amido	Uvas	Valverde et al., 2005
Gelatina e Alginato	Abacaxis	Brandelero et al., 2005

2.5 Quitosana

A quitosana é um polissacarídeo obtido a partir da desacetilação da quitina, sendo o principal componente encontrado no exoesqueleto dos artrópodes. É um biopolímero que vem sendo muito estudado, devido principalmente suas propriedades físicas e biológicas que resultam em um campo amplo de aplicações, como por exemplo, na indústria de cosméticos, na biotecnologia, na agricultura, no processamento de alimentos e nutrição (Alishah et al., 2011; Lee et al., 2018).

A quitosana apresenta grande potencial na produção de embalagens para alimentos, tal como pode atuar como veículo de liberação controlada de fármacos e aditivos, podendo ser utilizada de diferentes formas, como microesferas, flocos, nanopartículas, fibras e filmes (Galindo et al., 2020), sendo não tóxico, biodegradável e de baixo custo (Freire et al., 2018).

Esse polissacarídeo é um polímero catiônico com propriedades antimicrobianas que tem pH abaixo de 6,0 (Roy et al., 2017; Qiao et al., 2017), sendo muito utilizada como revestimento tanto em alimentos de origem vegetal como animal. Várias pesquisas vêm sendo feitas, como por exemplo, em frutas minimamente processadas (Soares et al., 2011), em pós-colheita de frutas (Chong et al., 2015), em carnes bovinas (Silva, 2019), e em filé de peixes (Fernández-Saiz et al., 2013).

A atividade antimicrobiana da quitosana acontece através da interação eletrostática entre cargas positivas de grupos amino e cargas negativas na superfície da célula bacteriana, intervindo na atividade da membrana e inibindo sua multiplicação (Galindo et al., 2020). Ademais, a quitosana pode modificar a morfogênese da parede celular e intervir de modo direto na atividade de enzimas responsáveis pelo crescimento de fungos (Pedro et al., 2013; Ravi Kumar, 2000).

Quando aplicada na superfície dos frutos, a quitosana forma uma membrana semipermeável que auxilia na redução da respiração, na manutenção da firmeza, na manutenção da cor e evita desidratação dos vegetais (Ali et al., 2011), minimizando assim as alterações ocasionadas na pós-colheita. Esse polímero forma gel em meio ácido, o que facilita a sua utilização nas superfícies das frutas (Aider, 2010).

Muitos estudos mostram os efeitos dos revestimentos de quitosana, por exemplo, Galo et al. (2014), ao estudarem a conservação pós-colheita de mamão 'Sunrise solo' com uso de quitosana, puderam observar que a quitosana foi eficiente no controle do amadurecimento do mamão, manteve a firmeza e aumentou a vida útil desse fruto. Poverenov et al. (2014b), ao estudarem os efeitos dos revestimentos a base de gelatina e quitosana em melões, observaram que os revestimentos aumentaram a vida útil do melão, inibiu o crescimento microbiano e manteve a firmeza dos frutos.

2.6 BLENDS

A utilização de polímeros naturais como forma de revestimento para conservar os vegetais vem sendo cada vez mais utilizados, sendo estudadas várias formas de montar esses revestimentos e melhorar a otimização do processo. Os polímeros naturais utilizados como revestimentos apresentam baixa resistência mecânica e pouca durabilidade (Tong et al., 2008), o que ocorre devido atração pela água, grupos químicos reativos e pontos de clivagem que facilitam a sua degradação (Vroman e Tighzert, 2009).

A formação de *BLENDS* são alternativas para manter a qualidade desses revestimentos, uma vez que formam misturas de dois ou mais polímeros devido as interações das cadeias poliméricas (De Paoli, 2008), obtendo materiais que em geral,

não são encontrados em um único material (Araújo et al., 2003). Esses materiais são preparados para aumentar a resistência à tração, ao impacto e a redução da solubilidade (Khan et al., 2018).

A mistura de biopolímeros naturais apresenta inúmeras vantagens, como baixo custo, acessibilidade, biodegradabilidade e processabilidade, características que vão melhorar algumas propriedades desejadas ou no desenvolvimento de novos materiais poliméricos (Smith, 2005).

Essa técnica utiliza a combinação de estruturas tipo proteína-proteína, proteína-lipídeo, proteína-polissacarídeo, lipídeo-polissacarídeo e polissacarídeo-polissacarídeo (Yang et al., 2008).

O estudo de materiais preparados com uso de *BLENDAS* tem crescido muito, devido principalmente as várias vantagens que essa técnica apresenta, como por exemplo na área tecnológica com boas propriedades mecânicas, térmicas e químicas desses materiais, na parte financeira, com menor custo de desenvolvimento, na parte ambiental, com a reciclagem e na parte de mercado, com o ajuste desses *BLENDS* de acordo com as especificações dos clientes (Fernandes et al., 2012).

São várias as maneiras de obtenção de *BLENDS*, que podem ser por solução, polímeros interpenetrantes (IPN) e por mistura mecânica no estado fundido (Luna et al., 2015). Quando obtida por solução ocorre o rompimento dos polímeros em um solvente comum, seguido de evaporação do solvente e a obtenção de um filme (Mano; Mendes, 2001). Quando obtidas por polímeros interpenetrantes (IPN) ocorre a mistura polimérica que forma um único reticulado, sem que ocorra qualquer tipo de reação química entre eles, e quando obtidas por mistura mecânica podem ser processada por meio de extrusão, injeção ou misturadores intermitentes (Luna et al., 2015).

2.7 Camada-sob-camada

A busca por materiais e técnicas que possam conservar os alimentos estão em evidência nas pesquisas. Com isso, a técnica camada-sob-camada vem trazendo resultados promissores, quando comparados com outras técnicas que envolvem o uso de revestimentos, mostrando-se mais eficiente quando aplicados em formulações ou separadamente (Arnon-rips e Poverenov, 2018).

A técnica camada-sob-camada envolve a deposição de materiais de cargas opostas, sendo utilizados vários polímeros e produzindo filme muito fino sobre a

superfície dos alimentos (Hammond, 2012).

As interações eletrostáticas representam a formação de revestimentos camada-sob-camada, podendo ser aplicadas em diferentes áreas (eletrônica, óptica, células de combustível e medicina) (Farhat e Hammond, 2006; Jiang et al., 2006; Weiss et al., 2006; Jiang e Li, 2009; Joseph et al., 2014), outras forças também fazem parte do processo de montagem camada-sob-camada, como ligação de hidrogênio e interações hidrofóbicas (Arnon-rips e Poverenov, 2018).

A aplicação pode ocorrer por meio de imersão, spray, pode ser montada como eletroposição, montagem magnética, eletrocoplamento, filtração, microfluídas e leitos fluidizados, centrifugação e imobilização (Richardson et al., 2015). Essa montagem é um método predominante que reveste filmes finos funcionais, pois no processo de montagem um material carregado é adsorvido em um substrato e, após a lavagem, um outro material com carga oposta é adsorvido no topo da primeira camada (Richardson et al., 2015), esse processo pode ser repetido até que se tenha o revestimento desejável.

Pesquisadores mostram que o camada-sob-camada vem sendo eficaz na conservação de vegetais, tais como: Poverenov et al. (2014b) mostram que o alginato e quitosana melhorou significativamente a qualidade fisiológica e microbiana de cortes frescos de melão. Yan et al. (2019) mostram que a camada-sob-camada foi eficiente na conservação de morangos, mantendo a firmeza, mantendo a manutenção dos voláteis e retardando a senescência dos morangos.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

Aider, M. (2010). Chitosan Application for Active Bio-Based Films Production and Potential in the Food Industry: Review. **Food Science and Technology-LEB**, 43, 837-842.

Almino, H. A., Santos, S. C. L. (2020). Efeito da aplicação de revestimentos comestíveis em frutas e hortaliças minimamente processadas. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, 14, 100-104.

Ali, A., Muhammad, M. T. M., Sijam, K., Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. **Food Chemistry**, 124, 620–626.

Alishah, A., Mirvaghefi, A., Tehrani, M. R., Farahmand, H., Shojaosadati, S. A., Dorkoosh, F. A., Elsabee, Maher Z. (2011). Enhancement and Characterization of Chitosan Extraction from the Wastes of Shrimp Packaging Plants. **Journal of Polymers and the Environment**, 19, 776-783.

Aktaruzzaman, M. D., Afroz, T., Kim, B. S. (2018). Post-harvest anthracnose of papaya caused by *Colletotrichum truncatum* in Korea. **European Journal of Plant Pathology**, 150, 259-265.

Andrade, R. D., Skurtys, O., Osorio, F. A. (2012). Atomizing spray systems for application of edible coatings. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 11, 323-337.

Araújo, E. M., Hage J. R, E., Carvalho, A. J. F. (2003). Compatibilização de Blendas de Poliamida 6/ABS usando os Copolímeros Acrílicos Reativos MMAGMA e MMA-MA. Parte 1: comportamento reológico e propriedades mecânicas das blendas. **polímeros. Ciência e Tecnologia**, 13, 205-211.

Arnon-Rips, H., Poverenov, E. (2018). Improving food products' quality and storability by using Layer by Layer edible coatings. **Trends in Food Science & Technology**, 75, 81–92.

Assis, O. B. G., Britto, D. (2014). Coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology**, 17, 87-97.

Atarés, L., Chiralt, A. (2016). Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends. Food Science and Technology*, 48, 51–62.

Avérous, L., Pollet, E. (2012). Biodegradable Polymers. **Green Energy and Technology**, 50. 13–39.

Barros, T. F. S., Rios, E. S. C., Maia, L. D. M., Dantas, R. L., Silva, S. M. (2018). Qualidade de frutos de cultivares de mamão comercializados em supermercados de Campina Grande-PB. **Revista Agropecuária Técnica**, 39, 129-142.

Bordignon, A. C. 2010. **Caracterização da pele e da gelatina extraída de peles congeladas e salgadas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Maringá.

Braga, S. P., Lundgren, G. A., Macedo, S. A., Tavares, J. F., Vieira, W. A. S., Câmara, M. P. S., Souza, E. L. (2019). Application of coatings formed by chitosan and Mentha essential oils to control anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* and *C. brevisporum* in papaya (*Carica papaya* L.) fruit. **International Journal of Biological Macromolecules**, 139. Doi: 10.1016 / j.ijbiomac.2019.08.010.

Brandelero, R. P. H., Vieira, A. P., Telis, V. R. N., Telis-romero, J., Yamashita. F. (2005). Aplicação de revestimento comestível em abacaxis processados por métodos combinados: isoterma de sorção e cinética de desidratação osmótica. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, 25, 285-290.

Cazón, P., Velazquez, G., Ramírez, J. A., Vázquez, M. (2017). Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. **Food Hydrocolloids**, 68,136-148.

Ciolacu, L., Nicolau, A. L., Hoorfar, J. (2014). Edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Global Safety of Fresh Produce**, 1, 233-244.

Chien, P. J., Lin, H. R., Su, M. S. (2013). Effects of edible micronized chitosan coating on quality and shelf life of sliced papaya. **Food and Nutrition Sciences**, 4, 9-13.

Cortez-Vega, W. R., Pizato, S., Souza, J. T. A. (2014). Prentice C. Using edible coatings from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and organo-clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut 'Formosa' papaya. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 22, 197-202.

Cortez-vega, W. R., Piotrowicz, I. B. B., Prentice, C., Borges, C. D. (2013). Conservação de mamão minimamente processado com uso de revestimentos comestíveis á base de goma xantana. **Ciências Agrárias**, 34, 1753-1764.

Costa, L. C., Santos, L. R., França, R., Davini, G., Shirai, M. A. (2017). Aplicação de diferentes revestimentos comestíveis na conservação pós-colheita de goiabas (*Psidium guajava* L.). **Journal of Food Research**, 8, 16-31.

Chong, J. X., Lai, S., Yang, H. (2015). Chitosan combined with calcium chloride impacts fresh-cut honeydew melon by stabilising nanostructures of sodium-carbonate-soluble pectin. **Food Control**, 53, 195-205.

Dantas, J. L., Neto, N. M. C. (2000). Mamão produção. In: TECNOLOGIA, Embrapa comunicação para transferência De (Ed.). **Frutas do Brasil**. 3. ed. Brasília.

Debeaufort, F., Voilley, A., Meares, P. (1994). Water vapor permeability and diffusivity through methylcellulose edible films. **Journal of Membrane Science**, 91, 125–133.

De Paoli, M. A. (2008). Degradação e Estabilização de polímeros. 2º versão on-line revisada. Ed. Chemkeys, 1, 2-10.

Embrapa (2009). A Cultura do Mamão. 3th. Ed. Brasília.

FAO (2018). Production of Papayas: top 10 producers. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 19 julho. 2019.

Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A., Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science & Technology**, 22, 292–303.

Farhat, T. R., Hammond, P. T. (2006). Engineering ionic and electronic conductivity in polymer catalytic electrodes using the layer-by-layer technique. **Chemistry of Materials**, 18, 41–49.

Fakhouri, F. M., Silvia, M. M., Thiago, C., José, I. V., Lucia, H. I. M. (2015). Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. **Postharvest Biology and Technology**, 109, 57–64.

Fellows, P. J. (2017). **Food Processing Technology: Principles and Practice**. 4th. Ed.

Fernandes, L. L., Freitas, C. A., Demarquette, N. R., Fachine, G. J. M. (2012). Estudo do Efeito do Tipo de Polipropileno na Fotodegradação da Blenda Polipropileno /Poliestireno de Alto Impacto. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, 22, 61-68.

Fernández, N. M., Echeverria, D. C., Mosquera, S. A., Paz, S. P. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. **Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, 15, 134-141.

Fernández-Saiz, P., Sanchez, G., Soler, C., Lagaron, J. M., Ocio, M. J. (2013). Chitosan films for the microbiological preservation of refrigerated sole and hake fillets. **Food Control**, 34, 61-68.

Freire, L. F. A., Formiga, W. J. F., Lagden, M. G., Luna, A. S., Alves, F. L., Corrêa, M. A., Santos, M. A. G. (2018). Avaliação da Adsorção de Efluente Têxtil por Compósitos de Quitosana. **Revista Processos Químicos**, 12, 9-17.

Galo, J. Q. B., Souza, M. L., Kusdra, J. F., Mattiuz, C. F. M. (2014). Conservação pós-colheita de mamão 'sunrise solo' com uso de quitosana. **Revista Brasileira de fruticultura**, 36, 305-312.

Galindo, M. V., Paglione, I. S., Coelho, A. R., Leimann, F. V., Shirai, M. A. (2020). Produção de nanopartículas de quitosana e aplicação como revestimento em blendas de amido de mandioca e poli(ácido láctico). **Research, Society and Development**, 9, 3-15.

Guerrero, P., Nur hanani, Z. A., Kerry, J. P., De la caba, K. (2011). Characterization of soy protein-based films prepared with acids and oils by compression. **Journal of Food Engineering**, 107, 41-49.

Hammond, P. T. (2012). Building biomedical materials layer-by-layer. **Materials Today**, 15 196–206.

Hanani, Z. N., Yee, F. C., NOR-khaizura, M. A. R. (2019). Effect of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel powder on the antioxidant and antimicrobial properties of fish gelatin films as active packaging. **Food hydrocolloids**, 89, 253-259.

Hewajulige, I. G. N., Dhekney, S. A. (2016). **Papayas**, 209-212.

IBGE (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 25 de agosto de 2021.

Jamróz, E., Kulawik, P., Krzysciak, P., Cwiertnia, K. T., Juszcak, L. (2019). Intelligent and active furcellaran-gelatin films containing green or pu-erh tea extracts: Characterization, antioxidant and antimicrobial potential. **International Journal of Biological Macromolecules**, 122, 745-757.

Jiang, S. P., Liu, Z., Tian, Z. Q. (2006). Layer-by-Layer self-assembly of composite polyelectrolyte–nafion membranes for direct methanol fuel cells. **Advanced Materials**, 18, 1068–1072.

Joseph, N., Ahmadiannamini, P., Hoogenboom, R., Vankelecom, I. F. (2014). Layerbylayer preparation of polyelectrolyte multilayer membranes for separation. **Polymer Chemistry**, 5,1817–1831.

Khan, I., Chohan, M. M., Mazumder, M. A. J. (2018). Polymer Blends. In: Jafar Mazumder M. A.; Sheardown H.; Al-Ahmed A. **Functional Polymers, Polymers and Polymeric Composites: A Reference Series**. Ed. **Springer Nature, Switzerland**, 1, 1- 33.

Kluge, R. A., Geerdink, G. M., Tezotto-uliana, J. V., Guassi, S. A. D., Zorzeto, T. Q., Sasaki, F. F. C., Mello, S. C. (2014). Quality of minimally processed yellow bell pepper treated with antioxidants. **Semina: Ciências Agrárias**, 35, 801-812.

Korte, K. P., Favarão, S. C. M. (2016). Efeito da gelatina incolor e comercial associada a extratos vegetais como revestimento comestível na pós-colheita do morango. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, 11, 8-15.

Lee, Y., Kim, H. W., Kim, Y. H. B. (2018). New route of chitosan extraction from blue crabs and shrimp shells as flocculants on soybean solutes. **Food Science Biotechnology**, 27, 461–466.

Lima, M. A. C., Silva, S. M., Oliveira, V. R. (2018). Umbu— *Spondias tuberosa*. **Exotic Fruits**, 1, 427–433.

Lucera, A., Costa, C., Mastromatteo, M., Conte, A., Del nobile, M. A. (2010). Influence of different packaging systems on fresh-cut zucchini (*Cucurbita pepo*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 11, 361-368.

Lucena, C. A. A., Costa, S. C., Eleamen, G. R. A., Mendonça, E. A. M., Oliveira, E. E. (2017). Desenvolvimento de biofilmes à base de xilana e xilana/gelatina para produção de embalagens biodegradáveis. **Polímeros**, 27, 35-41.

Luna, C. B. B., Silva, D. F., Basílio, S. K. T., Araújo, E. M., Silva, A. L., Bezerra, F.C. (2015). Desenvolvimento de Blendas Poliméricas visando a Tenacificação dos Polímeros: Uma revisão. *Ciências Exatas e Tecnológicas*, 36, 67-80.

Mannozi, C., Cecchini, J. P., Tylewicz, U., Siroli, L., Patriganani, F., LANCIOTTI, R., Rocculi, P., Dalla, R. M., Romani, S. (2017). Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life. **LWT - Food Science and Technology**, 85, 440-444.

Maringgal, B., Hashim, N., Amin, T., Intan, S. M., Muda, M., Mahmud, T., Hazwan, H., Muhammad, A., Maimunah, M., Abd, R., Mohd, F. H. (2020). Kinetics of quality changes in papayas (*Carica papaya* L.) coated with Malaysian stingless bee honey. **Scientia Horticulturae**,

Martins, D. R. (2012). **Otimização das condições de estocagem do mamão em atmosfera controlada para preservação da qualidade e redução do processo de amadurecimento derliane ribeiro martins universidade estadual do norte fluminense darcy ribeiro campos dos goytacazes-rj agosto d. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF., [s. l.], 2012. Disponível em: <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/PRODVEGETAL_3434_1354015217.pdf>**

Mendy, T., Misran, A., Mahmud, T. M. M., Ismail, S. I. (2019). Antifungal properties of Aloe vera through in vitro and in vivo screening against postharvest pathogens of papaya fruit. **Scientia Horticulturae**, Doi: 10.1016 / j.scienta.2019.108767.

Nawab, A., Alam, F., Hasnain, A. (2017). Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf- life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. **International Journal of Biological Macromolecules**, 103, 581–586.

Neves, Ivo Pessoa. (2007). Cultivo do mamão. [s.l: s.n.]. v. 46 Disponível em: <http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.Journalarchive/materia1994/46.171?from=CrossRef>

Moradi, M., Tajik, H., Rohani, S. M. R., Oromiehie, A. R., Malekinejad, H., Aliakbarlu, J., Hadian, M. (2012). Characterization of antioxidante chitosan film incorporated with Zataria multiflora Boiss essential oil and grape seed extract. **LWT- Food Science and Technology**, 46, 477-484.

Oliveira, E. N. A., Santos, D. C. (2015). **Tecnologia e Processamento de Frutas e Hortaliças**. Frutas e Hortaliças minimamente processadas. p.193-225. Natal.

Pan, Y. G., Yuan, M. Q., Zhang, W. M., Zhang, Z. K. (2017). Effect of low temperatures on chilling injury in relation to energy status in papaya fruit during storage. **Postharvest Biology and Technology**, 125, 181–187.

Patrignani, F., Siroli, L., Serrazanetti, D. I., Gardini, F., Lanciotti, R. (2015). Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, 46, 311-319.

Pedro, R. O., Takaki, M., Gorayeb, T. C. C., Bianchi, V. L., Thomeo, J. C., Tiera, M. J., Tiera, V. A. O. (2013). Synthesis, characterization and antifungal activity of quaternary derivatives of chitosan on *Aspergillus flavus*. **Microbiological Research**, 168, 50-55.

Pigozzi, M. T., Silva, V. M., Mendes, F. Q., Oliveira, I. R. N., Moraes, A. F., Lopes, E. A. (2021). Qualidade pós-colheita de mamão revestido com álcool polivinílico e amido de milho. **Food Science and Technology**, doi.org/10.1590/1413-7054202145019120.

Poverenov, E., Rutenberg, R., Danino, S., Horev, B., Rodov, V. (2014a). Gelatin-chitosan composite films and edible coatings to enhance the quality of food products: Layer-by-layer vs. Blended formulations. **Food and Bioprocess Technology**, 7, 3319–3327.

Poverenov, E., Danino, S., Horev, B., Granit, R., Vinokur, Y., Rodov, V. (2014b). Layer-by-layer electrostatic deposition of edible coating on fresh cut melon model: anticipated and unexpected effects of alginate-chitosan combination. **Food and Bioprocess Technology**, 7, 1424–1432.

Putnik, P., Kovacevic, D. B., Herceg, K., Roohinejad, S., Greiner, R., Bekhit, A. E. A., Levaj, B. (2017). Modelling the shelf-life of minimally-processed fresh-cut apples packaged in a modified atmosphere using food quality parameters. **Food Control**, 81, 55-64.

Quiao, C., Ma, X., Zhang, J., Yao, J. Molecular interactions in gelatin/chitosan compositefilms. (2017). **Food Chemistry**. 235, 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.045>.

Ravi Kumar, M. N. V. (2000). A review of chitin and chitosan applications. **Reactive and Functional Polymers**, 46, 1-27.

Reis, Héber Ferreira Dos. (2014). Conservação pós-colheita de mamão formosa (*Carica papaya* L.) e controle alternativo in vitro e in vivo de *Colletotrichum gloeosporioides*. [s. l.], p. 128.

Richardson, J. J., Bjoernmalm, M., Caruso, F. (2015). Technology-driven layer-by-layer assembly of nanofilms, **Science**, p. 6233.

Roy, J., Salaün, F., Giraud, S., Ferri, A., Guan, J. (2017). Chitosan-based sustainable textile technology: Process, mechanism, innovation, and safety. In E. A. Shalaby (Ed.). **Biological activities and application of marine polysaccharides**, 251–278.

Ruggiero, C., Marin, S. L. D., Durigan, J. F. (2011). Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, p. 076-082.

Silva, A. S. Sampaio, A. P., Santos, M. S., Souza, B. W. S., Evangelista-barreto, N. S. (2019). Effect of chitosan coating on contamination of fresh bovine meat sold in the open market. **Revista Ciência Agronômica**, 50, 38-43.

Silva, A. C. B., Schuquel, L. C. S., Silva, C. O. (2016). Pascoal, G. B.: Qualidade nutricional e físico-química em cenoura (*Daucus carota*) L. *In Natura* e minimamente processada. **Demetria: Alimentação, Nutrição e Saúde**, 11, 355-367.

Silva, E. O., Pinto, P. M., Jacomino, A. P., Silva, L. T. (2011). Processamento Mínimo de Produtos Hortifrutícolas. **Embrapa Agroindústria Tropical**, 22.

Soares, N. F. F., Silva, D. S. P., Camilloto, G. P., Oliveira, C. P., Pinheiro, N. M., Medeiros, E. E. A. (2011). Uso de revestimento comestível e conservação pós-colheita de goiaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33, 281-289.

Souza, J. T. A., Ferreira, T. C., Farias, A. A., Farias, A. L., Silva, K. S. Oliveira, S. J. C. (2012) Diagnóstico socioeconômico do consumo de mamão no município de Santa Luzia no semi-árido paraibano. **Engenharia Ambiental**, 9, 36–46, 2012

Smith, R. (2005). Biodegradable polymers for industrial applications. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.

Spagnol, W. A., Junior, V. S., Pereira, E., Filho, N. G. (2018). Redução de perdas nas cadeias de frutas e hortaliças pela análise da vida útil dinâmica. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s. l.], v. 21, n. 10.

Spoto, M. H. F., Miguel, A. C. A. (2010). **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 3th Ed. Manole Ltda. São Paulo.

Trevisan, M. J. 2012. **Efeito da aplicação de 1-metilciclopropeno e etileno na fisiologia e no amadurecimento de mamões 'Golden'**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.

Tongdeesoontorn, W., Rawdkuen, S. (2019). Gelatin-Based Films and Coatings for Food Packaging Applications. **Reference module in food Science**, doi: 10.1016 / b978-0-08-100596-5.22598-5.

Tong, Q., Xiao, Q., Lim, L. T. (2008). Preparation and properties of pullulanalginatecarboxymethylcellulose blend films. *Food Research International*, 41, 1007– 1014.

Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., Serrano, M. (2005). Novel edible coating based on aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 53, 7807-7813.

Vroman, I., Tighzert, L. (2009). Biodegradable Polymers. **Materials**. 2, 307-344.

Wang, Q. I, Cao, Jun., Y. U, Huan., Zhang, Jiahui., YUAN, Y., SHEN, X., Li, C. (2019). The effects of EGCG on the mechanical, bioactivities, cross-linking and release properties of gelatin film. **Food Chemistry**, 271, 204-210.

Yan, J., Luo, Z., Ban, Z., Lu, H., Li, D., Yang, D., Aghdam, S., Li, L. (2019). The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. **Postharvest Biology and Technology**, 147, 29–38.

Yang, K. C., Wu, C. C., Cheng, Y. H., Kuo, T. F., Lin, F. H. (2008). Chitosan/Gelatin Hydrogel Prolonged the Function of Insulinoma/Agarose Microspheres In Vivo During Xenogenic Transplantation. **Transplantation Proceedings**, 40, 3623–3626.

Zhang, Y., Ouyang, H., Teck Lim, C., Ramkrishna, S., Huang, Z. (2005). Electrospinning of gelatin fibers and gelatin/PCL composite fibrous scaffolds. **Journal of Biomedical Materials Research**, 72, 156-165.

Zhao, Y. (2019). Edible Coatings for Extending Shelf-Life of Fresh Produce During Postharvest Storage. **Encyclopedia of Food Security and Sustainability**, 2, 506-510.

CAPÍTULO 2 – USO DE REVESTIMENTOS À BASE DE GELATINA E QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO DO MAMÃO PAPAYA (*Carica papaya* L.) A TEMPERATURA AMBIENTE

RESUMO – Após a colheita, o mamão apresenta rápido amadurecimento, com perda da coloração verde e amolecimento dos tecidos. Na presente pesquisa objetivou-se avaliar a conservação de mamões papaya armazenados em temperatura ambiente, pelo uso de revestimento à base de quitosana e gelatina. Os frutos foram selecionados, lavados e sanitizados, logo após foram submetidos aos seguintes tratamentos: controle (água destilada), quitosana 1%, gelatina 4%, quitosana 1% + gelatina 4% (*BLEND*) e quitosana 1% sob gelatina 4% (camada-sob-camada). Em seguida os mamões foram secos naturalmente e armazenados por 10 dias à temperatura ambiente ($26\pm 0,3$ °C) e umidade relativa de $67\pm 6\%$. Foram avaliados a Espectroscopia de infravermelho (FTIR) dos revestimentos, e para os frutos perda de massa fresca, firmeza, cor da casca (L^* , a^* , b^* e ângulo Hue), pH, acidez titulável, sólidos solúveis, ácido ascórbico, licopeno e β -caroteno, compostos fenólicos, açúcares totais e a enzima catalase. Os revestimentos à base de quitosana + gelatina (*BLEND*), quitosana sob gelatina (camada-sob-camada) e gelatina, promoveram a manutenção da qualidade do mamão papaya armazenado em temperatura ambiente durante dez dias de conservação. Esses revestimentos conseguiram reduzir a perda de massa, manteve a firmeza, a cor verde dos frutos, apresentou menores conteúdos de SS mostrando que retardaram o amadurecimento, apresentou menores conteúdos de polifenóis, menores variações na acidez e no ácido ascórbico, menores teores de licopeno e β -caroteno, menores conteúdos de açúcares e maior atividade da catalase ao longo dos dias. O tratamento *BLEND* foi o que apresentou os melhores resultados na manutenção da qualidade dos frutos. Assim, a utilização dos polímeros gelatina e quitosana é uma alternativa viável na conservação de mamões papaya armazenado em temperatura ambiente.

Palavras-chave: *BLEND*, Camada-sob-camada, Coberturas comestíveis, Pós-colheita.

CHAPTER 2 – USE OF COATINGS BASED ON GELATIN AND CHITOSAN IN THE CONSERVATION OF PAPAYA PAPAYA (*Carica papaya* L.) AT AMBIENT TEMPERATURE

ABSTRACT – After harvesting, papaya matures quickly, with loss of green color and softening of tissues. This research aimed to evaluate the conservation of papaya papaya stored at room temperature, using chitosan and gelatin-based coating. The fruits were selected, washed and sanitized, soon after they were subjected to the following treatments: control (distilled water), 1% chitosan, 4% gelatin, 1% chitosan + 4% gelatin (BLEND) and 1% chitosan under 4% gelatin (layer-under-layer). Then the papayas were naturally dried and stored for 10 days at room temperature (26 ± 0.3 °C) and relative humidity of $67\pm 6\%$. The infrared spectroscopy (FTIR) of the coatings was evaluated, and for the fruit's loss of fresh weight, firmness, peel color (L^* , a^* , b^* and Hue angle), pH, titratable acidity, soluble solids, ascorbic acid, lycopene and β -carotene, phenolic compounds, total sugars and the enzyme catalase. The coatings based on chitosan + gelatin (BLEND), chitosan under gelatin (layer-under-layer) and gelatin, promoted the maintenance of the quality of papaya stored at room temperature for ten days of conservation. These coatings were able to reduce mass loss, maintained firmness, the green color of the fruits, had lower SS contents showing that they delayed ripening, had lower polyphenol contents, lower variations in acidity and ascorbic acid, lower lycopene and β -carotene, lower sugar content and higher catalase activity over the days. The BLEND treatment showed the best results in maintaining fruit quality. Thus, the use of gelatine and chitosan polymers is a viable alternative in the conservation of papaya stored at room temperature.

Keywords: *BLEND*, Layer-under-layer, Edible Toppings, Post-harvest.

1. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya L.*) é um fruto de origem tropical que pertence à família *Caricaceae*, é bastante saboroso e está distribuído em todo mundo (Aktaruzzaman et al., 2018). O Brasil é grande produtor de mamão, sendo o segundo maior produtor mundial desse fruto (FAOSTAT, 2018), tendo os estados do Espírito Santo, Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Minas Gerais e Paraíba como maiores produtores nacionais (IBGE, 2019).

O mamão apresenta características nutricionais e sensoriais que garantem o seu consumo, o fruto é rico em vitamina A, C e antioxidantes (Barros et al., 2018), além de baixas quantidades de sódio, gordura e calorias (Hewajulige e Dhekney, 2016).

Após a colheita, o mamão apresenta vida útil curta e alta perecibilidade, devido sua alta taxa respiratória, ocasionando elevadas perdas pós-colheita (Pan et al., 2017), sendo necessário o controle do amadurecimento para aumentar a vida útil desse fruto (Ali et al., 2011), visando principalmente o mercado interno e exportações (Silva et al., 2014).

Com esse intuito pode-se utilizar os revestimentos comestíveis que é uma tecnologia à base de biopolímeros. Os revestimentos comestíveis apresentam diversas características como membranas delgadas, imperceptíveis a olho nu e podem ser aplicados diretamente sobre o alimento (Assis e Britto, 2014). Nos frutos, os revestimentos formam uma película, que modificará a sua atmosfera, reduzindo a taxa respiratória, e retardando a senescência (Mannozi et al., 2017). Nas frutas e hortaliças essa prática vem sendo cada vez mais utilizada, sendo muito eficaz na conservação pós-colheita desse vegetal (Yan et al., 2019).

Dentre os materiais que estão sendo utilizados como revestimentos biodegradáveis e/ou comestíveis, estão a gelatina e quitosana. A gelatina é uma proteína que apresenta excelentes propriedades para a formação de filmes, sendo boa barreira externa, evitando muito bem as trocas com o meio (Wang et al., 2019).

A quitosana apresenta grande potencial na produção de embalagens para alimentos, podendo atuar como veículo de liberação controlada de fármacos e aditivos, podendo ser utilizada de diferentes formas, como microesferas, flocos,

nanopartículas, fibras e filmes (Galindo et al., 2020), sendo não tóxico, biodegradável, de baixo custo e antimicrobiana (Freire et al., 2018).

Aliada ao uso de revestimentos, técnicas vêm sendo utilizadas com intuito de formar filmes de acordo com a necessidade do processo, como por exemplo a técnica camada-sob-camada e a formação de *BLENDS*.

A técnica camada-sob-camada envolve a deposição de materiais de cargas opostas, sendo utilizados vários polímeros e produzindo revestimento muito fino sobre a superfície do alimento (Hammond, 2012).

O *BLEND* utiliza a mistura de dois ou mais polímeros (De Paoli, 2008), que disponibiliza materiais que em geral, não são encontrados em um único material (Araújo et al., 2003). Esses materiais são misturados para aumentar a resistência à tração, ao impacto e a redução da solubilidade (Khan et al., 2018), produzindo assim revestimentos com melhores características de adesão à superfície dos frutos.

Nesse contexto, no presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito dos revestimentos à base de gelatina e quitosana na conservação do mamão papaya armazenado em temperatura ambiente por diferentes técnicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Origem dos frutos

Os mamões foram obtidos de uma propriedade rural localizada no município de Mossoró-RN (Figura 1). O município de Mossoró fica localizado na mesorregião do oeste potiguar, a 5° 11' 17" Sul, Longitude: 37° 20' 39" Oeste.

Foram utilizados mamões da variedade 'papaya', colhidos no ponto de maturação comercial. Os frutos foram transportados em caixas plásticas vazadas hortifruti para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Figura 1. Localização do município de Mossoró-RN.



Fonte: Google Maps.

Os mamões foram inicialmente selecionados por tamanhos, cor e por ausência de danos. Em seguida foram lavados com água corrente para tirar possíveis sujidades, e sanitizados com 200 ppm de cloro ativo durante 10 min. Logo após, enxaguados e deixados secar naturalmente.

2.2 Revestimentos

A solução de quitosana (Polymar, Referência: 9012-76-4) com grau de desacetilação de 82,89% foi preparada na concentração de 1,0% (p/v), em água destilada e em solução de ácido acético 1,0% (p/v), com o auxílio de uma chapa aquecedora (Tecnal, modelo TE 0181) a temperatura de 45 °C durante 2 h até completa dissolução, conforme descrito por Yoshida et al. (2009), com pH final da solução de 3,92.

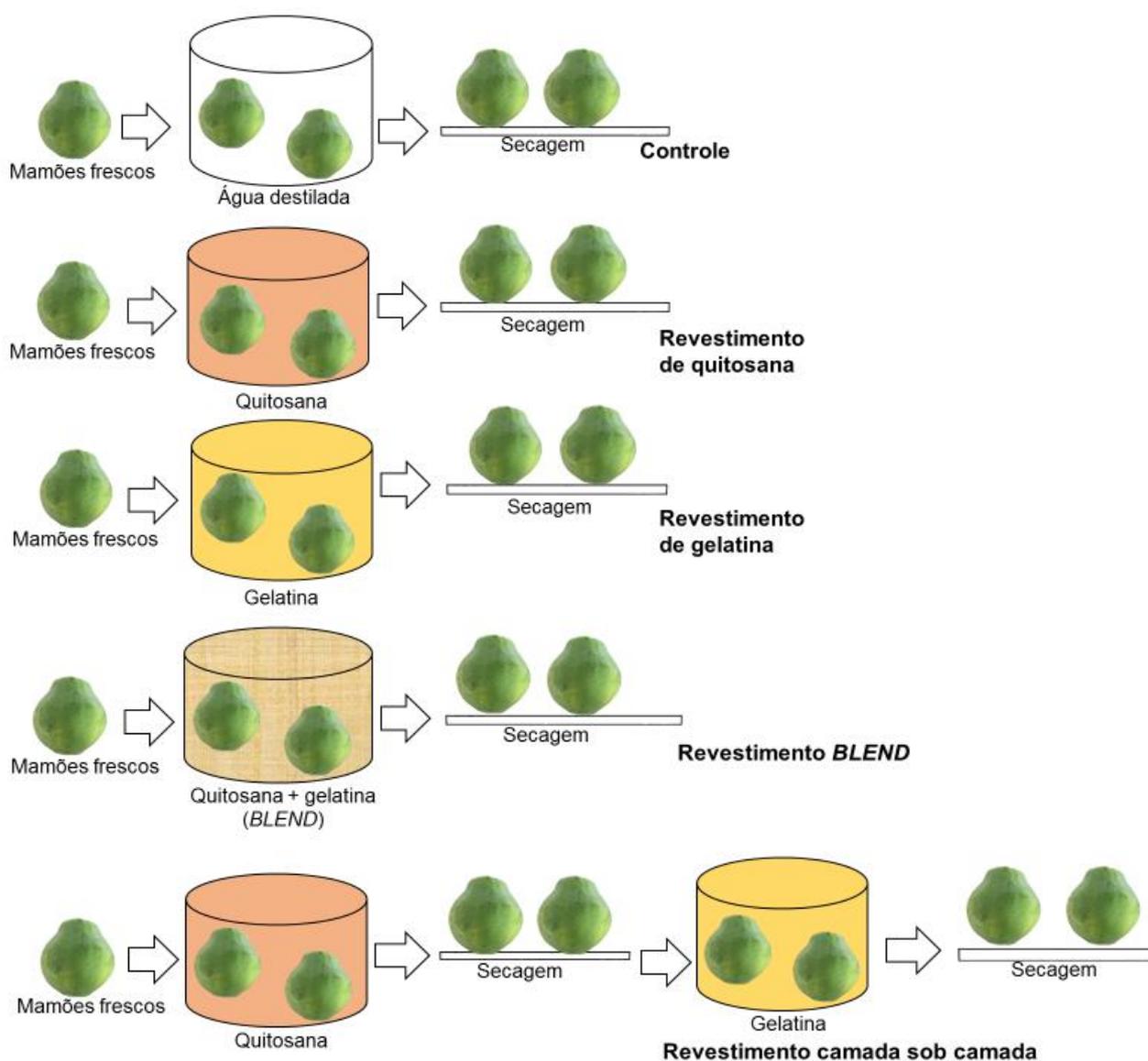
A solução de gelatina incolor e sem sabor (Dr. Oetker®) foi preparada por dissolução em água destilada na concentração de 4% (p/v). A solução foi homogeneizada em chapa aquecedora (Tecnal, modelo TE 0181) à temperatura de 60 °C por 30 min. O pH final da solução foi de 5,57. Após a dissolução, ambas soluções foram adicionadas de glicerol na concentração de 1% (v/v).

2.3 Tratamentos

Os mamões foram imersos em cinco tipos de revestimentos (Figura 2): (1) controle (água destilada), (2) quitosana (1%, p/v) (3) gelatina (4%, p/v) (4) *BLEND*

(quitosana 1%, p/v + gelatina 4%, p/v) e (5) camada-sob-camada (quitosana 1%, p/v sob gelatina 4%, p/v) por cerca de 30 segundos e deixados secar naturalmente. Posteriormente foram distribuídos em bandejas de poliestireno e armazenados em temperatura ambiente a 26 °C e umidade relativa de 67%, durante o período de 10 dias, sendo avaliados a cada dois dias.

Figura 2. Esquema dos tratamentos



2.4 Caracterização dos revestimentos na transmitância e fotos microscópicas dos revestimentos aplicados nos frutos

Espectroscopia de infravermelho (FTIR) por transformada de Fourier dos revestimentos preparados foram registrados entre 400 e 4.000 cm^{-1} com 8 varreduras em média com uma resolução de 8 cm^{-1} (Cary 600 series FTIT Spectrometer).

As fotos dos revestimentos na superfície dos frutos foram tiradas do Microscópio de epifluorescência, modelo Axion Imager A2 utilizando o software ZEN.

2.5 Avaliações Físico-químicas

- **Perda de massa fresca:** a perda de massa foi obtida relacionando-se a diferença entre a massa inicial do mamão e a massa obtida ao final de cada tempo de armazenamento, de acordo com a Equação 1 (Inestroza-Lizardo et al., 2018). Para a avaliação foi utilizada uma balança eletrônica com faixa de medição de 50-6000 g \pm 2 g (UX8200S, Marte, Brasil). Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa. Os frutos foram avaliados todos os dias, durante 10 dias de armazenamento.

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{[\text{massa inicial} - \text{massa final}]}{\text{massa inicial}} \times 100\% \quad \text{Eq 1.}$$

- **Firmeza:** a firmeza do epicarpo foi medida por meio de um penetrômetro digital (PTR-300, São Paulo, Brasil), com ponta de 5 mm (5–200 N \pm 1 N) avaliada na região equatorial dos mamões, sendo os resultados expressos em Newton.

- **Análise colorimétrica:** a cor do epicarpo dos frutos foi medida utilizando-se um colorímetro portátil (Delta Vista color d.0, São Leopoldo, RS, Brasil) com iluminante padrão D65, um ângulo observador de 0° e calibrado com uma cor padrão (branco), usando o sistema CIELab. Foram avaliados a luminosidade (L^* ; 0 = preto, 100 = branco), a coordenada a^* vermelho/verde (+ a^* indica vermelho e $-a^*$ indica verde), b^* coordenada amarelo/azul (+ b^* indica amarelo e $-b^*$ indica azul) e o ângulo Hue (h°).

- **Sólidos solúveis (SS):** a amostra foi homogeneizada e filtrada em uma camada de algodão, o teor de sólidos solúveis foi determinado com auxílio de refratômetro manual digital (MA871, Milwaukee, Wisconsin, EUA). Os resultados foram expressos em porcentagem (Zenebon et al., 2008);

- **Acidez titulável (AT):** foi determinada através da maceração em almofariz de 5 g da polpa do mamão para 50 mL de água destilada e titulado com NaOH 0,1 N até coloração róseo claro. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico, conforme Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008);

- **Potencial hidrogeniônico:** determinado em potenciômetro digital (PA200, Marconi® - Piracicaba, São Paulo, Brasil), conforme técnicas do Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008);

- **Ácido ascórbico (AA):** foi determinado por espectrofotometria UV-visível (Bel photonics - UV W51), segundo Person, 1976. Pesou-se aproximadamente 5,0 g da amostra em um béquer. Adicionou-se 10 mL de ácido oxálico 0,4% e agitou-se por 5 minutos. Transferiu-se a amostra para um balão volumétrico de 10 mL e completou-se o volume com ácido oxálico. Filtrou-se a solução. Zerou-se o espectrofotômetro com água destilada, no comprimento de onda de 520 nm. Em um tubo de ensaio transferiu-se 1 mL de ácido oxálico 0,4%, adicionou-se 9 mL da solução corante de DFI e realizou-se a leitura L1. Em seguida, adicionou-se ao tubo de ensaio, alguns cristais de ácido ascórbico, para descorar a solução, e realizou-se a leitura L1A. Transferiu-se 1 mL do filtrado para dois tubos de ensaio. Em um deles adicionou-se 9 mL de água destilada. Zerou-se novamente o aparelho com esta solução. No outro tubo adicionou-se 9 mL de DFI e realizou-se a leitura L2. Adicionou-se a este tubo de ensaio, alguns cristais de ácido ascórbico e realizou-se a leitura L2A.

- **Licopeno e β -caroteno:** o β -caroteno e o licopeno foram determinados usando o método de Nagasaki e Yamashita (1992). Foram utilizados 300 mg da polpa, agitando vigorosamente com 10 mL de um mix acetona-exano (4:6), e posteriormente filtrado. As concentrações foram determinadas observando-se as medidas em absorbâncias de 453, 505, 645 e 663 nm. Os resultados foram expressos em mg de licopeno/g, e mg de β -caroteno/g.

- **Compostos fenólicos totais (CF):** foram determinados conforme o método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006). Para a extração dos compostos fenólicos foram pesados 1 g das amostras, onde foram adicionados 50 mL de água destilada aos poucos e foram maceradas almofariz. Em seguida as amostras foram transferidas para balões de 50 mL, onde ficaram em repouso durante 30 minutos. Posteriormente foram filtradas em papel de filtro, e alíquotas 600 μ L foram transferidas para tubos de ensaio e adicionadas 1525 μ L de água, 125 μ L de solução de Folin-Ciocalteu, que foram agitadas e deixadas em repouso durante 5 minutos. Após o repouso foram adicionadas 250 μ L de carbonato de sódio 20%, seguida de nova agitação, onde foram colocadas em banho-maria a 30° durante 30 minutos. As amostras foram lidas em espectrofotômetro UV-visível (Bel photonics - UV W51) no comprimento de onda de 765 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico 100 g⁻¹ MF.

- **Açúcares totais:** foram determinados conforme método da Antrona, descrito por Yemm et al. (1954). Foi pesado 0,5 g das amostras, maceradas almofariz e diluídas em 50 mL de água destilada. Posteriormente, foram deixadas em repouso e realizou-se uma filtração. Os reagentes foram colocados nos tubos de ensaio, seguindo a mesma ordem da curva padrão. Em seguida, foi adicionada a amostra, água e antrona 0,2%. Os tubos foram levados ao banho-maria a 100 °C por 3 minutos, deixou-se esfriar e realizou-se as leituras. A curva padrão foi preparada com glicose e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro na absorvância de 620 nm.

- **Proteínas totais:** as proteínas totais foram realizadas pelo método de Boaretto et al. (2014), utilizando tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5), EDTA 1mM, Ditioneitol (DTT) 3 mM. Para realizar a extração foi utilizado 1 grama do material vegetal e adicionados 3 mL do tampão de extração, posteriormente colocados para centrifugar em rotação de 10.000 rpm durante 30 min. Após a centrifugação foi coletado o sobrenadante para a determinação das proteínas totais pelo método de Bradford (1976), além disso parte do sobrenadante foi guardado em freezer a -80 para a quantificação da catalase.

- **Enzima catalase:** a atividade da catalase foi determinada em espectrofotômetro através do monitoramento da degradação do H₂O₂ a 240 nm

durante o período de 1 minuto (Cia et al., 2012). A reação foi composta por extrato vegetal, tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5) e H₂O₂. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg prote\acute{a}ina}$.

- **Minerais Fe, Cu, K, Na, Mg e Mn:** foram determinados por Espectrometria Emissão por plasma de micro-ondas. Foi utilizado um digestor de micro-ondas com sistema fechado modelo MARS 6 (CEM, Mattheus, USA). As amostras de mamão foram liofilizadas, após esse processo e utilizou-se 0,1 g de amostra e 5 mL de HNO₃. Antes de colocar os tubos no digestor de micro-ondas, as amostras passaram por uma pré-digestão de 15 minutos com os tubos abertos. No processo de digestão, foi utilizado apenas um estágio: (1) 900 - 1050 MHz de potência, pressão 800 psi, 20 minutos de rampa e 210 °C de temperatura, método *One Touch* e um *hold* de 15 minutos.

2.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 5 x 6 (controle; quitosana 1,0%; gelatina 4%; quitosana 1,0% + gelatina 4% e quitosana 1,0 % sob gelatina 4%) e seis períodos de análise (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias). A unidade experimental foi composta por um fruto, cada tratamento teve 3 repetições, totalizando 78 mamões. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o software AgroEstat, versão 1.1 (Barbosa e Maldonado, 2015). Quando diferenças significativas foram encontradas, uma análise de regressão foi realizada. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 FTIR dos revestimentos de gelatina e quitosana e micrografias eletrônicas

Os espectros de FTIR dos revestimentos de gelatina, quitosana, gelatina + quitosana (blend) e gelatina sob quitosana (camada-sob-camada) foram medidos (Figura 3).

As bandas largas típicas em revestimentos quitosana apareceram nos espectros de 3.000 a 3.600 cm^{-1} e foram atribuídos à banda da amida A (alongamento O - H), outras bandas também foram identificadas em 2.879 cm^{-1} (alongamento C - H de grupos alquil), 1470 cm^{-1} de CH₂ (deformação angular).

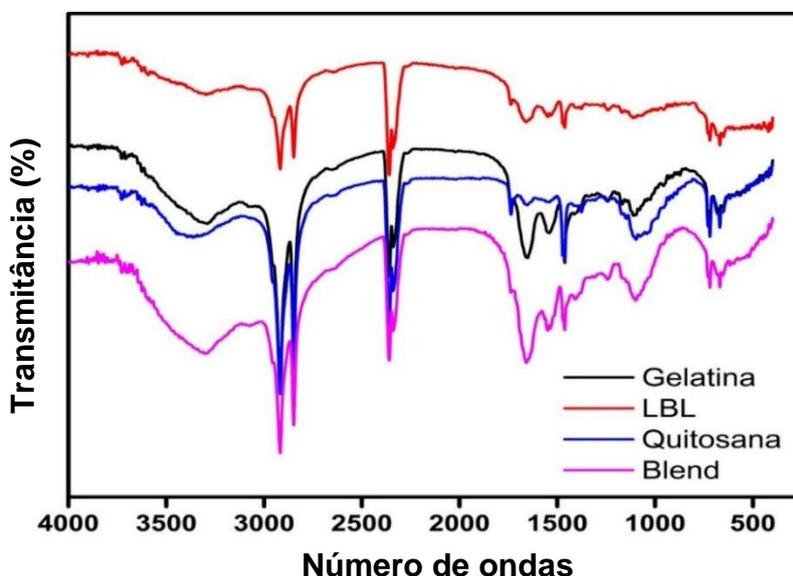
As bandas lardas típicas em revestimentos de gelatina apareceram nos espectros de 1.632 cm^{-1} (atribuído ao alongamento C=O), 1.239 cm^{-1} (atribuído ao alongamento C – N e N – H na amida).

De acordo com Abugoch et al. (2011) e Lima et al. (2006), revestimentos de quitosana apresentaram bandas características em 1.637 e 1.570 cm^{-1} (atribuídas a um ligação amida), $3400\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$ (atribuído a O – H e N – H alongamento) e 900 e 1.150 cm^{-1} (atribuídos a piranose anéis e grupos amino).

Bandas de gelatina características apareceram em 1.632 cm^{-1} (atribuído ao alongamento C=O) 1549 cm^{-1} (atribuído ao alongamento N-H em ligações amida) e 1.239 cm^{-1} (atribuído ao alongamento C – N e N – H na amida) (Gennadios 2002; Pranoto et al. 2007).

Segundo Poverenov et al. (2014), bicomponente de gelatina e quitosana em blend e camada-sob-camada exibem as bandas características em superposição uma vez que os componentes foram combinados em quantidades equimolares.

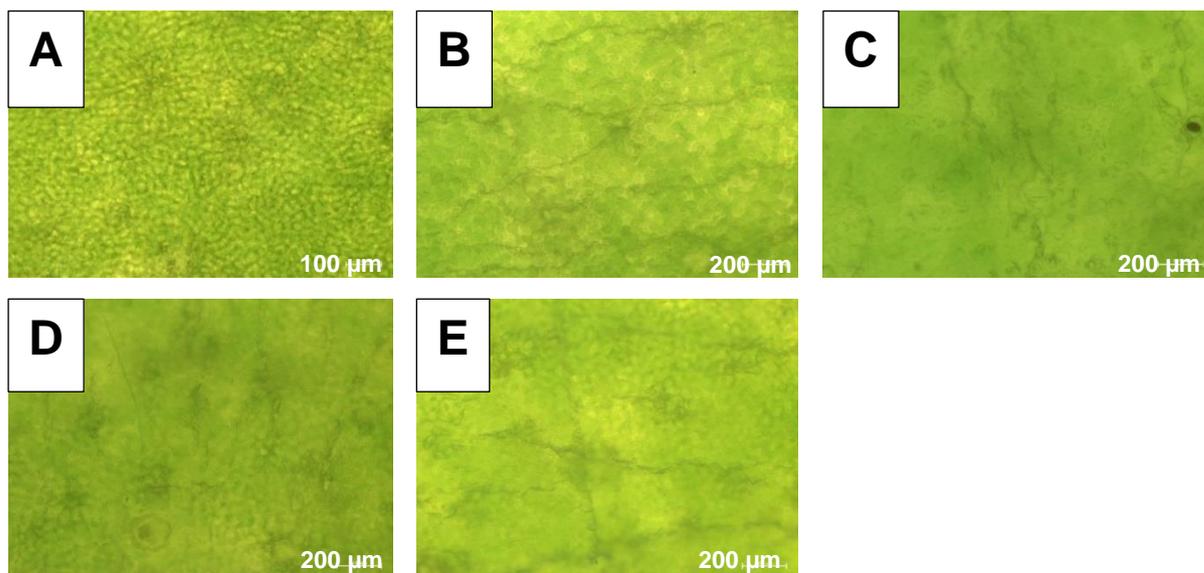
Figura 3. Espectroscopia de infravermelho (FTIR) por transformada de Fourier



A Figura 4 apresenta micrografias dos revestimentos de gelatina e quitosana aplicados na superfície dos mamões. Observou-se que os revestimentos nas Figuras

4B, 4C, 4D e 4E tinham aparência lisa, sem rachaduras, sem bolhas ou quebras de abertura em sua superfície.

Figura 4. Fotos microscópicas dos mamões dos tratamentos controle e recobertos com quitosana e gelatina, (A) controle, (B) quitosana, (C) gelatina, (D) *BLEND* e (E) camada-sob-camada.



3.2 Perda acumulada de massa e firmeza

Observou-se que independentemente do tratamento houve perda de massa fresca ao longo dos dias, e que houve diferença ($P < 0,01$) no tempo de armazenamento dos frutos (Figura 5A).

Os frutos recobertos com o tratamento *BLEND* apresentaram as menores perdas de massa durante o período de conservação, sendo mais visível a partir do quarto dia, onde no último dia de avaliação a perda de massa foi de 10,0%, seguido dos frutos recobertos com os tratamentos camada sob camada e gelatina, que apresentaram perdas de 11,5 e 11,7%, respectivamente (Figura 5A). As menores perdas de massa nesses frutos podem ser atribuídas a barreira que esses revestimentos formaram, evitando a perda de água para a atmosfera, sendo alternativas viáveis para a retenção de peso fresco de mamões papaya.

O tratamento-controle apresentou as maiores perdas de massa durante o período de conservação, cuja perda no último dia foi de 15,8% (Figura 5A). Podendo ser atribuído a esses frutos não terem nenhum revestimento, acarretando perda de água pela transpiração do fruto, por causa da diferença de pressão do vapor de água entre a atmosfera e a superfície do mamão (Murmu e Mishra, 2017). Os frutos recobertos com quitosana também perderam muita massa (14,16%) (Figura 5A), o que pode estar relacionado com o fato de o revestimento não ter aderido bem na superfície dos mamões ou o revestimento ter causado estresse nesses frutos.

Pigozzi et al. (2021) ao estudarem a conservação de mamão utilizando revestimentos à base de amido de milho e álcool povinílico em soluções separadas e em *BLENDS*, observaram o mesmo comportamento deste estudo para a perda de massa, em que os frutos revestidos obtiveram as menores perdas de massa ao longo do armazenamento quando, comparado ao controle. Zhang et al. (2019) ao avaliarem os revestimentos de pululana e quitosana pela técnica camada sob camada e multicamadas em mamões, obtiveram resultados semelhantes ao referente estudo, onde a técnica camada sob camada apresentou menores perdas de massa quando, comparado ao controle (Figura 5A).

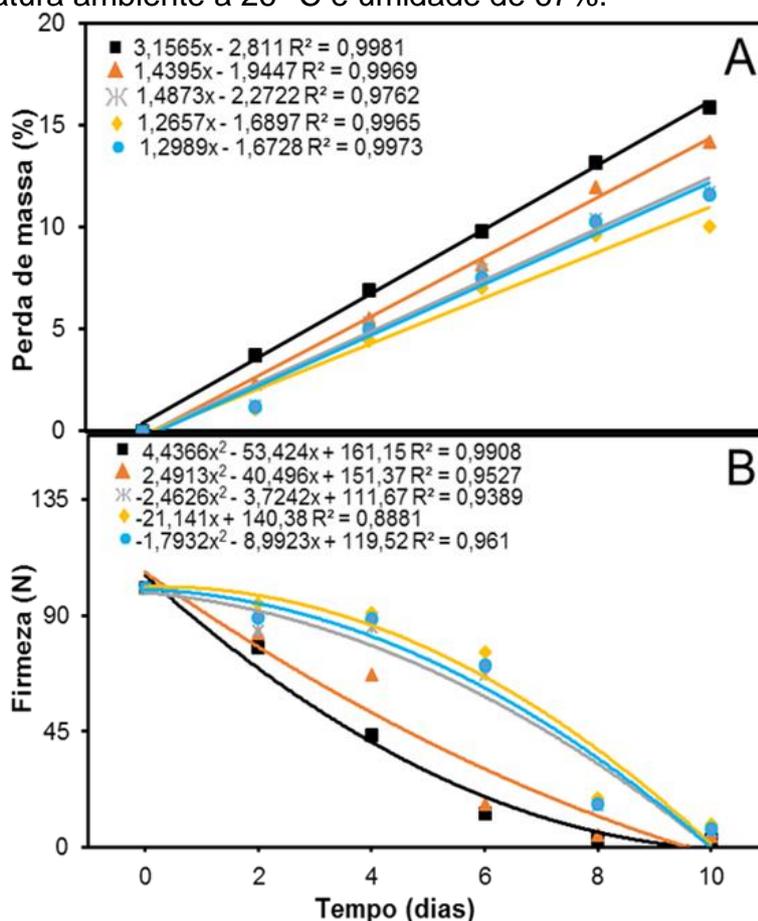
A firmeza dos frutos foi reduzida em função do aumento do tempo de armazenamento, independentemente do tipo de revestimento (Figura 5B), com diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo e na interação entre tipos de revestimentos e tempo de armazenamento.

O revestimento mais eficiente na manutenção da firmeza foi o *BLEND*, que ao final do período de conservação apresentou 10,3 N, seguido dos tratamentos camada sob camada e gelatina que apresentaram firmeza no último dia de 7,1 N e 6,1 N, respectivamente (Figura 5B). A retenção da firmeza pelos revestimentos *BLEND*, tratamentos camada sob camada e gelatina está associada a barreira que esses revestimentos formaram nos frutos, evitando as trocas de umidade, gases e solutos com o meio externo (Lima et al., 2018; Zhao, 2019), o que pode ter acarretado baixa concentração interna de O_2 disponível, o que inibiria os processos degradativos da parede celular e a solubilização das pectinas (Brackmann et al., 2012; Castañeda, 2013).

Os frutos sem revestimentos (controle) foram os que mais perderam firmeza até o último dia de conservação, apresentando 2,3 N, seguido dos frutos recobertos com quitosana que apresentaram no último dia 4,1 N (Figura 5B). A firmeza dos frutos é importante e está ligada diretamente com a aceitação do consumidor. A redução da firmeza ao longo dos dias está relacionada à perda de água e a perda da integridade da parede celular, que ocorre devido a vários mecanismos, como por exemplo a solubilização das protopectinas, que acontece durante o processo natural de amadurecimento e também por ação de enzimas hidrolíticas (Chitarra e Chitarra, 2005). Segundo Kader (1986), a diminuição da firmeza é regulada por processos enzimáticos, como a desesterificação ou remoção dos grupos metílicos ou acetílicos das pectinas, realizado pela enzima pectinametilesterase ou encurtamento da cadeia de pectinas pela ação de enzimas poligalacturonases.

Zhang et al. (2019) ao avaliarem os revestimentos de pululana e quitosana pela técnica camada sob camada e multicamadas em mamões, observaram que tanto a técnica camada sob camada como multicamadas foram eficientes na manutenção da firmeza do mamão, e que o tratamento controle perdeu mais firmeza ao longo dos dias do que os tratamentos com revestimentos, resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Comportamento semelhante a este estudo foi encontrado por Pigozzi et al. (2021), onde observaram que a formulação de *BLEND* de amido de milho e álcool povinílico em mamão foi eficiente na manutenção da firmeza desses frutos

Figura 5. Efeitos dos revestimentos à base de quitosana e gelatina na perda de massa fresca e firmeza de mamões papaya do controle (■) e revestido com: quitosana (▲), gelatina (✕), *BLEND* (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias em temperatura ambiente a 26 °C e umidade de 67%.



3.3 Cor do epicarpo

A cor do epicarpo do mamão é um dos principais atrativos visuais, devido ocorrer mudanças de coloração verde para o amarelo-alaranjado ao longo dos dias.

Observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) em função do tempo e da interação recobrimento e tempo, para a luminosidade (L^*). A luminosidade é uma característica que pode variar do zero (preto) ao 100 (branco) e os mamões no presente estudo, apresentaram luminosidade entre 16,80 a 47,39 (Figura 6A).

A luminosidade dos frutos revestidos foi inferior aos frutos sem revestimentos (Figura 6A). Os frutos dos tratamentos *BLEND* e camada sob camada não

apresentaram aumento na luminosidade ao longo dos dias, e apresentaram os menores valores durante todo o período de armazenamento, variando de 16,70 a 17,36 e 16,41 a 20,18, respectivamente (Figura 6A). Os mamões recobertos com gelatina a partir do quarto dia, com L^* variando de 18,56 a 24,54 (Figura 6A), e os frutos recobertos com quitosana apresentaram aumento de L^* durante todo o período de armazenamento, variando de 19,48 a 32,89 (Figura 6A).

Os menores valores de luminosidade dos frutos revestidos podem estar associados a barreira que os revestimentos formaram nas superfícies dos mamões, retardando o amadurecimento desses frutos, demonstrando epicarpos mais escuros.

O tratamento-controle apresentou os maiores valores de L^* durante todo o período de armazenamento, variando de 19,48 a 47,39 (Figura 6A), com aumento nesses valores até o último dia, evidenciando-se frutos mais claros, estando relacionado com o aumento da maturação, pois segundo Basulto et al. (2009, a mudança de cor verde da casca do mamão para amarelo-alaranjado ocorre devido à degradação da clorofila no tecido epidérmico.

Para a coordenada de cor a^* observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) em função do tempo e da interação revestimento e tempo. Os valores de a^* dos mamões variaram de -4,3 a 13,2 (Figura 6B).

Os frutos revestidos com os tratamentos *BLEND*, camada sob camada e gelatina apresentaram os menores valores e comportamento linear ao longo dos dias para a^* , variando de -6,49 a -5,71, -6,49 a -5,77 e -6,49 a -5,02, respectivamente (Figura 6B). Os frutos dos tratamentos *BLEND* e camada sob camada mantiveram a cor verde até o último dia de armazenamento, sendo justificada pelos valores negativos de a^* que indicam a cor verde.

Os frutos do tratamento-controle e recoberto com quitosana apresentaram os maiores valores e aumento de a^* ao longo dos dias, variando de -5,46 a 12,53 e -4,39 a 13,21, respectivamente (Figura 6B), sendo justificado com a mudança da cor verde dos frutos para amarelo-alaranjado. O aumento nos valores de a^* dos frutos do tratamento-controle ficou mais evidente a partir do segundo dia, mostrando que esses frutos começaram rapidamente a mudar de cor, e os frutos revestidos com quitosana a partir do quarto dia, justificando o rápido amadurecimento desses frutos.

Para a coordenada b^* (Figura 6C), observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) em função do tempo e da interação revestimento e tempo de armazenamento.

Os frutos revestidos com o *BLEND*, camada sob camada e gelatina apresentaram os menores valores de b^* com pequenas variações ao longo dos dias, com médias de variando de 14,40, 14,73 e 16,69, respectivamente (Figura 6C). Essas pequenas variações e menores valores de b^* nesses frutos indicam manutenção da cor verde e retardo do amadurecimento.

Os frutos do tratamento-controle apresentaram aumento e maiores valores de b^* durante todo o período de armazenamento, com média de 32,81 (Figura 6C), e os frutos recobertos com quitosana apresentaram aumento nos valores de b^* a partir do quarto dia de avaliação, com média de 23,80 (Figura 6C), sendo justificado pelo aumento da cor amarela ao longo dos dias.

Resultados semelhante ao presente estudo foram encontrados por Zhang et al. (2019), que ao estudarem o uso de revestimentos de pululana e quitosana pela técnica camada sob camada e multicamadas em mamões, observaram que as técnicas foram eficientes na manutenção da cor verde dos mamões ao longo do período de armazenamento, e que o tratamento-controle aumentou rapidamente seus valores de b^* com o passar dos dias.

Para o ângulo de Hue (Figura 6D) observa-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) em função do tempo e da interação recobrimento e tempo de armazenamento.

Foi observado que os frutos que receberam os recobrimentos *BLEND* e camada sob camada apresentaram os maiores valores e aumento do ângulo Hue ao longo dos dias, com médias de 116,41 e 114,85, respectivamente (Figura 6D), seguido dos frutos recobertos com gelatina, que reduziu esses valores a partir do quarto dia, com média de 110,65 (Figura 6D). Esses tratamentos mantiveram os valores do ângulo Hue praticamente constantes até o final do período, demonstrando que os recobrimentos retardaram o amadurecimento dos frutos.

Os frutos do tratamento-controle e revestidos com quitosana apresentaram os menores valores do ângulo Hue e rápida redução ao longo do período de armazenamento, com médias 87,12 e 100,37, respectivamente (Figura 6D). Essa redução indica que a cor da casca desses frutos mudou de verde para amarelo rapidamente, ocasionado pelo amadurecimento desses frutos neste período, como mostra a Figura 7.

O aumento da luminosidade e a redução do ângulo Hue nos frutos do tratamento-controle e recobertos com quitosana indicam a degradação de pigmentos clorofílicos e a síntese de pigmentos carotenoides, responsáveis pela cor amarela, características do amadurecimento dos frutos climatéricos, como o mamão (Abreu et al., 2012).

Figura 6. Efeitos dos recobrimentos à base de quitosana e gelatina para luminosidade L* (A), coordenada vermelho/verde a* (B), coordenada amarelo/azul b* (C) e ângulo Hue (D) de mamões papaya dos tratamentos-controle (■) e revestido com: quitosana (▲), gelatina (⋈), BLEND (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias em temperatura ambiente a 26 °C e umidade de 67%.

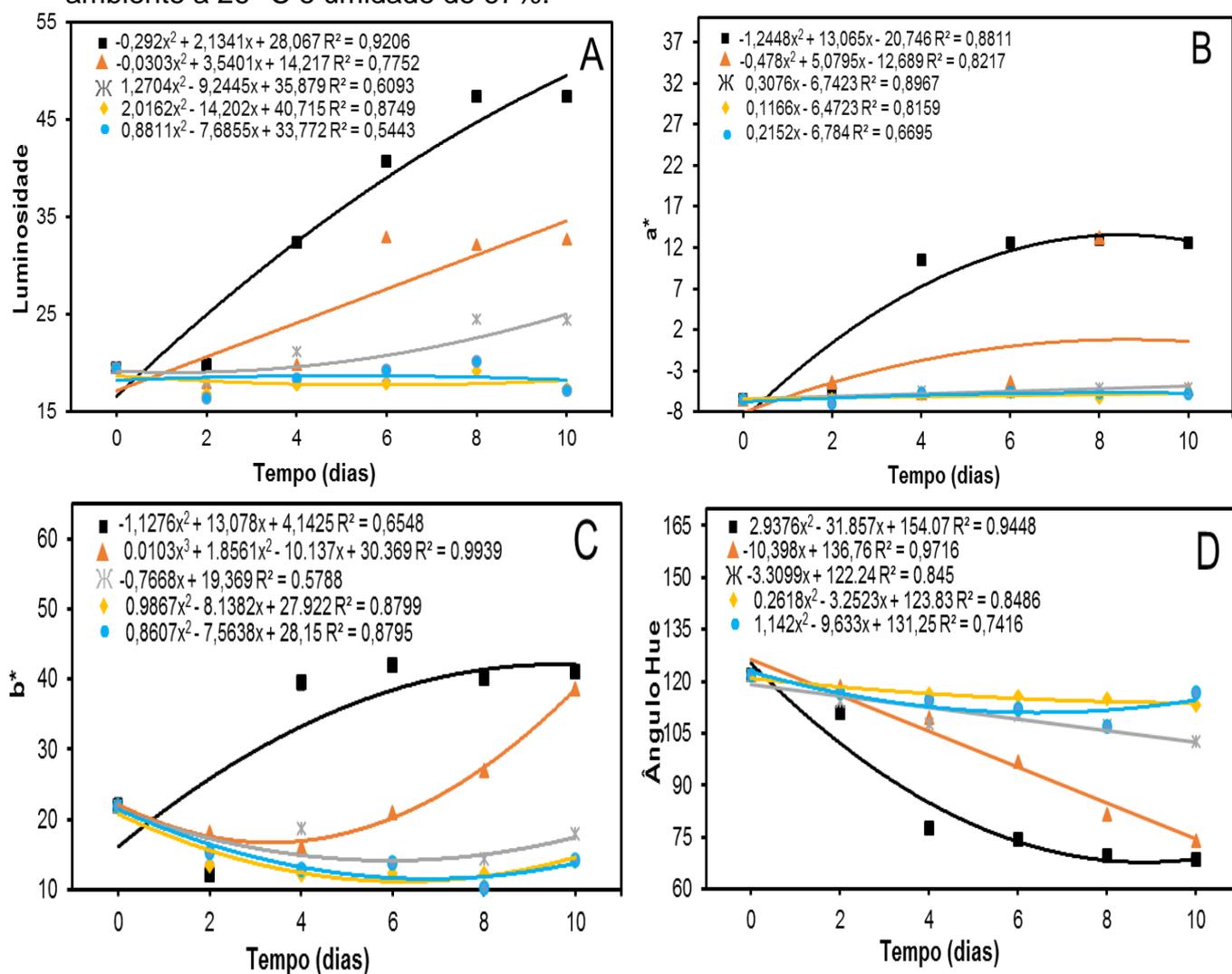
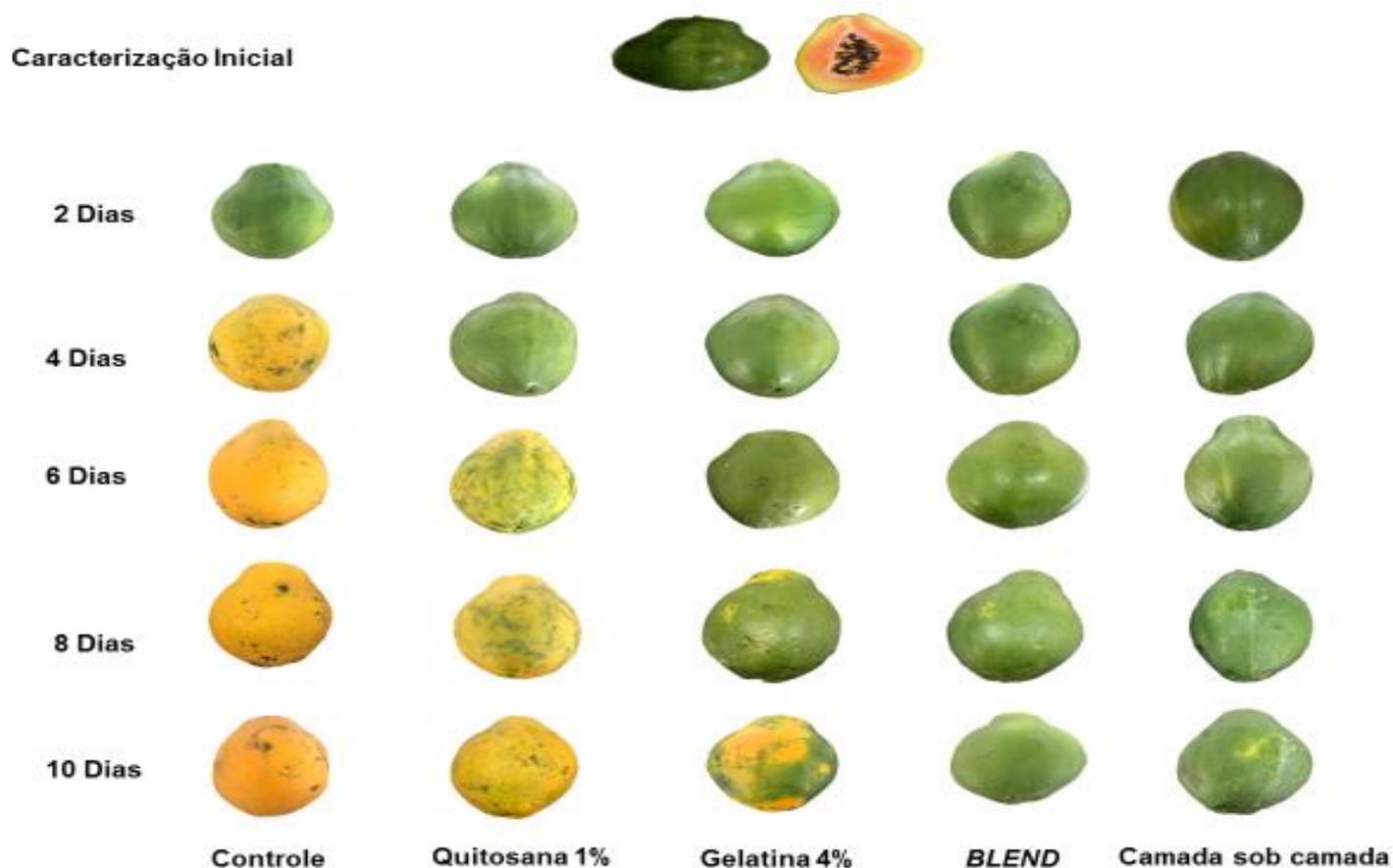


Figura 7. Efeitos dos recobrimentos à base de quitosana e gelatina em mamões papaya dos tratamentos-controle e revestido com: quitosana, gelatina, *BLEND* e camada sob camada armazenados durante 10 dias em temperatura ambiente a 26 °C e umidade de 67%.



3.4 Características físico-químicas

Em relação ao pH observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) para os tratamentos, tempo e na interação entre revestimentos e tempo de armazenamento. O pH dos mamões variaram de 5,82 a 6,40 (Figura 8A).

Os frutos dos tratamentos camada sob camada, gelatina e *BLEND* apresentaram os maiores valores de pH ao longo do período de conservação, com médias de 6,04, 6,00 e 5,96, respectivamente (Figura 8A), com pequena redução ao passar dos dias.

Os menores valores de pH foram dos tratamentos-controle e quitosana que apresentaram redução até o sexto dia de armazenamento (Figura 8A), seguido de aumento até o último dia de avaliação, com médias de 5,78 e 5,88, respectivamente

(Figura 8A). Esse comportamento de redução até o sexto dia pode estar relacionado com o aumento dos ácidos orgânicos, ocorridos durante o amadurecimento. Segundo Pimentel et al. (2011), variações de pH são atribuídas à degradação inicial e à posterior síntese de ácidos orgânicos com diferentes potenciais de dissociação iônica. Korte e Favarão (2016) ao estudarem revestimento à base de gelatina associado a extratos vegetais na conservação de morangos, obtiveram resultados semelhantes aos deste trabalho, em que os frutos revestidos apresentaram maiores valores de pH ao longo dos dias.

Os sólidos solúveis (SS) desempenham papel importante para sugerir a fase de maturação e o sabor dos frutos, sendo considerado um índice de qualidade no mamão (Corrêa et al., 2008).

Observou-se aumento nos teores de sólidos solúveis (SS) dos mamões ao longo do período armazenamento (Figura 8B) e que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo e na interação recobrimento e tempo de armazenamento.

Os frutos recobertos com os tratamentos *BLEND*, camada sob camada e gelatina apresentaram os menores teores de SS (Figura 8B), com aumento contínuo ao longo dos dias, com médias de 10,1, 10,2 e 10,4%, respectivamente (Figura 8B), demonstrando retardo no amadurecimento, devido os recobrimentos limitarem o processo respiratório e metabólico desses frutos (Nair et al., 2020).

Os frutos dos tratamentos-controle e com quitosana apresentaram os maiores teores de SS ao longo do período de armazenamento, com aumento até o oitavo dia de avaliação, seguido de pequena redução no último dia, apresentando médias de 11,3 e 10,7%, respectivamente (Figura 8B). Os maiores teores de SS ao longo dos dias podem ser atribuídos ao aumento de açúcares nos frutos (Nunes et al., 2017), que ocorrem com o aumento da maturação, e a redução dos SS pode acontecer pelo produção dos ácidos orgânicos e dos açúcares solúveis, no processo respiratório, ou pela atividade de microorganismos (Trigo et al., 2012).

Zhang et al. (2019) ao avaliarem os revestimentos de pululana e quitosana pela técnica camada sob camada e multicamadas em mamões, observaram o mesmo comportamento deste estudo para os SS, onde os menores teores foram dos tratamentos com os revestimentos camada sob camada e os maiores teores foram do tratamento-controle. Pigozzi et al. (2021) ao estudarem a conservação de mamão

utilizando revestimentos à base de amido de milho e álcool povinílico em soluções separadas e em *BLEND*, observaram comportamento semelhante a este estudo para os SS, onde os frutos com os revestimentos *BLEND* apresentaram os menores teores de SS ao longo dos dias, e que o tratamento-controle apresentou os maiores teores.

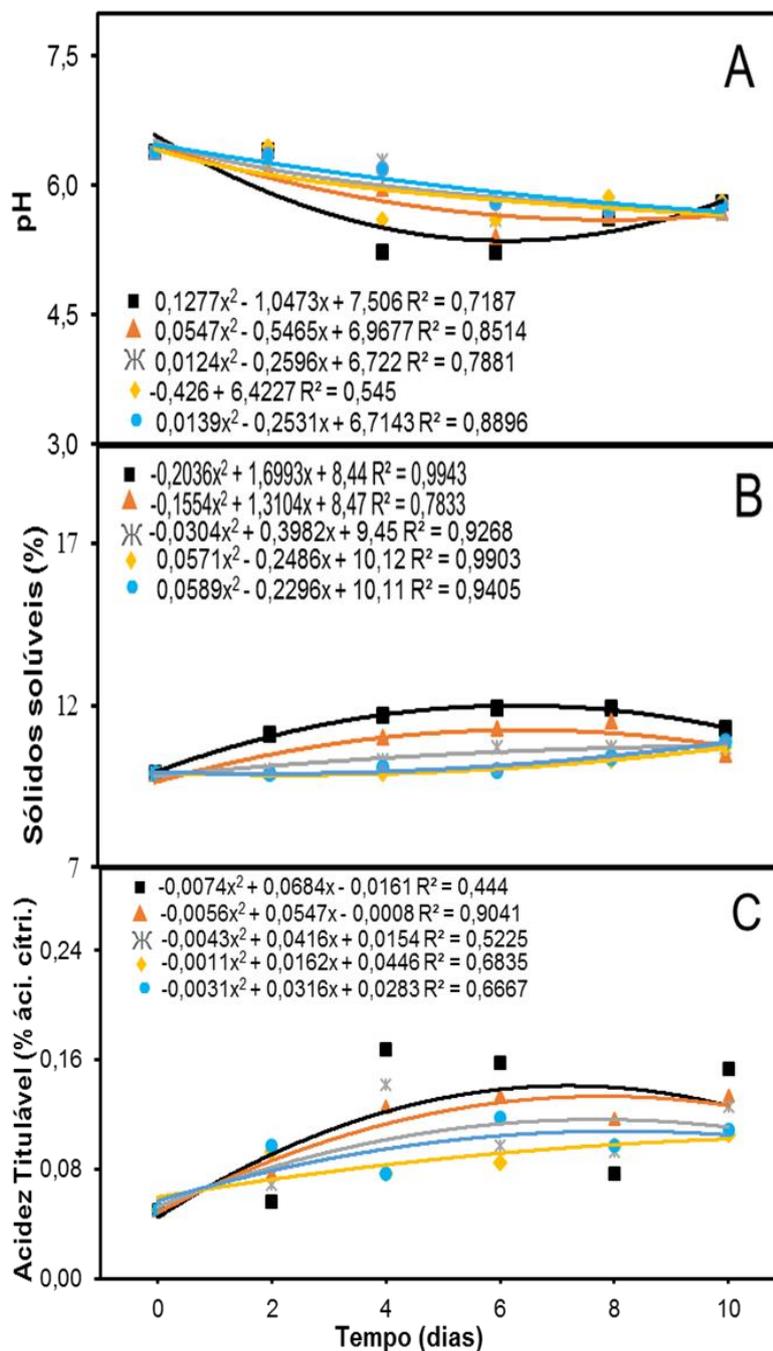
O valor da acidez titulável (AT) é considerado um indicador importante da taxa de respiração das frutas, pois os ácidos orgânicos são substratos para o metabólito respiratório (Escamilla-García et al., 2018). Os valores da acidez titulável (Figura 8C), apresentaram diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo de armazenamento e na interação revestimento e tempo de armazenamento.

Os frutos revestidos com os tratamentos *BLEND* e camada sob camada apresentaram os menores teores de acidez titulável com pequenos aumentos ao longo do período de armazenamento, com médias de 0,08 e 0,09%, respectivamente, seguidos dos frutos revestidos com gelatina, com média de 0,10% (Figura 8C). Os menores teores de AT nesses frutos indicam o retardo do amadurecimento ao longo dos dias, uma vez que o aumento da acidez titulável pode ser explicado em função da ação da enzima poligalacturonase que degrada a parede celular durante o processo de amadurecimento dos frutos, liberando ácidos orgânicos a partir do ácido poligalacturônico (Pereira et al., 2005). Possivelmente as pequenas variações de AT ocorridas nesses frutos do presente estudo podem ter ocorrido devido a redução da taxa respiratória.

Os maiores teores de AT ao longo do período de conservação foram dos frutos do tratamento-controle e revestidos com quitosana, com média de 0,11% (Figura 8C). Esses tratamentos aumentaram rapidamente seus valores até o sexto dia, seguido de redução até o último dia de avaliação.

Segundo Bicalho (1998), a acidez titulável do mamão aumenta com o amadurecimento até atingir aproximadamente 75% da coloração da casca amarela, posteriormente tendem a reduzir até o fruto atingir completo amarelecimento.

Figura 8. Efeitos dos revestimentos a base de quitosana e gelatina no pH, nos sólidos solúveis e na acidez titulável de mamões papaya dos tratamento-controlado (■) e revestido com: quitosana (▲), gelatina (⋈), *BLEND* (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias em temperatura ambiente a 26 °C e umidade de 67%.



3.5 Teores de compostos bioativos

Para o ácido ascórbico (AA) observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo e na interação recobrimento e tempo de armazenamento. Os teores de ácido ascórbico nos mamões variaram de 15,65 a 10,70 mg 100 g⁻¹ (Figura 9A).

As maiores concentrações de AA foram encontradas nos frutos do tratamento-controle, com média de 14,06 mg 100 g⁻¹, seguido dos frutos revestidos com quitosana, com média de 13,48 mg 100 g⁻¹ (Figura 9A), e as menores concentrações foram dos frutos revestidos com *BLEND*, seguido do camada sob camada e gelatina, com médias de 12,23, 12,50 e 12,80 mg 100 g⁻¹, respectivamente (Figura 9A).

Os frutos revestidos com *BLEND*, camada sob camada e gelatina tiveram pequenas reduções de AA ao longo dos dias. A redução de AA nesses mamões não apresentou variações ou picos de síntese, mostrando que esses revestimentos não causaram estresse a esses frutos. Segundo Ayranci e Tunc (2003), os revestimentos retardam a oxidação da vitamina C dos frutos, devido principalmente manter a baixa permeabilidade ao O₂.

Os frutos do tratamento-controle apresentaram aumento de AA até o quarto dia de avaliação, seguido de redução até o último dia. O aumento desse teor pode ter ocorrido devido às condições de estresse nesses frutos, ou durante o processo de amadurecimento. E a redução acontece por causa do estresse oxidativo e atividade de enzimas durante o amadurecimento (García-Betanzos et al., 2017).

De acordo com Chen e Paull (1986), durante o amadurecimento do mamão, o conteúdo de ácido ascórbico tende a aumentar, porém ao iniciar o processo de senescência esses conteúdos diminuem devido atuar como substância antioxidante, sendo observado em mamões maduros uma redução nesses valores.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o ácido ascórbico é sintetizado pelas frutas e hortaliças em quantidades variáveis, de acordo com a espécie, cultivar, fatores ambientais e grau de maturação.

Rebouças et al. (2013) verificaram em frutos de mamão Formosa 'Tainung 1' com atmosfera modificada, que os teores de AA dos frutos revestidos foram inferiores

aos frutos controle durante todo o armazenamento. Zhang et al. (2019) ao avaliarem os revestimentos de pululana e quitosana pela técnica camada sob camada e multicamadas em mamões, observaram que houve reduções de AA para todos os tratamentos e que o revestimento de multicamadas manteve os teores de AA.

Quanto aos compostos fenólicos (CF), observou-se diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo e na interação recobrimento e período de armazenamento. O conteúdo de CF variaram nos mamões de 85,35 a 129,77 mg AG 100 g⁻¹ MF (Figura 9B).

Os frutos dos tratamentos *BLEND* e camada sob camada apresentaram os menores teores de CF até o oitavo dia, apresentando pequeno aumento ao longo do período de armazenamento, com médias de 87,37 e 88,83 mg AG 100 g⁻¹ MF (Figura 9B). O pequeno aumento e menores conteúdos de CF nesses frutos indicam que os revestimentos criaram uma barreira que conseguiram retardar de forma equilibrada o processo de maturação. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os revestimentos proporcionam baixas concentrações de O₂, o que reduz a respiração dos frutos, inibindo a síntese de etileno, prejudicando assim a síntese de compostos fenólicos.

Por mais que a síntese de CF seja desejável, devido a sua atividade antioxidante, os resultados mostram que os revestimentos *BLEND* e camada sob camada conseguiram retardar o processo de maturação/senesência dos mamões, bem como a síntese destes compostos.

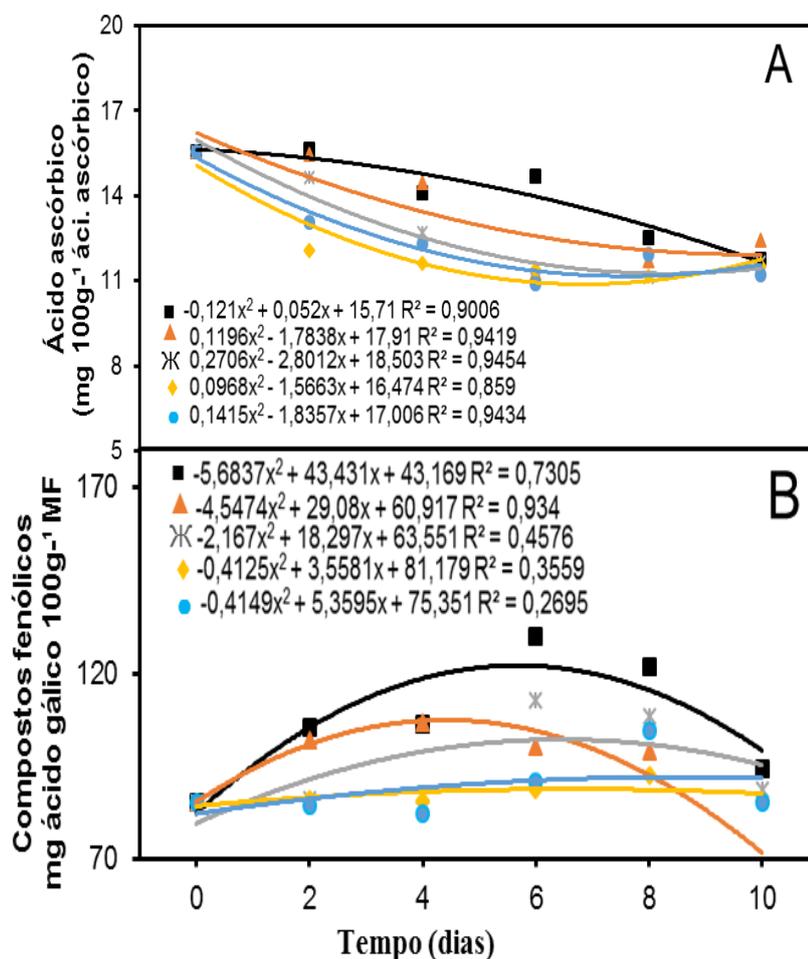
Os frutos recobertos com gelatina apresentaram aumento constante nos teores de CF com pequena redução no último dia de avaliação, com média de 94,72 mg AG 100 g⁻¹ MF (Figura 9B). Os frutos recobertos com quitosana apresentaram os maiores teores de CF dentre os revestimentos até o 6° dia de avaliação. Posteriormente, apresentaram redução acentuada nesses valores, com média de 93,73 mg AG 100 g⁻¹ MF (Figura 9B). O aumento de CF mais acentuado nos frutos com quitosana pode estar relacionado ao estresse causado pelo revestimento com a escassez de O₂ ou o revestimento não formou bem a película na superfície dos frutos e não conseguiu reduzir a taxa respiratória.

Os maiores teores de CF foram dos frutos do tratamento-controle, que apresentaram um aumento acentuado nesses teores até o 6° dia, com posterior

redução até o último dia de avaliação, com média de 107,16 mg AG 100 g⁻¹ MF (Figura 9B).

De acordo com Huber et al. (2008), os teores de CF dependem de processos que atuam com mais intensidade, seja de biossíntese ou degradação, sendo respostas fisiológicas ao estresse, influenciado pelo avanço da senescência dos mamões.

Figura 9. Efeitos dos revestimentos à base de quitosana e gelatina nos teores de ácido ascórbico (AA) e compostos fenólicos de mamões papaya dos tratamento- controle (■) e revestido com: quitosana (▲), gelatina (✕), *BLEND* (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias em temperatura ambiente a 26 °C e umidade de 67%.



3.6 Teores de pigmentos

Quanto aos teores de licopeno observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) entre os tratamentos, tempo e na interação revestimento e tempo de armazenamento. Os teores de licopeno dos mamões variaram de 0,05 a 0,10 mg. 100 g⁻¹ (Figura 10A).

Os menores teores e manutenção de licopeno foram dos frutos revestidos com gelatina, *BLEND* e camada sob camada, com médias de 0,05, 0,06 e 0,06 mg. 100 g⁻¹, respectivamente (Figura 10A). A manutenção no teor de licopeno depende do estágio de maturação, já que esse pigmento é formado durante o processo de amadurecimento dos frutos. Segundo Sá e Rodriguez-Amaya (2003), esses teores dependem de fatores como maturação, condições climáticas e geográficas e manejo. Os menores teores de licopeno nesses frutos indicam que esses revestimentos retardaram o amadurecimento desses frutos.

Os maiores teores de licopeno foram dos frutos do tratamento-controle, seguido dos frutos com quitosana, onde apresentaram aumento até o sexto dia de armazenamento, seguido de redução até o último dia, com médias de 0,08 e 0,07 mg. 100 g⁻¹ (Figura 10A). O comportamento observado nesses tratamentos está associado a degradações que ocorrem nos processos respiratórios, sendo intensificados no amadurecimento e senescência dos vegetais. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os processos associados a maturação são estimulados pelo etileno, como a degradação e síntese de pigmentos.

Quanto aos teores de β -caroteno observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo e na interação revestimento e tempo de armazenamento. Os teores de β -caroteno no mamão variaram de 0,05 a 0,18 mg. 100 g⁻¹.

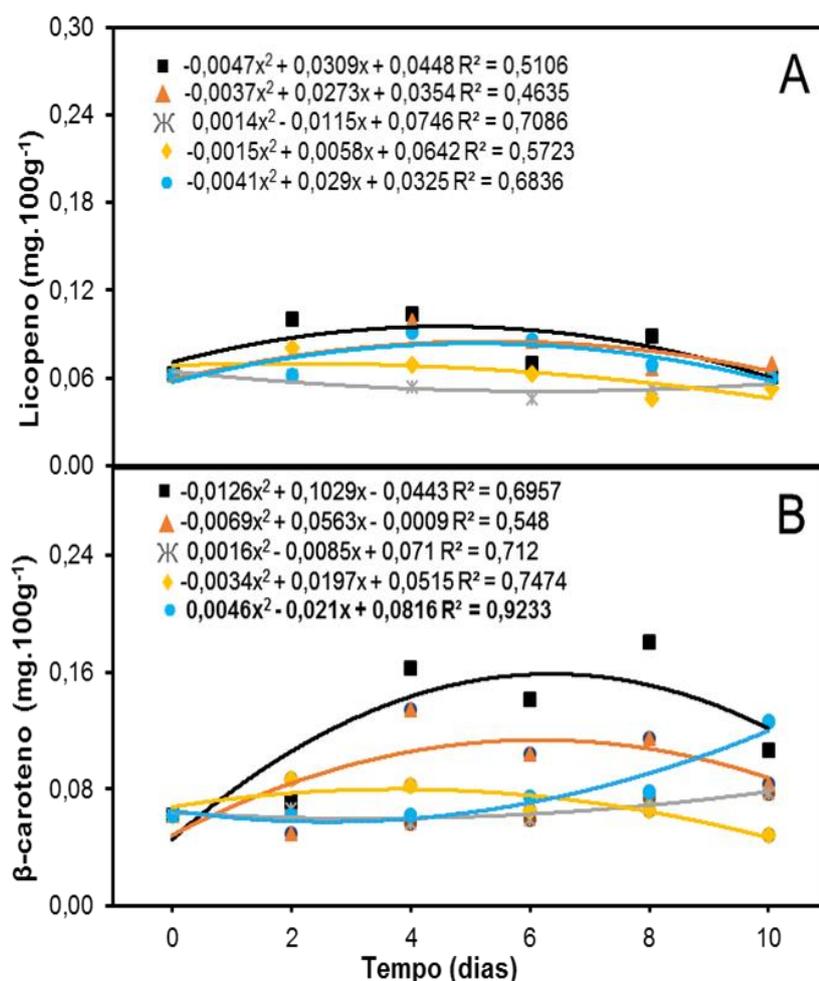
Os frutos revestidos com gelatina e *BLEND* apresentaram os menores teores de β -caroteno ao longo dos dias, com médias de 0,07 e 0,08 mg. 100 g⁻¹, respectivamente (Figura 10B). Os frutos recobertos pela camada sob camada aumentaram os teores de β -caroteno a partir do sexto dia de avaliação, com média de 0,08 mg. 100 g⁻¹ (Figura 10B).

Os menores teores desse composto nesses tratamentos podem estar relacionados com a barreira que esses revestimentos formaram nas superfícies dos mamões, ocasionando menor permeabilidade ao oxigênio e, conseqüentemente,

retardo no amadurecimento. Como explicam Udomkun et al. (2015) que a perda desse pigmento está relacionada a maior exposição ao oxigênio ou quando é exposto à luz.

Os maiores teores de β -caroteno foram dos frutos do tratamento controle e do recoberto com quitosana, onde aumentaram esses valores até o oitavo dia, seguido de redução até o último dia de avaliação, com médias de 0,12 e 0,09 mg. 100 g⁻¹, respectivamente (Figura 10B). Os maiores valores desse pigmento nesses frutos podem estar relacionados a maior exposição ao oxigênio, ou devido ao estágio de maturação.

Figura 10. Efeitos dos revestimentos à base de quitosana e gelatina nos teores de licopeno e β -caroteno de mamões papaya dos tratamentos controle (■) e revestido com: quitosana (▲), gelatina (✕), BLEND (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias em temperatura ambiente a 26 °C e umidade de 67%.



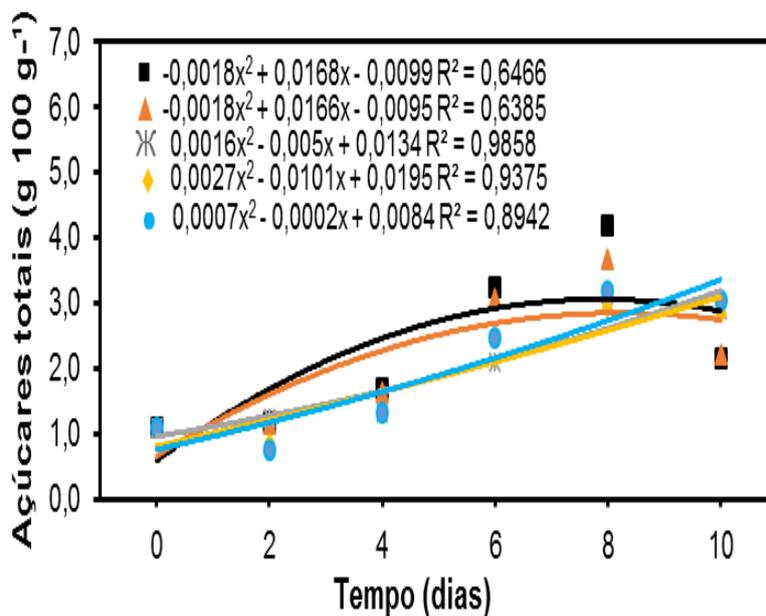
3.7 Teores de açúcares totais

Para os açúcares totais observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo e na interação recobrimento e tempo de armazenamento. Os teores de açúcares totais dos mamões variaram de 1,08 a 4,20 g 100 g⁻¹ (Figura 11).

Os frutos dos tratamentos gelatina, *BLEND* e camada sob camada apresentaram os menores conteúdos de açúcares totais até o oitavo dia, onde apresentaram aumento gradual desses valores até o último dia de armazenamento, apresentando médias de 1,97, 1,90 e 1,97 g 100 g⁻¹, respectivamente (Figura 11). Esse comportamento de menores valores e aumento gradual de açúcares totais nesses frutos, segundo Chitarra e Chitarra e Hojo et al., 2007, acontece porque o revestimento modifica a atmosfera no interior dos frutos, reduzindo seu metabolismo e a entrada e saída de O₂ e CO₂, respectivamente, equilibrando a maturação e retardando a senescência.

Os frutos-controle e recobertos com quitosana apresentaram os maiores teores de açúcares totais até o oitavo dia de armazenamento, com aumento acentuado nesses valores, seguido de redução até o último dia, com médias de 2,26 e 2,13 g 100 g⁻¹, respectivamente (Figura 11). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), durante a maturação, os frutos acumulam açúcares (glicose, frutose e sacarose) e que o acúmulo acontece à medida que segue o processo de amadurecimento dos frutos, sendo as reservas energéticas degradadas para a obtenção de energia, para realização do processo respiratório (Morais, 2010).

Figura 11. Efeitos dos revestimentos à base de quitosana e gelatina nos conteúdos de açúcares totais de mamões papaya dos tratamentos controle (■) e revestidos com quitosana (▲), gelatina (✕), *BLEND* (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias em temperatura ambiente a 26 °C e umidade de 67%.



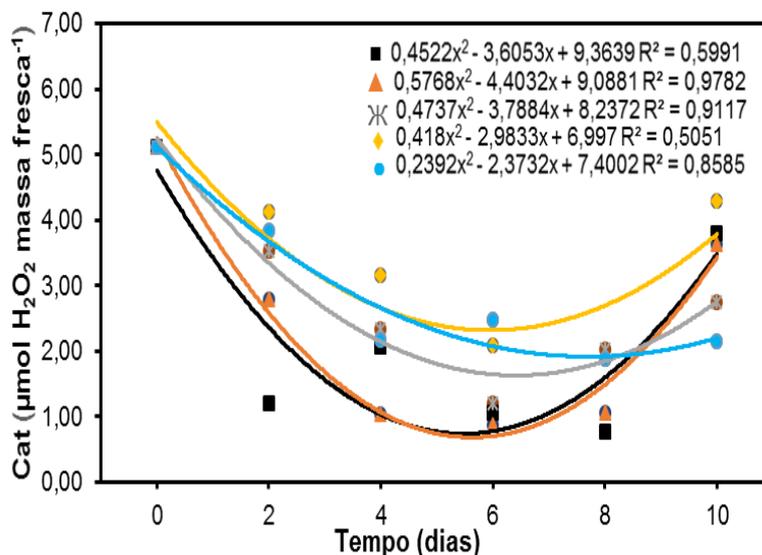
3.8 Enzima catalase

Para a enzima catalase observou-se que houve efeito significativo ($P < 0,01$) para os tratamentos, tempo de armazenamento e na interação desses dois fatores. Foi verificado redução da atividade catalase até o sexto dia para todos os tratamentos, com posterior aumento nos últimos dias (Figura 12).

Os frutos do tratamento *BLEND* apresentaram a maior atividade da catalase ao longo dos dias, seguidos dos tratamentos dos frutos recobertos com os revestimentos camada sob camada e gelatina que apresentaram alta atividade até o oitavo dia. Segundo Boonkorn (2016), essa enzima atua como mecanismo de defesa contra fatores de estresses. O aumento da atividade da catalase demonstrou que esses revestimentos foram eficazes contra os estresses nesses frutos, promovendo proteção celular.

A menor atividade dessa enzima foi verificada pelos frutos do tratamento-controle e recobertos com quitosana até o oitavo dia de avaliação (Figura 12).

Figura 12. Efeito dos revestimentos na atividade da enzima catalase (CAT) ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ massa fresca}^{-1}$) de mamões papaya dos tratamentos controle (■) e revestido com: quitosana (▲), gelatina (⋈), *BLEND* (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias em temperatura ambiente a 26 °C e umidade de 67%.



3.9 Teores de macro e microminerais

A análise dos minerais (Tabela 1) mostrou que houve variação significativa ($P < 0,01$) nos teores de cobre, ferro e manganês dos mamões papaya, no tempo e na interação recobrimento e tempo de armazenamento. Os teores de sódio, potássio e magnésio apresentaram diferença significativa ($P < 0,01$) nos tratamentos, tempo de armazenamento e na interação desses dois fatores.

Segundo Rocha (2012), as variações nos teores de minerais dependem de vários fatores como, região, tipo de solo, adubação, cultivar, época de colheita e etc. Essas variações nos tratamentos podem estar relacionadas com as variações normalmente encontradas nos frutos.

Os minerais desempenham papel importante no metabolismo vegetal, como por exemplo, os microminerais atuam na catálise e na ativação de enzimas, transporte de carboidratos, o potássio atua na turgescência das células, balanço de sais e água, magnésio participa da fotossíntese, ativação de enzimas envolvidas na respiração (Malavolta 2006; Epstein e bloom, 2006).

Tabela 1. Valores médios de micro e macrominerais em frutos de mamão nos tratamentos controle e revestidos com gelatina e quitosana

Minerais (mg.kg ⁻¹)	Tratamentos				
	Controle	Quitosana	Gelatina	Blend	camada sob camada
Na	223,64 ^b	191,91 ^d	248,64 ^a	128,78 ^e	195,13 ^c
Mg	491,66 ^b	354,14 ^d	544,80 ^a	327,57 ^e	412,51 ^c
K	4312,0 ^a	2836,4 ^d	4196,0 ^b	2710,5 ^e	3532,9 ^c
Mn	1,13 ^a	1,06 ^b	1,06 ^b	0,83 ^c	0,80 ^c
Fe	18,79 ^a	17,45 ^b	15,57 ^c	13,96 ^d	15,58 ^c
Cu	4,312 ^a	3,75 ^b	3,84 ^b	3,38 ^c	3,02 ^d

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4. Conclusão

Os recobrimentos a base de quitosana + gelatina (*BLEND*), quitosana sob gelatina *layer-by-layer* (LBL) e gelatina tiveram efeito positivo na conservação de mamão papaya, conseguindo retardar a maturação desses frutos, aumentando assim sua vida útil. Esses revestimentos conseguiram reduzir a perda de massa fresca, mantiveram a firmeza e a coloração verde dos frutos, apresentando menores conteúdos de SS influenciando no amadurecimento, menores conteúdos de polifenóis, menores variações na acidez e vitamina C, menores teores de licopeno e β -caroteno, menores conteúdos de açúcares totais e maior atividade da catalase ao longo dos dias. O tratamento *BLEND* foi o que apresentou os melhores resultados para a manutenção da qualidade dos frutos. Assim, a utilização dos polímeros gelatina e quitosana na forma de *BLEND* quanto *layer-by-layer* é uma alternativa viável na conservação de mamões papaya em temperatura ambiente por no mínimo 10 dias.

5. Referências Bibliográficas

Abugoch, L. E., Tapia, C., Villaman, M. C., Yazdani-Pedram, M., Diaz-Dosque, M. (2011). Characterization of quinoa protein-chitosan blend edible films. *Food Hydrocolloids*, 25, 879–886.

Abreu J. R, Donizete C., Maria C., Abreu P., Carla A., Pinheiro M., Corrêa A. D. (2012) Ripening pattern of guava cv. Pedro Sato. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 32: 344–350.

Ali, A., Muhammad, M. T. M., Sijam, K., Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. **Food Chemistry**, 124, 620–626.

Aktaruzzaman, M. D., Afroz, T., Kim, B. S. (2018). Post-harvest anthracnose of papaya caused by *Colletotrichum truncatum* in Korea. **European Journal of Plant Pathology**, 150, 259-265.

Araújo, E. M., Hage J. R, E., Carvalho, A. J. F. (2003). Compatibilização de Blendas de Poliamida 6/ABS usando os Copolímeros Acrílicos Reativos MMAGMA e MMA-MA. Parte 1: comportamento reológico e propriedades mecânicas das blendas. polímeros. **Ciência e Tecnologia**, 13, 205-211.

Assis, O. B. G., Britto, D. (2014). Coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17, 87-97.

Ayranci, E.; Tunc, S. (2003). A method for the measurement of oxygen permeability and development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food Chemistry*, 80, 423-431.

Barbosa, J. C., Maldonado Júnior, W. (2015). **AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: Gráfica Multipress LTDA. Disponível em: <https://www.agroestat.com.br>.

Barros, T. F. S., Rios, E. S. C., Maia, L. D. M., Dantas, R. L., Silva, S. M. (2018). Qualidade de frutos de cultivares de mamão comercializados em supermercados de Campina Grande-PB. **Revista Agropecuária Técnica**, 39, 129-142.

Basulto, F. S.; Duch, E. S.; Gil, F. E; Plaza, R. D.; Saavedra, A. L.; Santamaría, J. M. (2009). Postharvest ripening and maturity indices for maradol papaya. **Interciencia**, v. 34, n. 8, p. 583.

Brackmann, A., Anese, R. O., Both V., Thewes, F. R., Fronza, D. (2012). Atmosfera controlada para o armazenamento de goiaba cultivar “Paluma”. *Revista Ceres*, 59, 151–156.

Bradford M.M. (1976). Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 71, 248-254.

Bicalho, U. O. 1998. **Vida útil pós-colheita de mamão submetido a tratamento com cálcio e filme de pvc**. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). UFLA Lavras/M.

Boonkorn, P. (2016). Impact of hot water soaking on antioxidant enzyme activities and some qualities of storage tomato fruits. **International Food Research Journal**, 23, 934-938.

Boaretto, L. F., Carvalho, G., Borgo, L., Creste, S., Landell, M. G. A., Mazzafera, P., Azevedo, R. A. (2014). Water stress reveals differential antioxidant responses of tolerant and non-tolerant sugarcane genotypes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 74, 165-175.

Castañeda, L. M. F. 2013. **Avaliação da quitosana e da fécula de mandioca, aplicada em pós-colheita no recobrimento de maçãs**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Cia M.C., Guimarães A. C. R., Medici L. O., Chabregas S. M., Azevedo R. A. (2012). Antioxidant response to water deficit by drought-tolerant and -sensitive sugarcane varieties. *Ann. Ap. Biol.* 161:313-324.

Chitarra, M. I. F., Chitarra, A. B. (2005). Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: ESAL:FAEPE, p. 783.

Chen, N. M.; Paull, R. E. (1986). Development and prevention of chilling injury in papaya fruit. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 111, 639–643.

Corrêa, S. F. Souza, M. S.; Pereira, T.; Alves, G. V. L.; Oliveira, J. G.; Silva, M. G.; VargaS, H. (2008). Determination of thermal diffusivity in papaya pulp as a function of maturation stage. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, 30, 611-615.

De Paoli, M. A. (2008). Degradação e Estabilização de polímeros. 2º versão on-line revisada. Ed. Chemkeys, 1, 2-10.

Escamilla-García, M., Rodríguez-Hernández, M. J., Hernández-Hernández, H. M., Delgado-Sánchez, L. F., García-Almendárez, B. E., Amaro-Reyes, A.,

RegaladoGonzález, C. (2018). Effect of an Edible Coating Based on Chitosan and Oxidized Starch on Shelf Life of *Carica papaya* L., and Its Physicochemical and Antimicrobial Properties. **Coatings**, 8, 318.

Epstein, E.; Bloom, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Ed. Planta, 2006. 401p.

FAO (2018). Production of Papayas: top 10 producers. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 19 julho. 2019.

Freire, L. F. A., Formiga, W. J. F., Lagden, M. G., Luna, A. S., Alves, F. L., Corrêa, M. A., Santos, M. A. G. (2018). Avaliação da Adsorção de Efluente Têxtil por Compósitos de Quitosana. **Revista Processos Químicos**, 12, 9-17

García-Betanzos, C. I., Hernández-Sánchez, H., Bernal-Couoh, T. F., Quintanar-Guerrero, D., Zambrano-Zaragoza, M. L. (2017). Physicochemical, total phenols and pectin methylesterase changes on quality maintenance on guava fruit (*Psidium guajava* L.) coated with candeuba wax solid lipid nanoparticles-xanthan gum. **Food Research International**, 101, 218–227.

Galindo, M. V., Paglione, I. S., Coelho, A. R., Leimann, F. V., Shirai, M. A. (2020). Produção de nanopartículas de quitosana e aplicação como revestimento em blendas de amido de mandioca e poli(ácido láctico). **Research, Society and Development**, 9, 3-15

Gennadios, A. (2002). Soft gelatin capsules. In A. Gennadios (Ed.), *Protein-based films and coatings*, 1, 1-41.

Hammond, P. T. (2012). Building biomedical materials layer-by-layer. **Materials Today**, 15, 96–206.

Hewajulige, I. G. N., Dhekney, S. A. (2016). **Papayas**, 209-212.

Huber, L. S., Rodriguez-Amaya, D. B. (2008). Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição** Araraquara, 19.

Hojo, E. T. D., Cardoso, A. D., Hojo, R. H., Vilasboas, E. V. B., Alvarenga, M. A. (2007). Uso de películas de fécula de mandioca e PVC na conservação pós-colheita de pimentão. **Ciência Agrotecnológica**, 31, 184-190.

IBGE (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 25 de agosto de 2021.

Inestroza-Lizardo, C., Mattiuz, B. H., Silva, J. P., Galati, V. C., Voigt, V, (2018). Hyperbaric pressure at room temperature increases post-harvest preservation of the tomato cultivar 'Débora'. **Scientia Horticulturae**, 228, 103-112

Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo – SP, Instituto Adolfo Lutz, 1020. 2008.

Lima, M. A. C., Silva, S. M., Oliveira, V. R. (2018). Umbu— Spondias tuberosa. **Exotic Fruits**, 1, 427–433.

Lima, C. G. A., De Oliveira, R. S., Figueiro, S. D., Wehmann, C. F., Goes, J. C., & Sombra, A. S. B. (2006). DC conductivity and dielectric permittivity of collagen-chitosan films. **Materials Chemistry and Physics**, 99, 284–288.

Kader, A. A. (1986). Biochemical and physiological bases for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*, 40, 99-104.

Khan, I., Chohan, M. M., Mazumder, M. A. J. (2018). Polymer Blends. In: Jafar

Korte, K. P., Favarão, S. C. M. (2016). Efeito da gelatina incolor e comercial associada a extratos vegetais como revestimento comestível na pós-colheita do morango. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, 11, 8-15.

Mazumder M. A.; Sheardown H.; Al-Ahmed A. *Functional Polymers, Polymers and Polymeric Composites: A Reference Series*. Ed. Springer Nature, Switzerland, 1, 1-33.

Mannozi, C., Cecchini, J. P., Tylewicz, U., Siroli, L., Patriganani, F., Lanciotti, R., Rocculi, P., Dalla, R. M., Romani, S. (2017). Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life. **LWT - Food Science and Technology**, 85, 440-444.

Malavolta, E. **Manual de nutrição mineral de plantas** Piracicaba: Ceres, 2006. 638p.

Morais, F. A., Araújo, F. M. M. C., Machado, A. V., Ricarte, F. D. N., Junior, R. S. (2010). Influência da atmosfera modificada sob a vida útil pós-colheita do mamão Formosa. **Revista Verde**, 5, 01–09.

Nair, M. S., Tomar, M., Punia, S., Kukula-Koch, W., Kumar, M. (2020). Enhancing the functionality of chitosan- and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: **A review. International Journal of Biological Macromolecules**, 164, 304–320.

Nagasaki, M. and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 39, 925-928.

Nunes, A. C. D., Figueiredo Neto, A., Nascimento, I. K. S., Oliveira, F. J. V., Mesquita, R. V. C. (2017). Stored papaya 'formosa' coated with cassava starch base. **Revista de Ciências Agrárias**, 40, 254-263.

Pan, Y. G., Yuan, M. Q., Zhang, W. M., Zhang, Z. K. (2017). Effect of low temperatures on chilling injury in relation to energy status in papaya fruit during storage. **Postharvest Biology and Technology**, 125, 181–187.

Pereira, T., Carlos, L. A., Oliveira, J. G., Monteiro, A. R. (2005). Características físicas e químicas de goiaba cv. Cortibel (*Psidium guajava*) estocadas sob refrigeração em filmes X-Tend. *Alimentos e Nutrição*, 16, 11–16.

Pigozzi, M. T., Silva, V. M., Mendes, F. Q., Oliveira, I. R. N., Moraes, A. F., Lopes, E. A. (2021). *Qualidade pós-colheita de mamão revestido com álcool polivinílico e amido de milho*. **Food Science and Technology**, doi.org/10.1590/1413-7054202145019120.

Pimentel, J. D. R., Souza, D. S., Oliveira, T. V., Oliveira, M. C., Bastos, V. S., Castro, A. A. (2011). Estudo da conservação de mamão Havaí utilizando películas comestíveis a diferentes temperaturas. **Scientia Plena**, 7, 1- 6.

Pranoto, Y., Lee, C. M., & Park, H. J. (2007). Characterizations of fish gelatin films added with gellan and κ-carrageenan. **LWT- Food Science and Technology**, 40, 766–774.

Sá, M. C., Rodriguez-Amaya, D. B. (2003). Carotenoid composition of cooked green vegetables from restaurants. *Food Chemistry*, 4, 595-600. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00227-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00227-9).

Silva, D. A., Oliveira, J. K., Santos, C. M., Bery, C. C. S., CAstro, A. A., Santos, J. A. B. (2014). The use of sodium alginate-based coating and cellulose acetate in papaya post-harvest preservation. **Acta Scientiarum. Technology**, 36, 569-573.

Setiawan, B., Sulaeman, A., Giraud, D. W., Driskell, J. A. (2001). Carotenoid content of selected Indonesian fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, 14,169-166.

Pearson, D. 1976. **Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos**. Zaragoza, España.

Poverenov, E.; Rutenberg, R.; Danino, S.; Horev, B. & Rodov, V. (2014). Gelatin-chitosan composite films and edible coatings to enhance the quality of food products: Layer-by-layer vs. Blended formulations. **Food and Bioprocess Technology**, 7, 3319–3327.

Rebouças, J. L., Machado, F. L. C., Afonso, M. R. A., Costa, J. M. C. (2013). PostHarvest Conservation of Papaya “Formosa Tainung 01” Conditioned Under Different Packaging Systems. **International Journal of Sciences**, 2, 57- 65.

Rocha, R. P. (2012). **Avaliação pós-colheita de mamão papaya cv. Golden tratado com Calda bordalesa e Óleo essencial de cravo (Syzygium aromaticum)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rural do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Wang, Qi., Cao, Jun., Yu, Huan., Zhang, Jiahui., Yuan, Y., Shen, X., LI, C. (2019). The effects of EGCG on the mechanical, bioactivities, cross-linking and release properties of gelatin film. **Food Chemistry**, 271, 204-210.

Udomkun, P. Nagle, M., Mahayothee, B., Nohr, D., Koza, A. & Muller, J. (2015). Influence of air drying properties on non-enzymatic browning, major bio-active compounds and antioxidant capacity of osmotically pretreated papaya. **LWT - Food Science and Technology**, 60, 914-922.

Trigo, J. M., Albertini, S., Spoto, M. H. F., Sarmiento, S. B. S., Lai Reyes, A. E., Sarriés, G. A. (2012). Efeito de revestimentos comestíveis na conservação de mamões minimamente processados. **Brazilian Journal of Food Technology**, 15, 125-133.

Waterhouse, A. Folinciocalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 3 – 5, 2006.

Yan, J., Luo, Z., Ban, Z., Lu, H., Li, D., Yang, D., Aghdam, S., Li, L. (2019). The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. **Postharvest Biology and Technology**, 147, 29–38

Yemm, E. W., Willis, A. J. (1954). The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, 57, 508-515.

Zhang, L., Huang, C., Zhao, H. (2019). Application of Pullulan and Chitosan Multilayer Coatings in Fresh Papayas. **Coatings**, 9, 745.

Zenebon, O., Pascuet, N.S., Tiglea, P., (2008). Métodos físico-químicos para análises de alimentos, fourth ed. Instituto Adolfo Lutz (IAL), São Paulo.

APÊNDICE

Tabela 1. Caracterização qualitativa de mamão papaya recobertos com quitosana, gelatina, BLEND (quitosana + gelatina) e camada sob camada (quitosana sob gelatina), armazenadas durante 10 dias em temperatura ambiente a 26 °C e 67% UR

Tratamentos	PM	L*	a*	b*	Hue	FIR	pH	SS	AT	LIP	β-caroteno	AA	CF	CAT
Controle	6,80 ^a	47,21 ^a	8,80 ^a	31,62 ^a	87,64 ^d	35,08 ^d	5,70 ^d	11,10 ^a	0,11 ^a	0,08 ^a	0,12 ^a	14,60 ^a	107,79 ^a	3,66 ^b
Quitosana	6,60 ^a	22,84 ^b	0,58 ^b	21,46 ^b	105,56 ^c	48,44 ^c	5,90 ^{bc}	10,39 ^a	0,11 ^{ab}	0,07 ^b	0,08 ^c	13,41 ^b	92,02 ^{bc}	4,15 ^a
Gelatina	6,40 ^a	19,60 ^c	-2,90 ^c	16,03 ^c	113,41 ^b	60,72 ^b	6,08 ^{ab}	9,85 ^b	0,09 ^{bc}	0,06 ^d	0,07 ^d	12,31 ^{bc}	93,31 ^b	2,90 ^{cd}
Blend	6,36 ^a	17,48 ^d	-3,02 ^c	13,54 ^d	117,88 ^a	69,22 ^a	5,90 ^c	9,50 ^b	0,08 ^c	0,06 ^e	0,07 ^e	11,95 ^c	89,44 ^{cd}	2,93 ^c
LBL	6,26 ^a	18,23 ^{cd}	-3,27 ^c	14,71 ^{cd}	115,47 ^{ab}	60,84 ^b	6,00 ^{ab}	9,50 ^b	0,09 ^c	0,06 ^c	0,09 ^b	12,63 ^{bc}	89,55 ^d	2,83 ^d
C.V	9,05	7,55	0,60	6,85	4,11	3,17	0,27	15,08	3,41	0,17	0,20	12,19	0,57	3,62

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (P <0,05). PM = Perda acumulada de massa fresca (%); L = Luminosidade; a* (-a* verde); b* (+b* amarelo), Hue = Ângulo Hue; FIR = Firmeza (N); SS= Sólidos solúveis (%); pH; AT= Acidez titulável (% ácido cítrico); LIP= Licopeno (mg 100g⁻¹); β-caroteno (mg 100g⁻¹); AA= Ácido ascórbico (mg 100g⁻¹ de massa fresca); CF = Compostos fenólicos totais (mg GAE 100g⁻¹ massa fresca); Açúcares totais (g 100 g⁻¹); Catalase (μmol H₂O₂ decomposto min⁻¹ g⁻¹ massa fresca).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para perda de massa, firmeza, L*, a*, b*, Hue, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, ácido ascórbico, compostos fenólicos, licopeno, β -caroteno, açúcares totais e catalase de mamão papaya recobertos com quitosana, gelatina, *BLEND* (quitosana + gelatina) e camada sob camada (quitosana sob gelatina), armazenadas durante 10 dias em temperatura ambiente a 26 °C e 67% UR.

FV	GL	PM	Fir	L*	a*	b*	Hue	pH	SS	AT	LIP	β -car	AA	CF	Cat
Reves (R)	4	0,0 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}	35,571**	0,0 ^{ns}	698,41**					
Tempo (T)	5	15,12*	2854,5**	65,071**	482,82**	37,964**	74,280**	237,14**	21,577**	189,73**	21,00**	254649**	39,385**	167,13**	5644,5**
R x T	20	0,149 ^{ns}	58,846**	10,719**	50,531**	30,959**	20,503**	18,515**	4,0492**	22,925**	15,20	278772**	7,567**	25,994**	680,44**
Resíduo	57	-	0,033	2,1622	-	0,186	69,288	-	2960,2	0,0088	-	-	13,727	25,994	-
CV (%)	-	9,05	3,17	7,55	0,60	6,85	4,11	0,27	15,08	3,41	0,17	0,20	12,19	0,57	3,62

^{ns}não significativo; **, *significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os macros e microminerais de mamão papaya recobertos com quitosana, gelatina, *BLEND* (quitosana + gelatina) e camada sob camada (quitosana sob gelatina), armazenadas durante 10 dias em temperatura ambiente a 26 °C e 67% UR.

FV	GL	Na	Mg	K	Mn	Fe	Cu
Revest. (R)	4	0,0 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2731,7**	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}
Tempo (T)	5	2026,5**	6969,3**	775727**	2762,4**	3730,4**	618,67**
R x T	20	15113**	417996**	3022,5**	115,26**	491,05**	20,807**
Resíduo	57	839,49**	7247,4**	-	-	-	-
CV (%)	-	0,33	0,19	0,15	37,60	1,58	8,09

^{ns}não significativo; **, *significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

CAPÍTULO 3 – USO DE REVESTIMENTOS À BASE DE GELATINA E QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO DE MAMÃO PAPAYA (*Carica papaya L.*) MINIMAMENTE PROCESSADO

RESUMO – O mamão minimamente processado é bem aceito pelos consumidores, porém devido as etapas do processamento esse fruto, sofre alterações que precisam ser controladas, visando manter as características do produto fresco. Na presente pesquisa objetivou-se avaliar mamões papaya minimamente processados, pelo uso de revestimentos comestíveis a base de quitosana e gelatina por diferentes técnicas. Os mamões foram cortados longitudinalmente e retirados as sementes com o auxílio de lâminas cortantes, em seguida imersos em solução de cloro ativo a 200 ppm durante 10 min, e depois deixados secar naturalmente. Logo após foram submetidos aos seguintes tratamentos: controle (água destilada), quitosana 1%, gelatina 4%, quitosana 1% + gelatina 4% (blend) e quitosana 1% sob gelatina 4% (layer-by-layer). Avaliou-se Espectroscopia de infravermelho (FTIR) dos revestimentos, e para os frutos massa fresca, firmeza, cor da polpa (L^* , a^* , b^* e ângulo Hue), pH, acidez titulável, sólidos solúveis, ácido ascórbico, compostos fenólicos, licopeno, β -caroteno, açúcares totais e catalase. Os revestimentos à base de gelatina e quitosana sob gelatina camada sob camada tiveram efeito positivo na conservação de mamão papaya minimamente processado, conseguindo retardar a maturação desses frutos, aumentando assim sua vida útil. Esses revestimentos conseguiram reduzir a perda de massa fresca, mantiveram a firmeza e a coloração alaranjada da polpa dos frutos. Os tratamentos apresentaram baixo conteúdo de SS durante o período de armazenamento, menores variações na acidez, influenciando no amadurecimento. A gelatina apresentou baixo conteúdo de polifenóis, o tratamento camada sob camada não apresentou variações nos teores de vitamina C. Esses tratamentos não tiveram variações nos teores de licopeno e β -caroteno ao longo dos dias, apresentam um pequeno aumento nos açúcares totais. Assim, a utilização dos polímeros gelatina e quitosana sob gelatina camada sob camada (LBL) é uma alternativa viável na conservação de mamões papaya minimamente processados por no mínimo 8 dias.

Palavras-chave: *BLEND*, Camada-sob-camada, Coberturas comestíveis, Pós-colheita.

CHAPTER 3 - U USE OF GELATIN AND CHITOSAN-BASED COATINGS IN THE CONSERVATION OF MINIMALLY PROCESSED PAPAYA PAPAYA (*Carica papaya* L.)

RESUME - Minimally processed papaya is well accepted by consumers, but due to the processing steps this fruit undergoes changes that need to be controlled, in order to maintain the characteristics of the fresh product. This research aimed to evaluate minimally processed papaya papayas, using chitosan and gelatin-based edible coatings by different techniques. The papayas were cut longitudinally and the seeds removed with the aid of cutting blades, then immersed in an active chlorine solution at 200 ppm for 10 min, and then allowed to dry naturally. Soon after, they were subjected to the following treatments: control (distilled water), 1% chitosan, 4% gelatin, 1% chitosan + 4% gelatin (blend) and 1% chitosan under 4% gelatin (layer-by-layer). Infrared spectroscopy (FTIR) was evaluated for the coatings, and for fruits, fresh weight, firmness, flesh color (L^* , a^* , b^* and Hue angle), pH, titratable acidity, soluble solids, ascorbic acid, compounds phenolics, lycopene, β -carotene, total sugars and catalase. Gelatin and chitosan-based coatings under layer-by-layer gelatine had a positive effect on the conservation of minimally processed papaya, managing to delay the maturation of these fruits, thus increasing their shelf life. These coatings were able to reduce the loss of fresh mass, maintaining the firmness and orange color of the fruit pulp. The treatments presented low SS content during the storage period, smaller variations in acidity, influencing ripening. Gelatin had a low content of polyphenols, the layer-by-layer treatment did not vary in vitamin C content. These treatments did not vary in lycopene and β -carotene over the days, showing a small increase in total sugars. Thus, the use of gelatine and chitosan polymers under layer-by-layer gelatine (LBL) is a viable alternative for preserving minimally processed papaya for at least 8 days.

Key words: *BLEND*, Layer-under-layer, Edible Toppings, Post-harvest.

1. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya L.*) é um fruto de origem tropical que foi descoberto no sul do México e norte da Nicarágua pelos espanhóis, sendo introduzido no Brasil em 1587, por causa do clima favorável (Serrano e Cattaneo, 2010).

O Brasil destaca-se como o segundo maior produtor mundial de mamão (FAO, 2018), sendo um fruto muito importante para a produção no país. Os maiores produtores nacionais são os estados do Espírito Santo, Bahia e Ceará (IBGE, 2019).

O mamão apresenta em sua composição vários nutrientes disponíveis que ajudam na digestão e absorção, como vitaminas A e C, ferro, cálcio, magnésio e potássio (Cruz, 2016), além da enzima papaína.

No Brasil, o mamão é comumente consumido de forma *in natura*, na forma de doce, vitamina, suco (Neves, 2007) e minimamente processado, onde é bem aceito pelos consumidores Cortez-Vega et al. (2014).

Nos últimos anos tem-se observado um aumento na procura por vegetais minimamente processados, devido a praticidade de consumo desses alimentos. A comercialização de vegetais minimamente processados teve início no Brasil na década de 1990, sendo um setor atual no país, onde vem crescendo e firmando-se no mercado nacional (Moretti, 2017), devido principalmente a facilidade de preparo, menor espaço para armazenamento, porções menores para o consumo e diminuição do desperdício (Kluge et al., 2014).

Os vegetais minimamente processados são produtos que passaram por etapas de seleção, classificação, pré-lavagem, descascamento, corte, fatiamento, sanitização, enxague, centrifugação e embalagem, com intuito de manter as características do produto fresco (Oliveira e Santos, 2015), e agregar valor a esses produtos. Contudo, essas etapas causam estresses mecânicos, que tendem acelerar a perda de água, aumento da taxa de respiração, escurecimento enzimático e mudanças no sabor e aroma (Almino e Santos, 2020). O mamão minimamente processado é bem aceito pelos consumidores, porém apresenta em média 2 dias úteis (Cortez-Vega et al., 2014), sendo necessário o uso de tecnologias que possibilitem manter a qualidade desses vegetais.

Nesse sentido, os revestimentos comestíveis surgem como alternativas para o processamento mínimo de frutas. Os revestimentos comestíveis utilizam materiais biodegradáveis que podem ser obtidos de polissacarídeos, proteínas e lipídeos (Atarés e Chiralt, 2016), e podem ser definidos como um material fino que é aplicado diretamente na superfície dos vegetais (Fakhouri et al., 2015).

Dentre os materiais que podem ser utilizados como revestimentos comestíveis e/ou biodegradáveis, estão a gelatina e quitosana. A gelatina é uma proteína que tem boas propriedades para a formação de filmes, sendo boa barreira externa, evitando muito bem as trocas com o meio (Wang et al., 2019). A quitosana tem grande potencial na produção de revestimento para alimentos, podendo atuar como veículo de liberação controlada de fármacos e aditivos, sendo utilizada de diferentes formas, como microesferas, flocos, nanopartículas, fibras e filmes (Galindo et al., 2020), sendo não tóxico, biodegradável, de baixo custo e com atividade antimicrobiana (Freire et al., 2018).

A aplicação de revestimento por técnicas que possibilitem ajustar as propriedades dos revestimentos de acordo com a necessidade do processo estão sendo cada vez mais estudadas (Arnon-rips e Poverenov, 2018). Nesse sentido, a técnica camada sob camada e a utilização de *BLENDS* estão mostrando ótimos resultados por poder utilizar vários biopolímeros. A técnica utiliza materiais de cargas opostas, e envolve uma deposição camada sobre camada, facilitando o processo de adesão do revestimento no fruto (Hammond, 2012), podendo ser aplicada através de imersão, spray, eletrodeposição, montagem magnética, eletroacoplamento, filtração, microfluídas e leitos fluidizados, centrifugação e imobilização (Richardson et al., 2015). O *BLEND* utiliza a mistura de dois ou mais polímeros (De Paoli, 2008), que obtém materiais que em geral, não são encontrados em um único material (Araújo et al., 2003). Esses materiais são preparados para aumentar a resistência à tração, ao impacto e a redução da solubilidade (Khan et al., 2018), produzindo revestimentos com melhores características de adesão a superfície dos frutos.

Neste sentido, no presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito dos revestimentos à base de gelatina e quitosana na conservação do mamão papaya minimamente processado por diferentes técnicas.

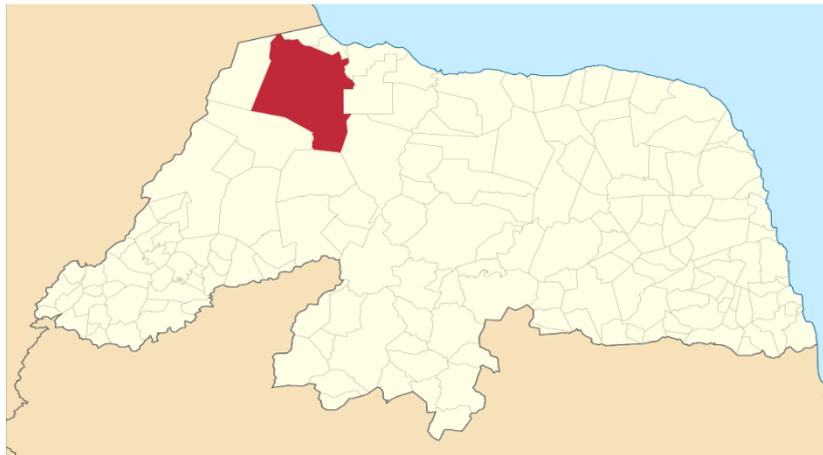
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Origem dos frutos

Os mamões foram obtidos de uma propriedade localizada no município de Mossoró-RN (Figura 1). O município de Mossoró fica localizado na mesorregião do oeste potiguar, a 5° 11' 17" Sul, Longitude: 37° 20' 39" Oeste.

Foram utilizados mamões da variedade 'papaya', colhidos no ponto de maturação comercial verde-brilhante. Os frutos foram transportados em caixas plásticas vazadas hortifruti para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

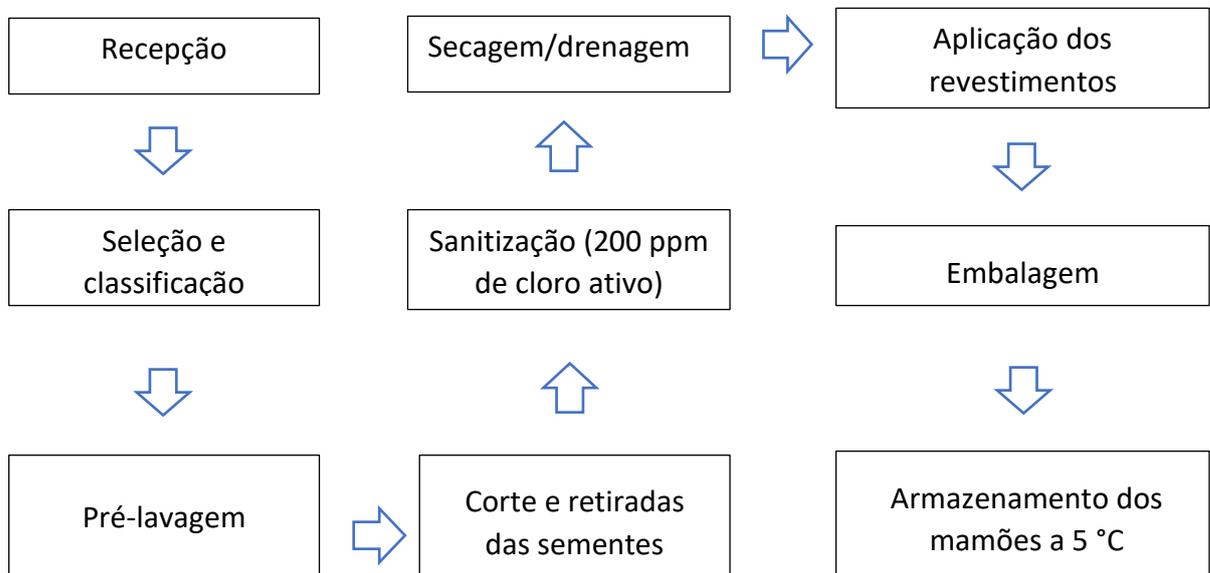
Figura 1. Localização do município de Mossoró-RN.



Fonte: Google Maps.

Os mamões foram inicialmente selecionados por tamanhos, cor e por ausência de danos mecânicos e foram lavados com água corrente para tirar possíveis sujidades. O processamento mínimo foi realizado em temperatura de aproximadamente 10 °C. Os utensílios utilizados foram (bandejas, lâminas cortantes, mesa inox e bancadas). Os mamões foram cortados longitudinalmente e retirados as sementes com o auxílio de uma colher, e foram imersos em solução de cloro ativo a 200 ppm durante 10 min, e depois deixados secar naturalmente, como mostra as etapas do processamento mínimo do mamão (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma do processamento mínimo do mamão papaya



2.2 Revestimentos

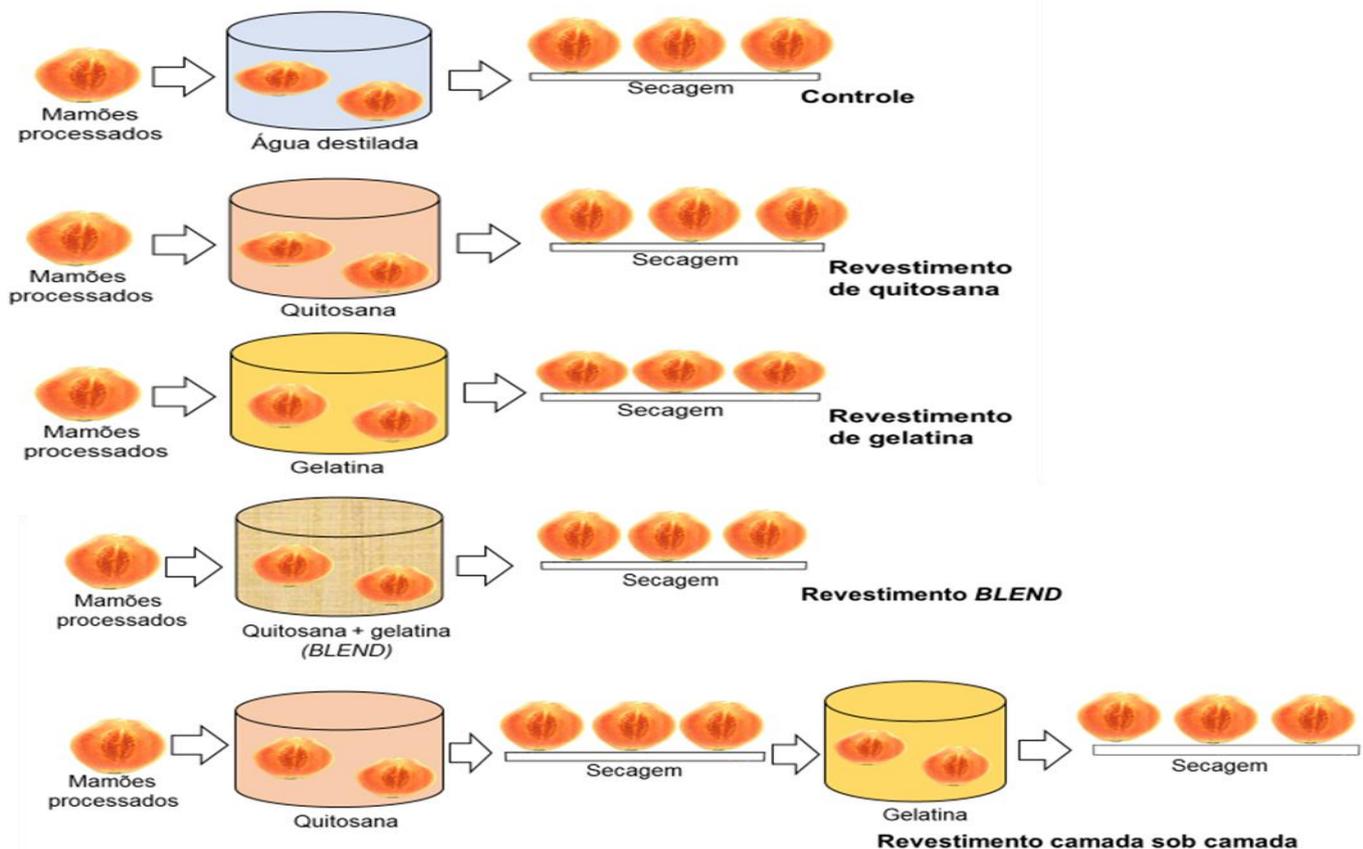
A solução de quitosana (Polymar, Referência: 9012-76-4) com grau de desacetilação de 82,89% foi preparada na concentração de 1,0% (p/v), em água destilada e em solução de ácido acético 1,0% (p/v), com o auxílio de uma chapa aquecedora (Tecnal, modelo TE 0181) a temperatura de 45 °C durante 2 h até completa dissolução, conforme descrito por Yoshida et al. (2009), com pH final da solução de 3,92.

A solução de gelatina incolor e sem sabor (Dr. Oetker®) foi preparada por dissolução em água destilada na concentração de 4% (p/v). A solução foi homogeneizada em chapa aquecedora (Tecnal, modelo TE 0181) a temperatura de 60 °C por 30 min. O pH final da solução foi de 5,57. Após a dissolução, ambas soluções foram adicionadas de glicerol na concentração de 1% (p/v).

2.3 Tratamentos

Os mamões foram imersos em cinco tipos de revestimentos (Figura 2): (1) controle (água destilada), (2) quitosana (1%, p/v) (3) gelatina (4%, p/v) (4) *BLEND* (quitosana 1%, p/v + gelatina 4%, p/v) e (5) camada-sob-camada (quitosana 1%, p/v sob gelatina 4%, p/v) por cerca de 30 segundos e deixados secar naturalmente. Em seguida, os mamões minimamente processados foram embalados em bandejas de poliestireno e envoltos com policloreto de vinila (PVC, 12 μ m), e armazenados à temperatura de $5,0 \pm 1$ °C e UR de $80 \pm 5\%$ durante 10 dias.

Figura 3. Esquema dos tratamentos



2.4 Caracterização dos revestimentos na transmitância

Para análise de Espectroscopia de Infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) dos filmes preparados foram registrados entre 400 e 4.000 cm^{-1} com 8 varreduras em média, com uma resolução de 8 cm^{-1} (Cary 600 series FTIT Spectrometer).

2.5 Avaliações físico-químicas

- **Perda de massa:** a perda de massa foi obtida relacionando-se a diferença entre a massa inicial do mamão e a massa obtida ao final de cada tempo de armazenamento, de acordo com a Equação 1 (Inestroza-Lizardo et al., 2018). Para a pesagem foi utilizada uma balança eletrônica com faixa de medição de 50 a 6.000± 2 g (Bioprecisa FA2104N). Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa.

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{[\text{massa inicial} - \text{massa final}]}{\text{massa inicial}} \times 100\% \quad \text{Eq 1.}$$

- **Firmeza:** a firmeza da polpa foi medida por meio de um penetrômetro digital (Instrutherm PTR-30), com ponta de 5 mm (5–200 N ± 1 N) avaliada na região equatorial dos mamões, sendo os resultados expressos em Newton.

- **Análise colorimétrica:** a cor da epiderme dos frutos foi medida utilizando um colorímetro portátil (Delta color d0) com iluminante padrão D65, um ângulo observador de 0° e calibrado com uma cor padrão (branco), usando o sistema CIELab. Foram avaliados a luminosidade (L^* ; 0 = preto, 100 = branco), a coordenada a^* vermelho/verde (+ a indica vermelho e - a indica verde), b^* coordenada amarelo/azul (+ b indica amarelo e - b indica azul) e o ângulo Hue (h°).

- **Sólidos solúveis (SS):** foram determinados com auxílio de refratômetro manual digital (MA871, Milwaukee, Wisconsin, EUA,). Os resultados foram expressos em porcentagem (Zenebon et al., 2008).

- **Acidez titulável (AT):** foi determinada através da diluição de 5 g da polpa do mamão para 50 mL de água destilada e titulado com NaOH 0,1 N até coloração róseo claro. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico, conforme Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008).

- **Potencial hidrogeniônico:** determinado em potenciômetro digital (Nova Orgânica), conforme técnicas do Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008);

- **Ácido ascórbico (AA):** foi determinado por espectrofotometria, segundo Person (1976). Pesou-se aproximadamente 5,0 g da amostra em um béquer. Adicionou-se 10 mL de ácido oxálico 0,4% e agitou-se por 5 minutos. Transferiu-se a amostra para um balão volumétrico de 10 mL e completou-se o volume com ácido oxálico. Filtrou-se a solução. Zerou-se o espectrofotômetro com água destilada, ao comprimento de onda de 520 nm. Em um tubo de ensaio transferiu-se 1 mL de ácido oxálico 0,4%, adicionou-se 9 mL da solução corante de DFI e realizou-se a leitura L1. Em seguida adicionou-se ao tubo de ensaio alguns cristais de ácido ascórbico, para descorar a solução, e realizou-se a leitura L1A. Transferiu-se 1 mL do filtrado para dois tubos de ensaio. Em um deles adicionou-se 9 mL de água destilada. Zerou-se novamente o aparelho com esta solução. No outro tubo adicionou-se 9 mL de DFI e realizou-se a leitura L2. Adicionou-se a este tubo de ensaio alguns cristais de ácido ascórbico e realizou-se a leitura L2A.

- **Licopeno e β -caroteno:** o β -caroteno e licopeno foram determinados usando o método de Nagasaki e Yamashita (1992). Foram utilizados 300 mg de material vegetal fresco, agitando vigorosamente com 10 mL de um mix acetona-exano (4:6), e posteriormente filtrado. As concentrações foram determinadas observando as medidas em absorbâncias de 453, 505, 645 e 663 nm. Os resultados foram expressos em mg de licopeno/ g de extrato, e mg de β -caroteno/g de extrato.

- **Compostos Fenólicos Totais (CF):** foram determinados conforme o método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006). Para a extração dos compostos fenólicos, foram pesados 1 g das amostras, onde foram adicionados 50 mL de água deionizada aos poucos e foram maceradas almofariz. Em seguida foram transferidas para balões de 50 mL, onde ficaram em repouso durante 30 minutos. Posteriormente foram filtradas em papel de filtro, e alíquotas 600 µL foram transferidas para tubos de ensaio e adicionadas 1.525 µL de água, 125 µL de Folin-Ciocalteu, que foram agitadas e deixadas em repouso durante 5 minutos. Após o repouso foram adicionados 250 µL de carbonato de sódio 20%, seguida de nova agitação, onde foram colocadas em banho-maria à 30° durante 30 minutos. As amostras foram lidas em espectrofotômetro UV-visível (Bel photonics - UV W51) no comprimento de onda 765 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico 100 g⁻¹ MF.

- **Açúcares Totais:** os açúcares foram determinados conforme método da Antrona descrito por Yemm et al. (1954). Foi pesado 0,5 g das amostras, maceradas em almofariz e diluídas em 50 mL de água destilada. Posteriormente, foram deixadas em repouso e realizou uma filtração. Os reagentes foram colocados nos tubos de ensaio seguindo a mesma ordem da curva padrão. Em seguida, foi adicionada a amostra, água e antrona 0,2%. Os tubos foram levados ao banho-maria a 100 °C por 3 minutos, deixou esfriar e realizaram-se as leituras. A curva padrão foi preparada com glicose e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro na absorvância de 620 nm.

- **Proteínas totais:** A extração de proteínas totais foi realizada pelo método de Boaretto et al. (2014), utilizando tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5), EDTA 1 mM, Ditioneitol (DTT) 3 mM. Para realizar a extração foi utilizado 1 grama do material vegetal e adicionados 3 mL do tampão de extração, posteriormente colocados para centrifugar em rotação de 10.000 rpm durante 30 min. Após a centrifugação foi coletado o sobrenadante para a determinação das proteínas totais pelo método de Bradford (1976), além disso parte do sobrenadante foi guardado em freezer (-80 °C) para a quantificação da catalase.

- **Enzima catalase:** a atividade da catalase foi determinada em espectrofotômetro através do monitoramento da degradação do H_2O_2 a 240 nm durante o período de 1 minuto (Cia et al., 2012). A reação foi composta por extrato vegetal, tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5) e H_2O_2 . Os resultados foram expressos em $\text{umol min}^{-1} \text{mg proteína}$.

2.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 5 x 6 (tratamentos: controle; quitosana 1,0%; gelatina 4%; quitosana 1,0% + gelatina 4% e quitosana 1,0 % sob gelatina 4%) e seis períodos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias). A unidade experimental foi composta por um fruto e cada tratamento teve 4 repetições, totalizando 104 mamões. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o software AgroEstat, versão 1.1 (Barbosa e Maldonado, 2015). Quando diferenças significativas foram encontradas, uma análise de regressão foi realizada. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 FTIR dos revestimentos de gelatina e quitosana

Os espectros de FTIR dos filmes de gelatina, quitosana, gelatina + quitosana (*BLEND*) e gelatina sob quitosana (camada sob camada) foram medidos, cujos dados são mostrados na Figura 4.

As bandas largas típicas em filmes de quitosana apareceram nos espectros de 3.000 a 3.600 cm^{-1} e foram atribuídos à banda da amida A (alongamento), outras bandas também foram identificadas em 2.879 cm^{-1} (alongamento C – H de grupos alquil), 1.470 cm^{-1} CH_2 (deformação angular).

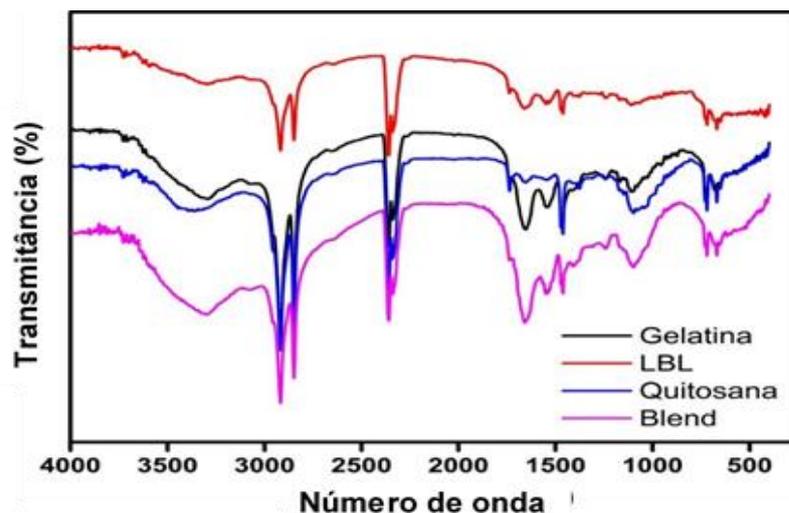
As bandas largas típicas em filmes de gelatina apareceram nos espectros de 1.632 cm^{-1} (atribuído ao alongamento $\text{C}=\text{O}$), 1239 cm^{-1} (atribuído ao alongamento C – N e N – H na amida).

De acordo com Abugoch et al. (2011) e Lima et al. (2006), filmes de quitosana demonstraram bandas características em 1.637 e 1.570 cm^{-1} (atribuídas a um ligação amida), $3400\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$ (atribuído a O – H e N – H alongamento) e 900 e 1.150 cm^{-1} (atribuído a piranose anéis e grupos amino).

Bandas de gelatina características apareceram em 1.632 cm^{-1} (atribuído ao alongamento C=O) 1549 cm^{-1} (atribuído ao alongamento N-H em ligações amida) e 1.239 cm^{-1} (atribuído ao alongamento C – N e N – H na amida) (Gennadios 2002; Pranoto et al. 2007).

Segundo Poverenov et al. (2014), bicomponente de gelatina e quitosana em *BLEND* e camada sob camada exibem as bandas características em superposição uma vez que os componentes foram combinados em quantidades equimolares.

Figura 4. Espectroscopia de Infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)



3.2 Perda de massa fresca e firmeza

Observou-se que independentemente do tratamento houve perda de massa fresca ao longo dos dias, e que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo de armazenamento dos frutos (Figura 5A).

Os frutos revestidos com gelatina apresentaram a menor perda de massa (3,8%) durante o período de armazenamento, seguido dos frutos revestidos com os tratamentos camada sob camada e *BLEND*, que tiveram perda de massa 4,7 e

5,0%, respectivamente (Figura 5A). De acordo Chitarra e Chitarra (2005), as películas que os revestimentos formam na superfície dos frutos diminuem a perda de água e a desidratação, prevenindo assim, a perda de massa e o murchamento dos mesmos. Isso mostra que esses revestimentos foram eficientes na manutenção da perda de massa dos mamões minimamente processados.

As maiores perdas de massa foram dos frutos do tratamento-controle e recoberto com quitosana, com 5,7 e 5,11%, respectivamente (Figura 5A). Possivelmente, os frutos recobertos com quitosana não formaram bem a camada protetora sobre a polpa do mamão, ou o revestimento causou estresse e agiu de forma contrária. Com isso, esses frutos perderam mais massa do que os demais tratamentos com revestimentos ao longo do período de conservação. Segundo Kumar et al. (2017), as maiores perdas de massas nos frutos acontecem devido à migração da água presente no fruto para o meio ambiente, sendo atribuída à transpiração dos estômatos e evaporação direta através das células epidérmicas.

Poverenov et al. (2014) ao estudarem revestimentos comestíveis de gelatina e quitosana pela técnica camada sob camada e por *BLEND* em melões minimamente processados, observaram que os frutos recobertos com os tratamentos *BLEND*, gelatina e quitosana tiveram menores perdas de massa ao longo dos dias quando, comparados ao controle, sendo semelhantes com a referente pesquisa.

A firmeza dos frutos foi reduzida em função do aumento do tempo de conservação, independentemente do tipo de revestimento (Figura 5B), com diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo e na interação tipos de revestimentos e tempo de armazenamento.

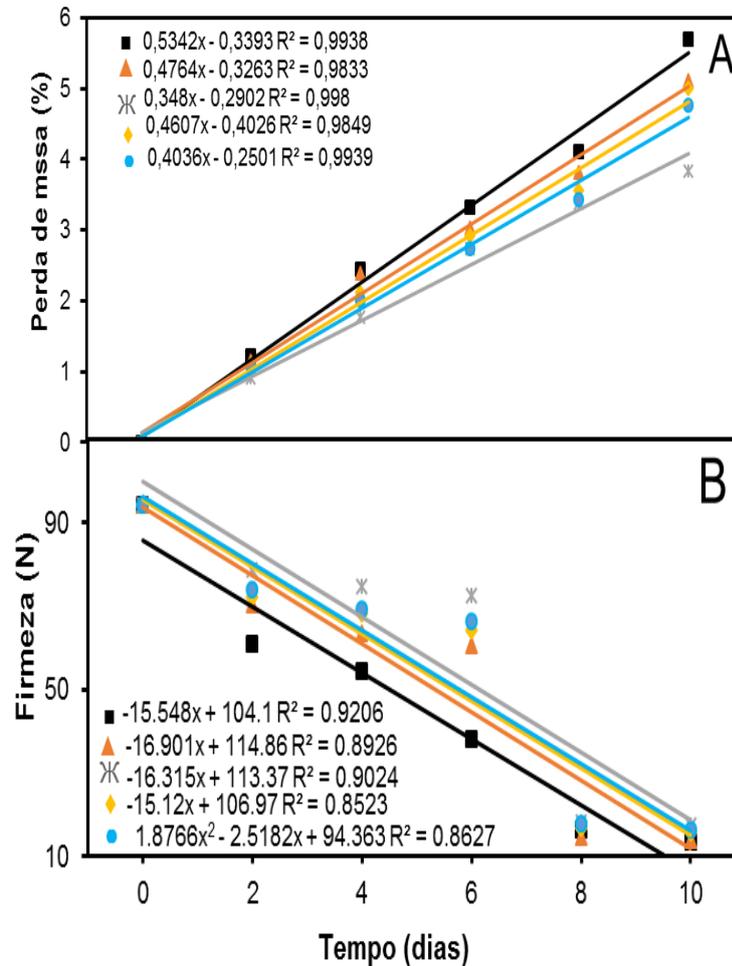
Os frutos recobertos com gelatina apresentaram as maiores firmezas durante o período de conservação, com 17,44 N, seguido dos frutos recobertos com os tratamentos camada sob camada e *BLEND*, com firmeza de 16,26 e 15,84 N, respectivamente (Figura 5B). A manutenção da firmeza nos vegetais depende, essencialmente, de fatores como a turgescência dos tecidos e a degradação da parede celular (Fagundes et al., 2015), que está diretamente relacionado com a perda de massa do vegetal. As maiores firmezas desses frutos ao longo dos dias estão associados com a película que esses revestimentos formaram na superfície

dos mamões, atuando na redução da taxa metabólica dos frutos, acarretando baixa concentração interna de O₂ disponível, o que inibiu os processos degradativos da parede celular e a solubilização das pectinas (Brackmann et al., 2012; Castañeda, 2013).

As menores firmeza foram dos frutos do tratamento-controle e recobertos com quitosana, com 13,35 e 13,83 N, respectivamente (Figura 5B). A redução da firmeza ao longo dos dias está relacionada à perda de água e a perda da integridade da parede celular, que ocorre devido a vários mecanismos, como por exemplo, a solubilização das protopectinas que acontece durante o processo natural de amadurecimento e também por ação de enzimas hidrolíticas (Chitarra e Chitarra, 2005).

Poverenov et al. (2014), ao estudarem revestimentos comestíveis de gelatina e quitosana pela técnica camada sob camada e por *BLEND* em melões minimamente processados, observaram que os frutos recobertos apresentaram as maiores firmeza até o último dia de armazenamento, com destaque para a técnica camada sob camada, sendo semelhante com esta pesquisa, pois o tratamento apresentou a segunda melhor firmeza no mamão.

Figura 5. Efeitos dos revestimentos a base de quitosana e gelatina na perda de massa fresca e firmeza de mamões papaya minimamente processado dos tratamentos controle (■) e revestido com quitosana (▲), gelatina (⋈), BLEND (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias a 5 °C.



3.3 Cor da polpa

Quanto à luminosidade (L^*) houve diferença significativa ($P < 0,01$) em função do tempo e da interação recobrimento e tempo de armazenamento. A luminosidade é um parâmetro que pode variar do zero (preto) ao 100 (branco) e os mamões minimamente processados, no presente estudo, apresentaram luminosidade entre 27,15 a 32,85 (Figura 6A). Os frutos recobertos apresentaram os maiores valores de luminosidade ao longo do período de armazenamento.

Os frutos recobertos com gelatina apresentaram os maiores valores de L^* ao longo dos dias, com aumento até o quarto dia, seguido de redução até o último dia de avaliação, com média de 31,06 (Figura 6A). Os frutos recobertos com o *BLEND* apresentaram aumento nos valores de L^* até o sexto dia, seguido de redução até o último dia, com média de 30,19 (Figura 6A), caracterizando frutos mais claros quando comparado com o controle, que pode ser devido as soluções aplicadas nas superfícies dos mamões, ou esses frutos não escureceram ao longo dos dias.

Os frutos recobertos com o tratamento camada sob camada e quitosana apresentaram aumento constante nos valores de (L^*) até o último dia de conservação, com médias 29,52 e 29,34, respectivamente (Figura 6A). Esses revestimentos apresentaram manutenção da luminosidade dos mamões durante todo o período de armazenamento.

Os menores valores de L^* foram dos frutos do tratamento-controle, com redução nesses valores até o sexto dia, com média de 28,59 (Figura 6A). Esses frutos mostraram-se mais escuros, devido apresentarem os menores valores de L^* e redução ao longo dos dias, podendo estar relacionados com o grau de maturação ou oxidação dessa polpa.

Brasil et al. (2012), ao estudarem revestimentos comestíveis antimicrobianos multicamadas à base de polissacarídeo na conservação de mamão minimamente processado, observaram que os frutos não revestidos (controle) apresentaram luminosidade inferior quando comparado com os frutos revestidos.

Quanto ao Chroma a^* que representa o grau de variação do verde ao vermelho, observou-se que houve redução nesses valores para todos os tratamentos a partir do segundo dia e que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo de armazenamento.

A coordenada de cor a^* dos mamões variaram de 10,92 a 16,75 (Figura 6B), mostrando que esses frutos tiveram uma cor avermelhada (valores a^* positivos).

Os frutos revestidos com gelatina apresentaram os menores valores de a^* a partir do segundo dia de avaliação, com média de 12,42 (Figura 6B), seguido dos tratamentos camada sob camada, quitosana e *BLEND*, com médias de 12,47, 12,85 e 13,07, respectivamente (Figura 6B).

Os frutos do tratamento-controle apresentaram aumento e os maiores valores de a^* até o sexto dia, com posterior redução até o último dia, com média de 13,40 (Figura 6B). A redução nos valores de a^* pode estar relacionado com a oxidação dos carotenoides. Apesar de todos os tratamentos apresentarem redução nos valores de a^* , o controle foi o que apresentou maior aumento nesses valores ao longo do período de armazenamento e redução mais acentuada, o que segundo Rocha e Moraes (2000) indica escurecimento oxidativo da polpa. Brasil et al. (2012), também observaram em frutos de mamão minimamente processado com revestimento comestível antimicrobiano multicamadas à base de polissacarídeo, que os valores de a^* diminuíram para todos os tratamentos ao longo dos dias.

Para a coordenada de cor b (Figura 6C), observou-se variações e reduções nos valores ao longo dos dias para todos os tratamentos e que houve diferença significativa ($P < 0,01$) em função do tempo e da interação recobrimento e tempo de armazenamento.

Os menores valores de b^* foram dos frutos revestidos com gelatina, com média de 21,61 (Figura 6C), seguido dos frutos recobertos com camada sob camada, *BLEND* e quitosana, com médias de 22,30, 22,57 e 23,20, respectivamente (Figura 6C). Esses frutos apresentaram poucas variações nos valores de b^* , o que indica a manutenção da cor (amarelo-alaranjado) ao longo dos dias.

Os maiores valores e variações de b^* foram do tratamento-controle, que apresentou redução acentuada a partir do segundo dia de avaliação, podendo estar relacionado com a oxidação dos carotenoides e escurecimento dessa polpa.

Quanto aos valores de ângulo Hue (h°) houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo de armazenamento dos frutos. Os valores do ângulo Hue variaram de 58,05 a 62,44 (Figura 6D). De acordo com o sistema CIELAB, se o ângulo estiver entre 0° e 90° , quanto maior for, mais amarelo é o fruto, e, quanto menor for, mais vermelho é o fruto.

Os frutos revestidos com gelatina e camada sob camada apresentaram os maiores valores de Hue ao longo do período de armazenamento, com pequenas reduções até o oitavo dia, seguido de aumento no último dia, com médias 61,40 e 61,12, respectivamente (Figura 6D). Os frutos recobertos com o *BLEND* tiveram redução nos valores de Hue até o sexto dia, posteriormente aumentou até o último dia

de avaliação, com média de 60,88 (Figura 6D). E os frutos recobertos com quitosana apresentaram reduções nos valores de Hue até o oitavo dia, com pequeno aumento no último dia, com média de 60,33 (Figura 6D).

Os menores valores de Hue durante o período de armazenamento foram dos frutos do tratamento-controle, com reduções mais acentuadas ao longo dos dias, com média de 59,61 (Figura 6D), esses frutos apresentaram as polpas mais escuras (amarelos-alaranjada), quando comparadas com os frutos revestidos, como mostra a Figura 7.

Figura 6. Efeitos dos revestimentos à base de quitosana e gelatina na Luminosidade, a^* , b^* e Hue de mamões papaya minimamente processados nos tratamentos controle (■) e revestidos com quitosana (▲), gelatina (⋈), BLEND (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias a 5 °C.

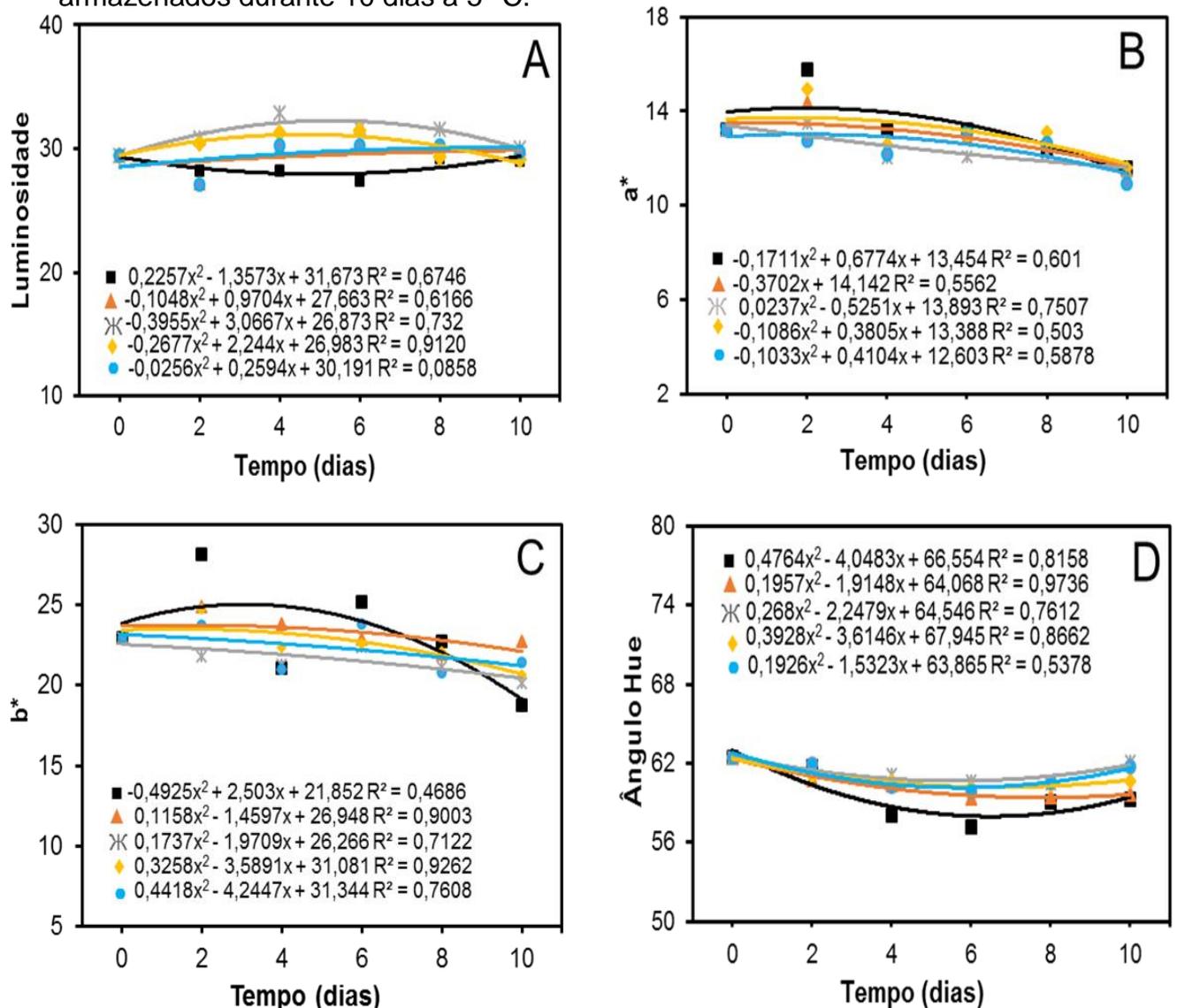
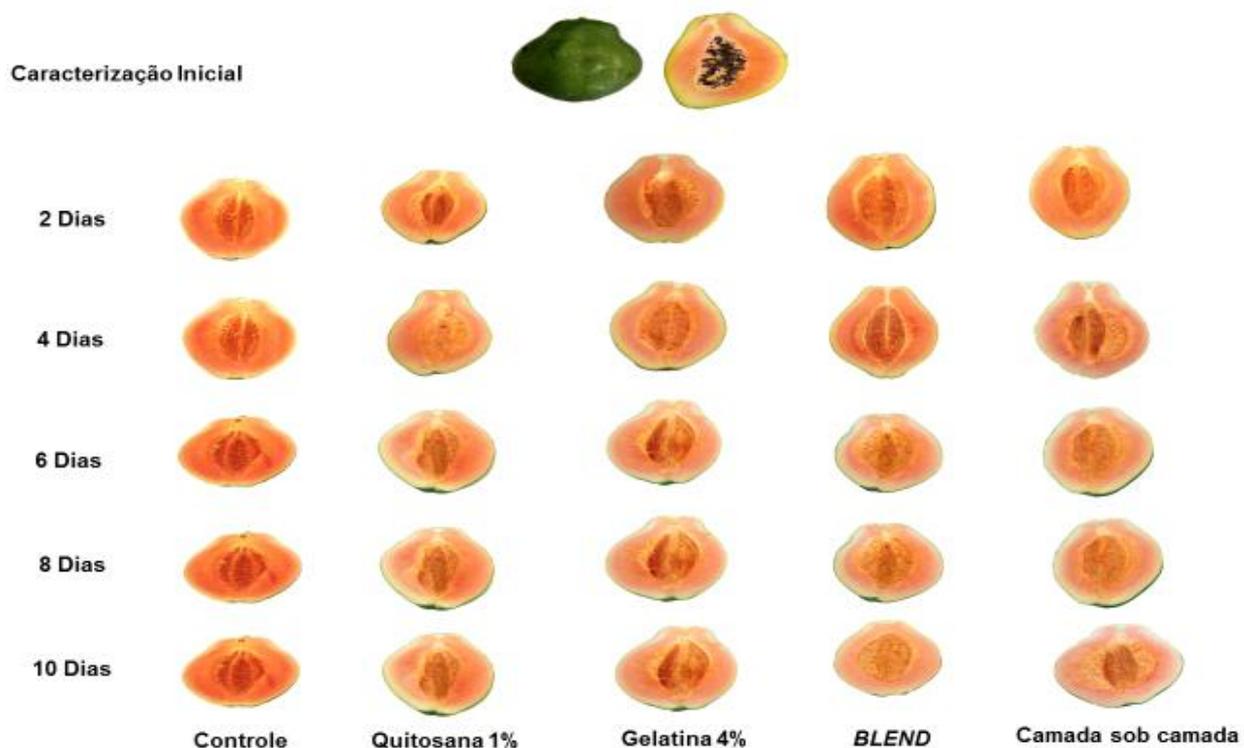


Figura 7. Efeitos dos revestimentos à base de quitosana e gelatina em mamões papaya minimamente processados nos tratamentos controle e revestidos com quitosana, gelatina, *BLEND* e camada sob camada armazenados durante 10 dias a 5 °C.



3.4 Características físico-químicas

Em relação ao pH observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo e na interação entre revestimentos e tempo de armazenamento. O pH dos mamões variaram de 5,50 a 6,49 (Figura 8A).

Os frutos dos tratamentos gelatina e *BLEND* apresentaram os maiores valores de pH até o sexto dia de avaliação, com posterior redução até o último dia, com médias de 6,18 e 6,14, respectivamente (Figura 8A). A redução desses valores pode estar associada à produção de ácidos orgânicos devido a reações bioquímicas (Lima et al., 2005).

Os frutos dos tratamentos camada sob camada e quitosana apresentaram valores constantes de pH ao longo dos dias, com médias de 5,98 e 6,02, respectivamente

(Figura 8A). Esses revestimentos podem ter atuado como uma barreira, impedindo o aumento da taxa respiratória. Baixos valores de pH permitem controlar o crescimento microbiano, sendo preferível em frutas frescas baixos valores de pH (Argañosa et al., 2008). As maiores variações nos valores do pH durante o período de armazenamento foram dos frutos do tratamento-controle, com aumento e redução ao longo dos dias; o pH desses frutos foi em média de 6,11 (Figura 8A). Segundo Pimentel et al. (2011), as variações de pH estão ligadas a degradação inicial e à posterior síntese de ácidos orgânicos. Cortez-vega et al. (2014) estudando revestimentos comestíveis em mamão, observaram redução de pH para todos os tratamentos ao longo dos dias.

Em relação aos teores de sólidos solúveis (SS), observou-se pequenas variações ao longo dos dias (Figura 8B) e que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo de armazenamento.

Os frutos recobertos com os tratamentos *BLEND*, gelatina e camada sob camada apresentaram os menores teores de SS, com pequenos aumentos até o último dia de avaliação, com médias 10,1, 10,4 e 10,5%, respectivamente (Figura 8B). O resultado indica que esses revestimentos criaram uma atmosfera modificada, que atuou como uma barreira, atrasando as reações metabólicas, conseqüentemente menos variações e menores valores de SS, quando comparados com os frutos do tratamento-controle e recobertos com quitosana.

Os maiores conteúdos de SS foram dos frutos do tratamento-controle e recobertos com quitosana, com variações, apresentando aumento e redução até o último dia. As médias de SS nesses frutos foram 10,7 e 10,6%, respectivamente (Figura 8B). De acordo com Silva (2013), o aumento no conteúdo dos SS indica aumento do grau de maturação, o que pode ter ocorrido com os frutos do tratamento-controle e também com os frutos revestido com quitosana. O revestimento pode ter potencializado o processo de maturação nesses frutos. Comportamento semelhante foi encontrado por Brasil et al. (2012), que ao estudarem revestimentos comestíveis antimicrobianos multicamadas à base de polissacarídeo, na conservação de mamão minimamente processado, observaram que os frutos do tratamento-controle apresentaram os maiores teores de SS até o 9º dia de avaliação.

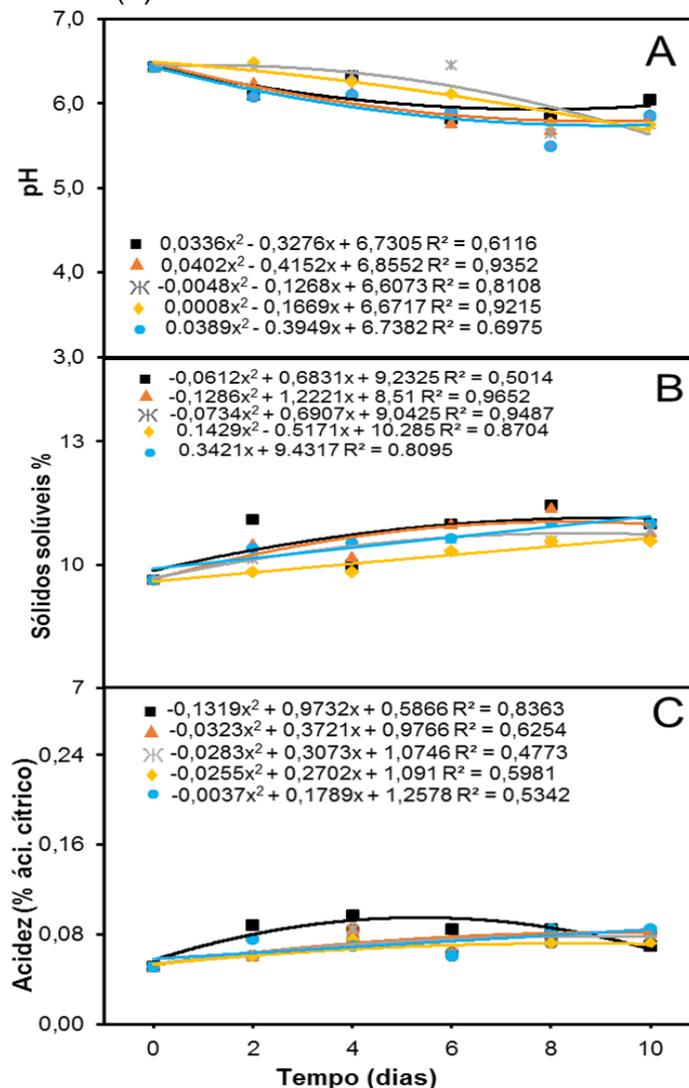
Os teores de acidez titulável (AT) encontram-se na Figura 8C, onde apresentou diferença significativa entre os tratamentos, tempo e na interação entre os

revestimentos e o período de armazenamento ($P < 0,01$). Os frutos revestidos apresentaram os menores teores de AT até o 8º dia de avaliação, aumento constante nesses valores, com média de 0,07% de ácido cítrico (Figura 8C).

Os frutos do tratamento-controle apresentaram aumento e os maiores valores de AT aconteceram até o 8º dia de avaliação, com média de 0,08% (Figura 8C). De acordo com Trigo et al. (2011), o aumento da acidez está relacionado com os processos de amadurecimento e senescência, uma vez que ocorre a liberação de ácidos orgânicos.

Comportamento semelhante com a referente pesquisa foi encontrado por Brasil et al. (2012), ao estudarem revestimento comestível antimicrobiano multicamadas à base de polissacarídeo na conservação de mamão minimamente processado, onde os efeitos da respiração e amadurecimento foi minimizado nos frutos revestidos, quando comparado com o controle.

Figura 8. Efeitos dos revestimentos a base de quitosana e gelatina no pH, sólidos solúveis e acidez titulável de mamões papaya minimamente processados nos tratamentos controle (■) e revestidos com quitosana (▲), gelatina (✕), *BLEND* (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias a 5 °C.



3.5 Teores de compostos bioativos

Para o ácido ascórbico (AA) observou-se diferença significativa ($P < 0,01$) entre os tratamentos e os tempos de avaliação. Os teores de ácido ascórbico nos mamões variaram de 10,70 a 17,80 mg 100 g⁻¹ (Figura 9A).

Os frutos revestidos com gelatina apresentaram aumento nos teores de AA e os maiores valores até o 6° dia de avaliação, com média de 14,65 mg 100 g⁻¹ (Figura 9A). Os frutos revestidos com camada sob camada apresentaram aumento até o segundo dia, com pequena redução no quarto dia, seguido de aumento até o último dia de armazenamento, com média de 13,05 mg 100 g⁻¹, (Figura 9A). Os frutos revestidos com o tratamento *BLEND* aumentaram seus teores de AA até o segundo dia, com posterior redução até o último dia, com média de 12,41 mg 100 g⁻¹ (Figura 9A).

A redução nos teores de AA desses frutos pode estar relacionada com os danos causados pelo processamento mínimo, que segundo Franco (1999) podem estimular reações de degradação, que consomem o ácido ascórbico. O tratamento layer-by-layer apresentou a menor perda de AA, quando comparado com os tratamentos com a gelatina e blend.

Os menores teores de AA foram dos frutos do tratamento-controle e o revestido com quitosana, com redução linear para os frutos do controle e redução dos frutos revestidos com quitosana, a partir do 4° dia, com médias de 10,46 e 10,08 mg 100 g⁻¹, respectivamente (Figura 9A). As perdas de AA ao longo dos dias que esses frutos tiveram, pode indicar oxidação dessas polpas, pois, de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o teor de ácido ascórbico tende a diminuir durante o processo de maturação, devido à atuação direta da enzima ácido ascórbico oxidase (ascorbato oxidase) ou pela ação de enzimas oxidativas como a peroxidase.

Comportamento semelhante foi encontrado por Martiñon et al. (2014), que ao estudarem melão minimamente processado, revestido com multicamadas de quitosana (β -ciclodextrina + trans-cinamaldeído) observaram reduções no teor de ácido ascórbico ao longo dos dias.

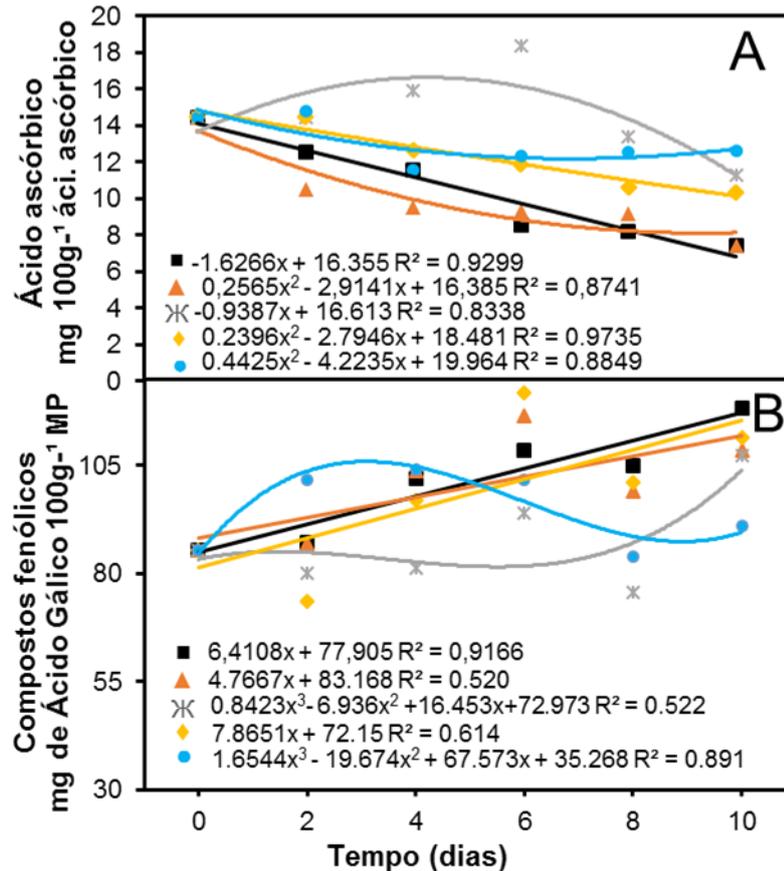
Observou-se para os compostos fenólicos (CF) que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo e na interação recobrimento e período de armazenamento. O conteúdo de CF variaram nos mamões minimamente processados de 85,35 a 105,09 mg AG 100 g⁻¹ MF (Figura 9B).

Os frutos recobertos com gelatina apresentaram os menores teores de CF até o 8º dia, com média de 87,27 mg AG 100 g⁻¹ (Figura 9B). Os menores teores de CF nesses frutos podem indicar que esse revestimento diminuiu o processo de maturação/senescência dos mamões.

Os frutos recobertos com o tratamento camada sob camada apresentaram os maiores teores de CF até o 4º dia, onde posteriormente apresentou redução até o último dia, com média de 94,99 mg AG 100 g⁻¹ (Figura 9B). Os frutos dos tratamentos com quitosana e *BLEND* tiveram aumento linear nos teores de CF ao longo dos dias, com médias de 99,97 e 98,38 mg AG 100 g⁻¹, respectivamente (Figura 9B). O aumento de CF nesses frutos pode ter ocorrido devido ao corte do processamento mínimo, levando à indução da biossíntese dos CF com intuito de formar defesa contra o estresse, ou pela à escassez de O₂ que esses revestimentos proporcionaram. Por mais que os frutos recobertos com quitosana e *BLEND* tenham aumentado linearmente seus teores de CF, esses revestimentos conseguiram manter esses teores até o último.

Os frutos do tratamento-controle apresentaram aumento linear de CF, com maiores valores nos últimos dias de avaliação, com de média de 101,01 mg AG 100 g⁻¹ MF (Figura 9B). De acordo com Huber et al. (2008), os teores de CF dependem de processos que atuam com mais intensidade, seja de biossíntese ou degradação, sendo respostas fisiológicas ao estresse influenciado pelo avanço da senescência.

Figura 9. Efeitos dos revestimentos à base de quitosana e gelatina nos teores de ácido ascórbico e de compostos fenólicos de mamões papaya minimamente processados nos tratamentos controle (■) e revestidos com quitosana (▲), gelatina (✕), *BLEND* (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias a 5 °C.



3.6 Teores de pigmentos

Para os teores de licopeno observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo e na interação revestimentos e tempo de armazenamento. Os teores de licopeno nos mamões variaram de 0,02 a 0,08 mg.100 g⁻¹ (Figura 10A).

Os frutos do tratamento camada sob camada apresentaram os menores teores de licopeno com pequenas reduções ao longo do período de armazenamento, com média de 0,03 mg.100 g⁻¹ (Figura 10A). Os menores valores de licopeno nesses frutos podem estar associados ao grau de maturação, já que esse pigmento é formado durante o processo de maturação dos frutos.

Os frutos dos tratamentos gelatina e quitosana apresentaram pequenos aumentos nos teores de licopeno ao longo dos dias, com redução no último dia de avaliação, com média de $0,05 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Figura 10A). Esses tratamentos mantiveram os teores de licopeno praticamente constantes durante o período de armazenamento, mostrando que houve manutenção desse pigmento nos frutos.

Os maiores teores de licopeno foram dos frutos do tratamento-controle e recoberto com *BLEND* até o 6º dia, seguido de redução nesses valores até o último dia, com média de $0,05 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Figura 10A). A redução desse pigmento está associada a degradações que ocorre durante os processos respiratórios, sendo intensificados no amadurecimento e senescência dos vegetais. A redução do teor de licopeno em mamão está relacionada à sua oxidação (Besinela Junior et al., 2010).

Ayon-Reyna et al. (2015) relataram um aumento no teor de licopeno durante o armazenamento a frio para mamão revestido com 1% de quitosana e tratado hidrotermicamente em 1% de cloreto de cálcio.

Quanto aos teores de β -caroteno observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo e na interação recobrimento e tempo de armazenamento. Os teores de β -caroteno no mamão minimamente processado variaram de 0,03 a 0,08 $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Figura 10B).

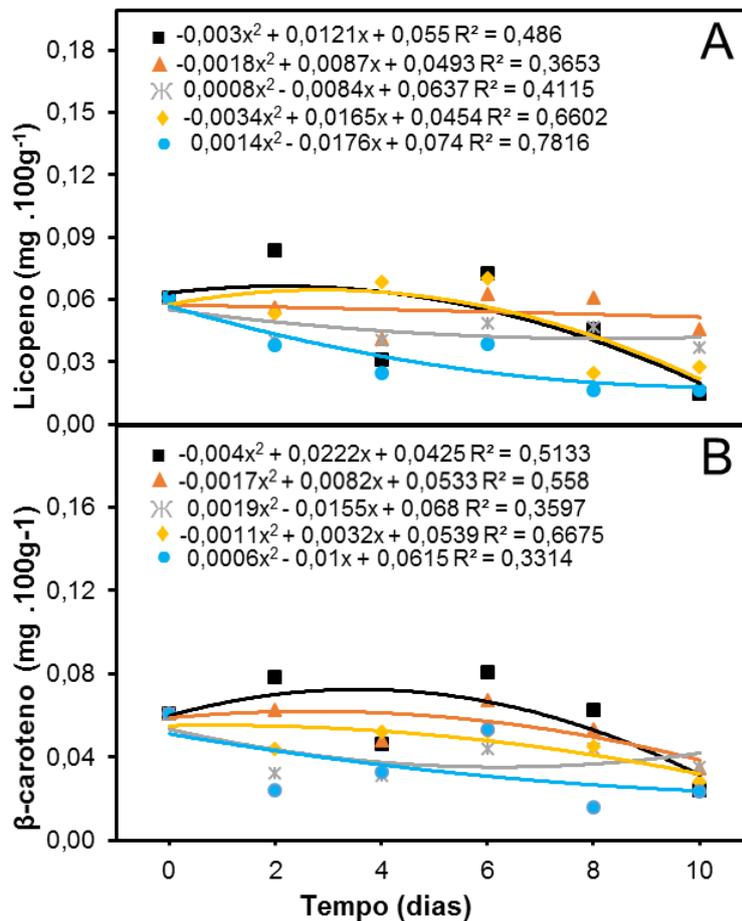
Os frutos do tratamento camada sob camada apresentaram os menores teores de β -caroteno ao longo do período de conservação, com média de $0,04 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Figura 10B), possivelmente o menor teor desse pigmento está relacionado com a baixa permeabilidade ao oxigênio que esse revestimento ocasionou.

Os frutos recobertos com gelatina apresentaram redução nos teores de β -caroteno até o 6º dia, seguido de aumento até o 8º dia, e pequena redução no último dia, com média de $0,04 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Figura 10B). Os frutos recobertos com os tratamentos blend e quitosana apresentaram pequenas reduções nesse teor ao longo dos dias, com médias de 0,05 e 0,06 $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Figura 10B).

Os frutos do tratamento-controle apresentaram variações nos teores de β -caroteno ao longo dos dias, onde este apresentou os maiores teores desse pigmento até o 8º dia, com média de $0,07 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Figura 10B). Essa variação pode estar

relacionada com a oxidação desse pigmento ao longo dos dias, estando relacionado com o aumento da maturação nesses frutos. Ayon-Reyna et al. (2015) relataram aumento no teor de β -caroteno de mamão revestido com 1% de quitosana, e o controle com os maiores teores desse pigmento.

Figura 10. Efeitos dos revestimentos à a base de quitosana e gelatina nos teores de licopeno e β -caroteno de mamões papaya minimamente processados nos tratamentos controle (■) e revestidos com quitosana (▲), gelatina (⋈), *BLEND* (◆) e LBL (●) armazenados durante 10 dias a 5 °C.



3.7 Teores de açúcares totais

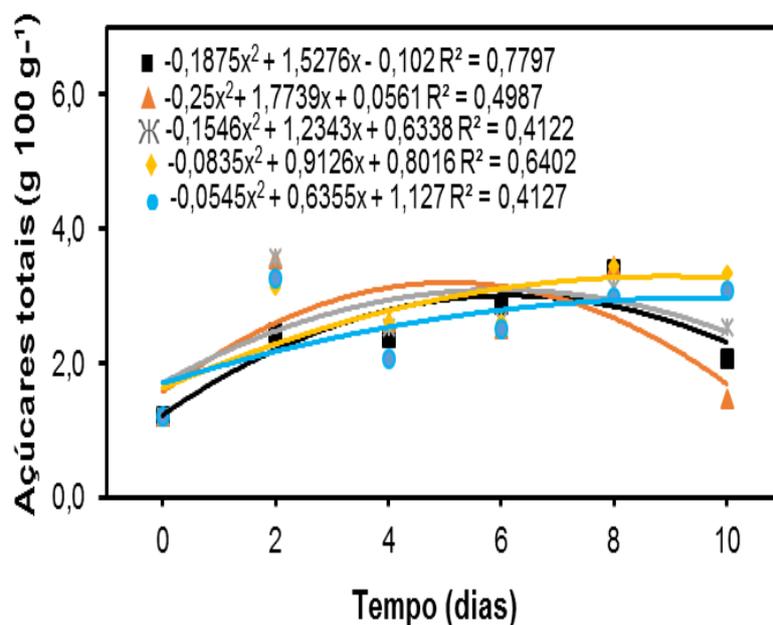
Para os açúcares totais observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo e na interação recobrimento e tempo de armazenamento. Os teores de

açúcares totais nos mamões minimamente processados variaram de 1,22 a 3,58 g 100 g⁻¹ (Figura 11).

Os frutos recobertos com *BLEND* e camada sob camada apresentaram tendência de aumento nos conteúdos de açúcares totais durante todo o período de armazenamento, com médias de 2,73 e 2,52 g 100 g⁻¹, respectivamente (Figura 11).

Os frutos revestidos com quitosana e gelatina apresentaram aumento e os maiores teores de açúcares até o 6º dia, com posterior redução, com médias de 2,47 e 2,61 g 100 g⁻¹, respectivamente, seguido dos frutos do tratamento-controle com média de 2,40 g 100 g⁻¹ (Figura 11). O aumento de açúcares nesses frutos pode estar associado a conversão do amido em açúcar e a redução pode estar associada ao consumo como fonte de energia para os processos metabólicos.

Figura 11. Efeitos dos revestimentos à base de quitosana e gelatina nos conteúdos de açúcares totais de mamões papaya minimamente processados nos tratamentos controle (■) e revestidos com quitosana (▲), gelatina (✕), *BLEND* (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias a 5 °C.



3.8 Enzima catalase

Para a enzima catalase foi verificado que houve efeito significativo ($P < 0,01$) no tempo e na interação tratamento e tempo de armazenamento (Figura 12). Foi

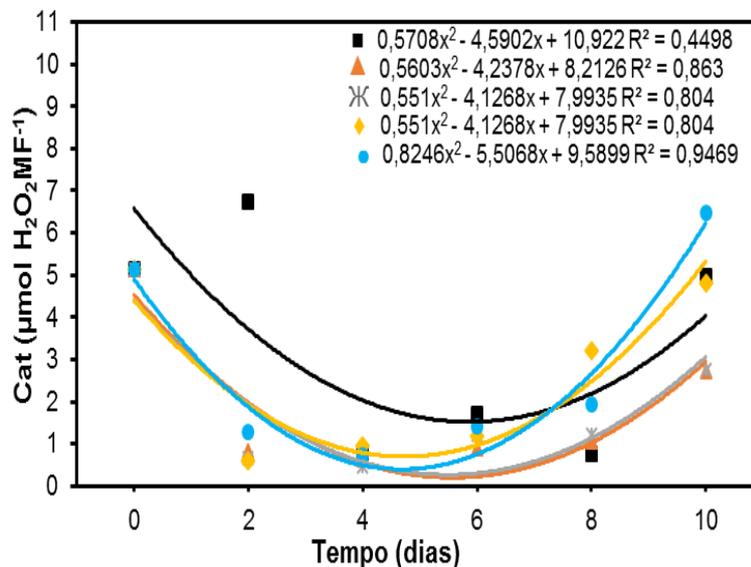
observada uma redução na atividade dessa enzima até o 6° dia para todos os tratamentos, com posterior aumento até o último dia.

Os frutos dos tratamentos *BLEND* e camada sob camada tiveram aumento na atividade da catalase a partir do 6° dia, onde apresentaram a maior atividade no último dia. O aumento da atividade da catalase demonstrou que esses revestimentos foram eficazes contra os estresses nesses frutos, promovendo proteção celular.

Os frutos recobertos com quitosana e gelatina tiveram a menor atividade dessa enzima durante o período de armazenamento. Os frutos do tratamento-controle apresentaram a maior atividade dessa enzima até o 6° dia de avaliação.

A catalase é a enzima antioxidante que degrada H_2O_2 a H_2O e O_2 , sem a necessidade de um doador de elétrons (Germano, 2016). Segundo Boonkorn (2016), essa enzima atua como mecanismo de defesa contra fatores de estresses.

Figura 12. Efeito dos revestimentos na atividade da catalase ($\mu\text{mol } H_2O_2 \text{ massa fresca}^{-1}$) de mamões papaya minimamente processado nos tratamentos controle (■) e revestidos com quitosana (▲), gelatina (✕), *BLEND* (◆) e camada sob camada (●) armazenados durante 10 dias a 5 °C.



3.9 Teores de macro e microminerais

A análise dos minerais (Tabela 1), mostrou que houve variação significativa ($P < 0,01$) nos teores de cobre, ferro, manganês, sódio, potássio e magnésio dos

mamões papaya, no tempo e na interação revestimentos e tempo de armazenamento.

Segundo Rocha (2012), as variações nos teores de minerais dependem de vários fatores como região, tipo de solo, adubação, cultivar, época de colheita e etc. Essas variações nos tratamentos podem estar relacionadas com as variações normalmente encontradas nos frutos.

Os minerais desempenham papel importante no metabolismo vegetal, como por exemplo, os microminerais atuam na catálise e na ativação de enzimas, transporte de carboidratos; o potássio atua na turgescência das células, balanço de sais e água; magnésio participa da fotossíntese, ativação de enzimas envolvidas na respiração (Malavolta, 2006; Epstein e bloom, 2006).

Tabela 1. Valores médios de micro e macrominerais em frutos de mamão controle e revestidos com gelatina e quitosana

Minerais (mg.kg ⁻¹)	Tratamentos				
	Controle	Quitosana	Gelatina	BLEND	camada sob camada
Na	558,34 ^b	522,57 ^b	559,17 ^a	394,11 ^d	505,88 ^d
Mg	843,23 ^c	949,14 ^c	982,22 ^a	633,98 ^d	956,15 ^b
K	5721,0 ^d	4958,7 ^e	7579,6 ^a	6509,1 ^b	6197,8 ^c
Mn	0,93 ^c	0,86 ^d	1,02 ^b	1,06 ^a	1,02 ^b
Fe	24,13 ^b	21,92 ^d	25,57 ^a	19,33 ^e	21,99 ^c
Cu	5,602 ^b	5,39 ^c	5,80 ^a	5,72 ^{ab}	5,23 ^d

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4. CONCLUSÃO

Os revestimentos à base de gelatina e quitosana sob gelatina (camada sob camada) tiveram efeito positivo na conservação de mamão papaya minimamente processado, conseguindo retardar a maturação desses frutos, aumentando assim sua vida útil por no mínimo 8 dias. Esses revestimentos conseguiram reduzir a perda de massa fresca, mantiveram a firmeza e a coloração alaranjada da polpa dos frutos. Esses tratamentos apresentaram baixos conteúdos de SS durante o período de

armazenamento, menores variações na acidez, influenciando no amadurecimento. A gelatina apresentou baixos conteúdos de polifenóis, o tratamento camada sob camada não apresentou variações nos teores de vitamina C. Esses tratamentos não tiveram variações nos teores de licopeno e β -caroteno ao longo dos dias, apresentaram tendência de aumento nos açúcares totais, porém sem variações e o tratamento camada sob camada apresentou aumento na atividade da catalase. Assim, a utilização dos polímeros gelatina e quitosana sob gelatina camada sob camada é uma alternativa viável na conservação de mamões papaya minimamente processados.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abugoch, L. E., Tapia, C., Villaman, M. C., Yazdani-Pedram, M., & Diaz-Dosque, M. (2011). Characterization of quinoa protein-chitosan blend edible films. *Food Hydrocolloids*, 25, 879–886.

Argoñosa, A. C. S., Rapos, O, M. F. J., Teixeira, P., Morais, A. M. (2008). Effect of cuttype on quality of minimally processed papaya. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 88, 2050–2060.

Araújo, E. M., Hage J. R, E., Carvalho, A. J. F. (2003). Compatibilização de Blendas de Poliamida 6/ABS usando os Copolímeros Acrílicos Reativos MMAGMA e MMA-MA. Parte 1: comportamento reológico e propriedades mecânicas das blendas.

Arnon-Rips, H., Poverenov, E. (2018). Improving food products' quality and storability by using Layer -

by Layer edible coatings. **Trends in food science & technology**, 75, 81-92.

Almino, H. A., Santos, S. C. L. (2020). Efeito da aplicação de revestimentos comestíveis em frutas e hortaliças minimamente processadas. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, 14, 100-104.

Ayón-Reyna, L. E., Tamayo-Limón, R., Cárdenas-Torres, F., López-López, M. E., López-Angulo, G., López-Moreno, H. S., López-Cervántes, J., López-Valenzuela, J. A. & Vega-García, M. O. (2015). Effectiveness of Hydrothermal-Calcium Chloride Treatment and Chitosan on Quality Retention and Microbial Growth during Storage of Fresh-Cut Papaya. **Journal of Food Science**, 80, 594–601.

Atarés, L., Chiralt, A. (2016). Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. **Trends in Food Science and Technology**, 48, 51–62.

Barbosa, J. C., Maldonado Júnior, W. (2015). **AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: Gráfica Multipress LTDA. Disponível em: <https://www.agroestat.com.br>.

Besinela Junior, E., Monarim, M. M. S., Camargo, M., Mahl, C. R. A., Simões, M. R., Silva, C. F. (2010). Efeito de diferentes biopolímeros no revestimento de mamão (*Carica papaya* L.) minimamente processado. **Revista Varia Scientia Agrárias**, 01,131–142.

Boonkorn, P. (2016). Impact of hot water soaking on antioxidant enzyme activities and some qualities of storage tomato fruits. **International Food Research Journal**, 23, 934-938.

Boaretto, L. F., Carvalho, G., Borgo, L., Creste, S., Landell, M. G. A., Mazzafera, P., Azevedo, R. A. (2014). Water stress reveals differential antioxidant responses of

tolerant and non-tolerant sugarcane genotypes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 74, 165-175.

Brasil, I. M., Gomes, C., Puerta-Gomez, A., Castell-Perez, M. E., Moreira, R. G. (2012). Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. **LWT - Food Science and Technology**, 47, 39-45.

Brackmann, A., Anese, R. O., Both V., Thewes, F. R., Fronza, D. (2012). Atmosfera controlada para o armazenamento de goiaba cultivar "Paluma". **Revista Ceres**, 59, 151–156.

Bradford M. M. (1976). Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 71, 248-254.

Castañeda, L. M. F. 2013. **Avaliação da quitosana e da fécula de mandioca, aplicada em pós-colheita no recobrimento de maçãs**. Tese (Doutorado em 54 Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Cia M.C., Guimarães A. C. R., Medici L. O., Chabregas S. M., Azevedo R. A. (2012). Antioxidant response to water deficit by drought-tolerant and -sensitive sugarcane varieties. *Ann. Ap. Biol.* 161:313-324.

Chitarra, M. I. F., Chitarra, A. B. (2005). **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA

Cortez-vega, W. R., Piotrowicz, I. B. B., Prentice, C., Borges, C. D. (2014). Conservação de mamão minimamente processado com uso de revestimentos comestíveis à base de goma xantana. **Ciências Agrárias**, 34, 1753-1764.

Cruz, Vanessa Aparecida. (2016). Desenvolvimento de geleia de mamão formosa (*Carica papaya* L.) sob diferentes concentrações e métodos de secagem das sementes.

De Paoli, M. A. (2008). Degradação e Estabilização de polímeros. 2º versão on-line revisada. Ed. Chemkeys, 1, 2-10.

Epstein, E., Bloom, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Ed. Planta, 2006. 401p.

Fakhouri, F. M., Martelli, S. M., Caon, T., Velasco, J. I., Mei, L. H. I. (2015). Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. **Postharvest Biology and Technology**, 109, 56-64.

Fagundes, C., Palou, L., Monteiro, A. R., Pérez-gago, M. B. (2015). Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of coldstored cherry tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 193, 249-257.

FAO (2018). Production of Papayas: top 10 producers. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 19 julho. 2019.

Franco, G. Tabela de Composição Química dos Alimentos. 9 ed. São Paulo: Atheneu, 1999. p. 53-58.

Freire, L. F. A., Formiga, W. J. F., Lagden, M. G., Luna, A. S., Alves, F. L., Corrêa, M. A., Santos, M. A. G. (2018). Avaliação da Adsorção de Efluente Têxtil por Compósitos de Quitosana. **Revista Processos Químicos**, 12, 9-17.

Galindo, M. V., Paglione, I. S., Coelho, A. R., Leimann, F. V., Shirai, M. A. (2020). Produção de nanopartículas de quitosana e aplicação como revestimento em blendas de amido de mandioca e poli (ácido láctico). **Research, Society and Development**, 9, 3-15.

Gennadios, A. (2002). Soft gelatin capsules. In A. Gennadios (Ed.), Protein-based films and coatings, 1, 1-41.

Germano, T. A. (2016). **Efeitos do revestimento comestível à base de galactomanana e cera de carnaúba na qualidade e metabolismo antioxidante de goiabas**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.

Hammond, P. T. (2012). Building biomedical materials layer-by-layer. **Materials Today**, 15, 196–206.

Huber, L. S., Rodriguez-Amaya, D. B. (2008). Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição** Araraquara, 19.

IBGE (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 25 de agosto de 2021.

Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo – SP, Instituto Adolfo Lutz, 1020. 2008

Inestroza-Lizardo, C., Mattiuz, B. H., Silva, J. P., Galati, V. C., Voigt, V, (2018). Hyperbaric pressure at room temperature increases post-harvest preservation of the tomato cultivar 'Débora'. **Scientia Horticulturae**, 228, 103-112.

Lima, C. G. A., De Oliveira, R. S., Figueiro, S. D., Wehmann, C. F., Goes, J. C., & Sombra, A. S. B. (2006). DC conductivity and dielectric permittivity of collagen-chitosan films. **Materials Chemistry and Physics**, 99, 284–288.

Lima, A. S., Ramos, A. L. D., Marcellini, P. S., Batista, R. A., Faraoni, A. S. (2005). Adição de Agentes Antiescurecimento, Antimicrobiano e Utilização de diferentes Filmes Plásticos em Mamão Minimamente Processado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27, 149–152.

Khan, I., Chohan, M. M., Mazumder, M. A. J. (2018). Polymer Blends. In: Jafar

Malavolta, E. **Manual de nutrição mineral de plantas** Piracicaba: Ceres, 2006. 638p.

Mazumder M. A., Sheardown H., Al-Ahmed A. Functional Polymers, Polymers and Polymeric Composites: A Reference Series. Ed. Springer Nature, Switzerland, 1, 1-33.

Kluge, R. A., Geerdink, G. M., Tezotto-uliana, J. V., Guassi, S. A. D., Zorzeto, T. Q.; Sasaki, F. F. C., Mello, S. C. (2014). Quality of minimally processed yellow bell pepper treated with antioxidants. **Semina: Ciências Agrárias**, 35, 801-812.

Kumar, P., Sethi, S., Sharma, R. R., Srivastav, M., Varghese, E. (2017). Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of plum during storage at low temperature. *Scientia Horticulturae*, v. 226, n. 13, p. 104–109.

Martiñon, M. E., Moreira, R. G., Castell-Perez, M. E., Gomes, C. (2014). Development of a multilayered antimicrobial edible coating for shelf life extension of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L.) stored at 4 °C. **LWT - Food Science and Technology**, 55, 341–350.

Moretti, C. L. (2017). Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças. Disponível em: <https://www.sisbin.ufop.br/novoportal/wpcontent/uploads/2015/03/Manual-de-Processamento-Minimode-Frutas-e-Hortalicas.pdf>. Acesso em 17 de jan. 2021.

Nagasaki, M e I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 39, 925-928.

Neves, I. P. (2007). Cultivo do mamão. [s.l: s.n.]. v. 46 Disponível em: <http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.Journalarchive/materia1994/46.171?from=CrossRef>.

Oliveira, E. N. A., Santos, D. C. (2015). **Tecnologia e Processamento de Frutas e Hortaliças**. Frutas e Hortaliças minimamente processadas. p.193-225. Natal.

Pearson, D. 1976. **Técnicas de laboratório para el análisis de alimentos**. Zaragoza, España.

Pimentel, J. D. R., Souza, D. S., Oliveira, T. V., Oliveira, M. C., Bastos, V. S., Castro, A. A. (2011) – Estudo da conservação de mamão Havaí utilizando películas comestíveis a diferentes temperaturas. *Scientia Plena*, 7, 1-6.

Poverenov, E., Rutenberg, R., Danino, S., Horev, B., Rodov, V. (2014). Gelatin-chitosan composite films and edible coatings to enhance the quality of food products: Layer-by-layer vs. Blended formulations. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 3319–3327.

Pranoto, Y., Lee, C. M., Park, H. J. (2007). Characterizations of fish gelatin films added with gellan and κ-carrageenan. *LWT- Food Science and Technology*, 40, 766–774.

Rocha, R. P. (2012). **Avaliação pós-colheita de mamão papaya cv. Golden tratado com Calda bordalesa e Óleo essencial de cravo (*Syzygium aromaticum*)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rural do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Richardson, J. J., Bjoernmalm, M., Caruso, F. (2015). Technology-driven layer-by-layer assembly of nanofilms, **Science**, p. 6233.

Serrano, L. A. L., Cattaneo, L. F. (2010). O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.], 32, 657–959.

Silva, M. S. **Revestimento comestível a base de goma do cajueiro e de carboximetilcelulose adicionada de trans-cinamaldeído na qualidade de mamões minimamente processados**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza.

Trigo, J. M., Albertini, S., Spoto, M. H. F., Sarmiento, S. B. S., Lai Reyes, A. E., Sarriés, G. A. (2012). Efeito de revestimentos comestíveis na conservação de mamões minimamente processados. **Brazilian Journal of Food Technology**, 15, 125-133.

Wang, Q. I, Cao, Jun., Y. U, Huan., Zhang, Jiahui., Yuan, Y., Shen, X., Li, C. (2019). The effects of EGCG on the mechanical, bioactivities, cross-linking and release properties of gelatin film. **Food Chemistry**, 271, 204-210.

Waterhouse, A. (2006). Folíncioalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, 3 – 5.

Yemm, E. W., Willis, A. J. (1954). The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, 57, 508-515.

Yoshida, C. M. P., Oliveira, E. N., Jr., Franco, T. T. (2009). Chitosan tailor-made films: the effects of additives on barrier and mechanical properties. **Packing Technology and Science**, 22,161-170.

Zenebon, O., Pascuet, N.S., Tiglea, P., (2008). Métodos físico-químicos para análises de alimentos, fourth ed. Instituto Adolfo Lutz (IAL), São Paulo.

APÊNDICE

Tabela 1. Caracterização qualitativa de mamão papaya minimamente processado recobertos com quitosana, gelatina, *BLEND* (quitosana + gelatina) e camada sob camada (quitosana sob gelatina), armazenadas durante 10 dias a 5 °C.

Tratamentos	PM	L*	a*	b*	Hue	FIR	pH	SS	AT	LIP	β-caroteno	AA	CF	CAT
Controle	2,75 ^a	29,54 ^{bc}	13,20 ^a	23,01 ^a	60,39 ^a	46,25 ^e	6,18 ^a	10,33 ^a	0,08 ^a	0,06 ^a	0,08 ^a	10,66 ^{bc}	98,86 ^a	3,54 ^a
Quitosana	2,53 ^b	29,47 ^{bc}	13,19 ^a	23,51 ^a	61,14 ^a	52,87 ^d	6,01 ^{bc}	10,83 ^a	0,07 ^{ab}	0,05 ^b	0,07 ^b	10,27 ^c	97,50 ^a	1,89 ^d
Gelatina	2,07 ^e	31,42 ^a	13,15 ^a	21,50 ^b	60,57 ^a	59,33 ^a	6,10 ^{ab}	10,41 ^a	0,07 ^b	0,04 ^c	0,05 ^c	13,20 ^a	84,70 ^b	1,93 ^d
Blend	2,65 ^d	30,51 ^{ab}	12,58 ^a	22,89 ^a	60,58 ^a	55,25 ^c	6,09 ^{ab}	10,64 ^a	0,06 ^b	0,04 ^c	0,07 ^a	12,22 ^{ab}	98,30 ^a	2,66 ^c
LBL	2,29 ^c	28,87 ^c	12,15 ^a	23,20 ^a	61,94 ^a	56,32 ^b	5,96 ^c	10,62 ^a	0,07 ^b	0,03 ^d	0,03 ^d	11,89 ^{abc}	90,58 ^{ab}	2,86 ^b
C.V	16,99	14,15	15,54	4,70	0,95	3,17	1,03	20,42	19,39	0,19	0,29	15,72	2,49	2,79

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (P <0,05). PM = Perda acumulada de massa fresca (%); L = Luminosidade; a* (-a* verde); b* (+b* amarelo), Hue = Ângulo Hue; FIR = Firmeza (N); SS= Sólidos solúveis (%); pH; AT= Acidez titulável (% ácido cítrico); LIP= Licopeno (mg 100g⁻¹); β-caroteno (mg 100g⁻¹); AA= Ácido ascórbico (mg 100g⁻¹ de massa fresca); CF = Compostos fenólicos totais (mg GAE 100g⁻¹ massa fresca); Açúcares totais (g 100 g⁻¹); Catalase (μmol H₂O₂ decomposto min⁻¹ g⁻¹ massa fresca).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para perda de massa, firmeza, L*, a*, b*, Hue, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, ácido ascórbico, compostos fenólicos, licopeno, β-caroteno, açúcares totais e catalase de mamão papaya minimamente processado recobertos com quitosana, gelatina, *BLEND* (quitosana + gelatina) e camada sob camada (quitosana sob gelatina), armazenadas durante 10 dias a 5 °C.

FV	GL	PM	Fir	L*	a*	b*	Hue	pH	SS	AT	LIP	β-car	AA	CF	Cat
Reves (R)	4	0,2035 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,0 ^{ns}	2,42 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}	1,05 ^{ns}	3,83 ^{**}	955,0 ^{**}	0,0 ^{ns}	7,19 ^{**}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}
Tempo (T)	5	37,46 [*]	3903,7 ^{**}	13,93 ^{**}	7,35 ^{**}	11,23 ^{**}	2,74 [*]	103,91 ^{**}	6,54 ^{**}	34,32 ^{**}	2053,9 ^{**}	2523,5 ^{**}	26,64 ^{**}	18,06 ^{**}	33835 ^{**}
R x T	20	0,2012 ^{ns}	5,5061 ^{**}	4,17 ^{**}	1,02 ^{ns}	2,90 ^{**}	0,73 ^{ns}	7,43 ^{**}	1,66 ^{ns}	3,19 ^{**}	807,66 ^{**}	853,45 ^{**}	1,12 ^{ns}	4,93 ^{**}	3396,2 ^{**}
Resíduo	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	16,99	1,75	14,15	15,54	4,70	0,95	1,03	20,42	19,39	0,19	0,29	15,72	2,49	2,79

^{ns}não significativo; **, *significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os macros e microminerais de mamão papaya minimamente processado recobertos com quitosana, gelatina, *BLEND* (quitosana + gelatina) e camada sob camada (quitosana sob gelatina), armazenadas durante 10 dias a 5 °C.

FV	GL	Na	Mg	K	Mn	Fe	Cu
Reves (R)	4	0,0 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}
Tempo (T)	5	36801 ^{**}	524061 ^{**}	1899483,071 ^{**}	3937,2 ^{**}	21314 ^{**}	388,72 ^{**}
R x T	20	703,28 ^{**}	7906,3 ^{**}	5347,5 ^{**}	754,06 ^{**}	520,32 ^{**}	67,602 ^{**}
Resíduo	57	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	0,28	0,17	0,11	49,19	0,50	2,64

^{ns}não significativo; **, *significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

