



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE HUMANA E MEIO
AMBIENTE – PPGSHMA**

Francielle Amorim Silva

**APLICAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSERVAÇÃO DE MANGA ‘ESPADA’
MINIMAMENTE PROCESSADA**

Vitória de Santo Antão

2016

FRANCYELLE AMORIM SILVA

**APLICAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSERVAÇÃO DE MANGA ‘ESPADA’
MINIMAMENTE PROCESSADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em **Saúde Humana e Meio Ambiente**.

Área de Concentração: Biotecnologia

Orientadora: Profa. Dra. Christine Lamenha Luna Finkler

Coorientador: Prof. Dr. Leandro Finkler

Vitória de Santo Antão

2016

Catálogo na Fonte
Sistema de Bibliotecas da UFPE. Biblioteca Setorial do CAV.
Bibliotecária Ana Lígia F. dos Santos, CRB4-2005

S586a Silva, Francielle Amorim.
Aplicação de biopolímeros na conservação de manga 'espada' minimamente processada / Francielle Amorim Silva. Vitória de Santo Antão, 2016.
101 folhas; il.: color.

Orientadora: Christine Lamenha Luna Finkler.
Coorientador: Leandro Finkler.
Dissertação (Mestrado em Saúde Humana e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, CAV, Saúde Humana e Meio Ambiente, 2016.
Inclui referências e anexos.

1. Conservação de Alimentos. 2. Mangífera. 3. Poligalacturonase. I. Finkler, Christine Lamenha Luna (Orientadora). II. Finkler, Leandro (Coorientador). III. Título.

641.4 CDD (23.ed.)

BIBCAV/UFPE-072/2017



Dissertação de Mestrado apresentada por **Francielle Amorim Silva** ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco, sob o título “**APLICAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSERVAÇÃO DE MANGA ‘ESPADA’ MINIMAMENTE PROCESSADA**”, orientada pela Prof.^a Dr.^a Christine Lamenha Luna Finkler e coorientada pelo Prof. Dr. Leandro Finkler, aprovada no dia 29 de julho de 2016 pela Banca Examinadora composta pelos seguintes professores:

Dr.^a Patrícia Moreira Azoubel
Departamento de Engenharia Química - UFPE

Dr.^a Wylla Tatiana Ferreira e Silva
Núcleo de Nutrição – CAV/UFPE

Dr.^a Zelyta Pinheiro de Faro
Núcleo de Nutrição – CAV/UFPE

Autora:

Francielle Amorim Silva

A minha querida avó Rita Leonor (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me guiar para o melhor caminho e por concretizar a Sua vontade em minha vida, se mostrando presente nos momentos de angústia e desespero, me fazendo forte, para que eu não desistisse do meu objetivo.

Aos meus pais por me mostrarem o quanto sou capaz de “voar alto” e alcançar novos rumos por conta própria, tornando-me uma pessoa mais independente.

À minha querida avó, Rita Leonor (*in memoriam*), por sempre acreditar no meu melhor e que eu poderia ir muito longe através do meu estudo.

Ao Flávio Mendonça por todo apoio, carinho, dedicação, paciência, e por tornar meus dias mais leves em meio as “tempestades” que surgiram no meio do caminho.

A querida orientadora, Professora Doutora Christine Lamenha Luna Finkler, um exemplo de profissional, por seus ensinamentos transmitidos com tanta sabedoria e delicadeza, por sua confiança, disponibilidade e dedicação.

Ao co-orientador, Professor Leandro Finkler, por sua contribuição na realização deste trabalho, sua disponibilidade e atenção.

Aos colegas de laboratório, pela amizade, incentivo, auxílio nas análises e preparo dos materiais, em especial ao Gabriel Olivo, Liany Melo e Suziany Lopes, que estiveram comigo desde o início da pesquisa.

As colegas de curso: Aparecida Lira, Cátia Simone, Isabel Luíza, Lidiolda Sebastiana e Lúcia Helena, pela amizade, apoio mútuo e incentivo.

Aos técnicos do laboratório de Bromatologia, Sílvio e Anderson, pela ajuda e disponibilidade.

Ao laboratório de Microbiologia e Imunologia, nas pessoas da Professora Doutora Idjane Santana e Katharine Angélica, por possibilitar minhas análises microbiológicas, indispensáveis à conclusão do meu trabalho.

Ao programa de Pós-graduação de Saúde Humana e Meio Ambiente do Centro Acadêmico de Vitória (UFPE), por minha inserção no mesmo.

A FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco) pela bolsa concedida, me possibilitando a dedicação exclusiva ao meu projeto de pesquisa.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1 Aspecto visual da amostra de manga 'espada' minimamente processada após 24 h de armazenamento a 28 °C. (A) amostra A: concentração de alginato de 0,68 % (m/v), concentração de pectina de 0,68 % (m/v) e concentração de glicerol de 2,83 % (m/v); (B) amostra B: concentração de alginato de 2,42 % (m/v), concentração de pectina de 2,42 % m/v e concentração de glicerol de 8,17 % (m/v); (C) amostra controle..... 38
- Figura 2.2 Aspecto visual das amostras de manga 'espada' minimamente processada contendo a formulação A (concentração de alginato de 0,68 % (m/v), concentração de pectina de 0,68 % (m/v) e concentração de glicerol de 2,83 % (m/v)) de acordo com o tratamento químico. (A S/A= Solução A sem tratamento na temperatura ambiente; A S/R= Solução A sem tratamento na temperatura refrigerada; A AA/A= Solução A com tratamento de ácido ascórbico na temperatura ambiente; A AA/R= Solução A com tratamento de ácido ascórbico na temperatura refrigerada; A AC/A= Solução A com tratamento de ácido cítrico na temperatura ambiente; A AC/R= Solução A com tratamento de ácido cítrico na temperatura refrigerada; A CaCl₂/A= Solução A com tratamento de CaCl₂ na temperatura ambiente; A CaCl₂/R= Solução A com tratamento de CaCl₂ na temperatura refrigerada)..... 40
- Figura 2.3 Aspecto visual das amostras de manga 'espada' minimamente processada contendo a formulação B (concentração de alginato de 2,42 % (m/v), concentração de pectina de 2,42 % (m/v) e concentração de glicerol de 8,17 % (m/v)) de acordo com o tratamento químico. (B S/A= Solução B sem tratamento na temperatura ambiente; B S/R= Solução B sem tratamento na temperatura refrigerada; B AA/A= Solução B com tratamento de ácido ascórbico na temperatura ambiente; B AA/R= Solução B com tratamento de ácido ascórbico na temperatura refrigerada; B AC/A= Solução B com tratamento de ácido cítrico na temperatura

	ambiente; <i>B AC/R</i> = Solução <i>B</i> com tratamento de ácido cítrico na temperatura refrigerada; <i>B CaCl₂/A</i> = Solução <i>B</i> com tratamento de CaCl ₂ na temperatura ambiente; <i>B CaCl₂/R</i> = Solução <i>B</i> com tratamento de CaCl ₂ na temperatura refrigerada).....	41
Figura 3.1	Resultados do planejamento experimental para a variável sólidos solúveis totais em amostras de manga minimamente processadas e recobertas com películas de alginato e pectina.....	52
Figura 3.2	Resultados de pH (A), sólidos solúveis totais (B) e acidez titulável (C) em amostras de manga 'espada' minimamente processadas e recobertas com películas de alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica e em função do tempo de armazenamento (2A3P1 - 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina, 5,5 % (m/v) de glicerol; 2A3P2 - 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina; 3A0,5P1 - 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina, 5,5 % (m/v) de glicerol; 3A0,5P2 - 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina).....	54
Figura 3.3	Aspecto visual da manga minimamente processada envolta com solução filmogênica na concentração de 2 % (m/v) de alginato e 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol.....	56
Figura 4.1	Resultados de SST em amostras de manga minimamente processadas e recobertas com biopolímeros de alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica e em função do tempo de armazenamento (Controle= sem tratamento; 1A1,5P= 1% (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5% (m/v) de glicerol; 2A3P= 2% (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5% (m/v) de glicerol); 3A0,5P= 3% (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina e 5,5% (m/v) de glicerol)	66
Figura 4.2	Resultados de percentual de acidez titulável em amostras de manga minimamente processadas e recobertas com biopolímeros de alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica e em função do tempo de armazenamento (Controle= sem tratamento; 1A1,5P= 1% (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5% (m/v) de glicerol; 2A3P= 2% (m/v) de alginato, 3 % (m/v)	

	de pectina e 5,5% (m/v) de glicerol); 3A0,5P= 3% (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina e 5,5% (m/v) de glicerol).....	67
Figura 4.3	Aspecto visual das amostras de manga minimamente processadas e recobertas com película de alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica (1A1,5P - 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina; 2A3P - 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina, 5,5 % (m/v) de glicerol; 3A0,5P - 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina, 5,5 % (m/v) de glicerol; Controle).	68
Figura 4.4	Resultados do teor de sólidos solúveis totais (A) e acidez titulável (B) para os componentes individuais dos biofilmes formulados (CA= Controle Alginato, sem revestimento; A1%= 1 % (m/v) de alginato; A2% = 2 % (m/v) de alginato; CP= Controle Pectina, sem revestimento; P1,5 % = 1,5 % (m/v) de pectina; P3 %= 3 % (m/v) de pectina, CCaCl ₂ = Controle CaCl ₂ , sem revestimento; CaCl ₂ = 0,12M de CaCl ₂ ; CAA1%= Controle Ácido Ascórbico; AA1%= 1 % (m/v) de Ácido Ascórbico)	69
Figura 5.1	Curva padrão de glicose e coeficiente de correlação linear para a determinação de açúcares redutores.....	77
Figura 5.2	Resultados de SST em amostras de manga 'espada' minimamente processadas e recobertas com alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica e em função de tempo de armazenamento (Controle= sem tratamento; A 1% P 1,5 %= 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol; A 2 % P 3 %= 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol)	79
Figura 5.3	Resultado do percentual de acidez titulável em amostras de manga 'espada' minimamente processadas e recobertas com alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica e em função de tempo de armazenamento (Controle= sem tratamento; A 1% P 1,5 %= 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol; A 2 % P 3 %= 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol)	81

- Figura 5.4 Resultado do percentual de açúcares redutores em amostras de manga 'espada' minimamente processadas e recobertas com alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica e em função de tempo de armazenamento (Controle= sem tratamento; A 1% P 1,5 %= 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol; A 2 % P 3 %= 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol)..... 82
- Figura 5.5 Aspecto visual da manga minimamente processada após secagem em estufa de circulação de ar por 24 h e recoberta com solução de 2 % (m/v) de alginato 3 % (m/v) pectina e 5,5 % (m/v) glicerol..... 82

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Condições experimentais das formulações <i>A</i> e <i>B</i> de acordo com o tratamento químico e a temperatura de armazenamento. Formulação <i>A</i> : concentração de alginato e de pectina de 0,68 % m/v e concentração de glicerol 2,83 % m/v; Formulação <i>B</i> : concentração de alginato e de pectina de 2,42 % m/v e concentração de glicerol de 8,17% m/v.....	35
Tabela 2.2	Designação das amostras submetidas a tratamento químico e armazenadas em diferentes temperaturas.....	36
Tabela 3.1	Planejamento fatorial dos ensaios de recobrimento da manga minimamente processada.....	50
Tabela 3.2	Formulações testadas após os resultados do planejamento experimental.....	51
Tabela 4.1	Formulações filmogênicas combinadas de alginato/pectina contendo glicerol como agente plastificante.....	63
Tabela 4.2	Formulações dos componentes do biopolímero de forma individual.....	64
Tabela 5.1	Quantidade de polímero aderido à manga ‘espada’ minimamente processada.....	78
Tabela 5.2	Percentual de perda de peso da manga ‘espada’ minimamente processada após incorporação de biopolímero e secagem por 24 h em estufa de circulação de ar.....	78

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
g	Gramma
Kg	Quilograma
mm	Milímetros
h	Hora
min	Minutos
mL	Mililitro
m/v	Massa por volume
M	Molaridade
%	Percentual
pH	Potencial Hidrogeniônico
±	Mais ou menos
®	Marca registrada
α	Alfa
%A	Percentual de Acidez Titulável
β	Beta

LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATM	Alta Metoxilação
BTM	Baixa Metoxilação
CaCl ₂	Cloreto de Cálcio
DNS	Dinitrosalicílico
et al.	et alli
FC	Fator de Correção
FDA	Food and Drug Administration
IPC	Índice de Parte Comestível
NaOH	Hidróxido de Sódio
NMP	Número Mais Provável
P	Peso
PB	Peso Bruto
PCA	Plate Count Agar
PL	Peso Líquido
Ppm	Parte por milhão
PVC	Policloreto de vinila
SST	Sólidos Solúveis Totais
UFC	Unidade Formadora de Colônia
V	Volume

RESUMO

O desenvolvimento de embalagens primárias comestíveis para conservação pós-colheita de frutas e hortaliças minimamente processadas tem motivado o desenvolvimento de novas tecnologias, a exemplo do emprego de pré-tratamentos químicos e o uso de filmes ou coberturas formadas com alginato e pectina, promovendo uma forma mais eficaz de retardar os danos causados pela injúria do corte aos tecidos vegetais. A preparação de filmes a partir de materiais biodegradáveis, como os polímeros naturais, tem surgido com a necessidade de substituir os polímeros sintéticos derivados do petróleo. O principal objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de biopolímeros combinados de alginato e pectina na conservação da manga 'espada' minimamente processada, devido à sua alta perecibilidade e tempo de vida pós-colheita relativamente curto. Testes preliminares foram realizados para verificação da melhor temperatura de armazenamento e tipo de tratamento químico fazendo uso de soluções a 1% de ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. As condições selecionadas foram empregadas em um planejamento experimental completo, tendo como variáveis independentes as concentrações de alginato, pectina e glicerol e como variável resposta a concentração de sólidos solúveis totais. Os frutos selecionados foram minimamente processados, tratados com uma solução a 1 % de ácido ascórbico, imersos na solução filmogênica e logo após em uma solução de cloreto de cálcio e glicerol, secados por 24 h e armazenados sob refrigeração a 9 ± 2 °C. Em seguida, novas formulações foram realizadas com base nos resultados do planejamento experimental, sendo selecionada a condição de 1 % (m/v) de alginato e 1,5 % (m/v) de pectina, a qual promoveu uma melhor conservação da fruta. As análises microbiológicas exigidas pela RDC nº12/2011 para coliformes termotolerantes e *Salmonella* indicaram que o produto está de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação.

Palavras-chaves: Embalagem Comestível. Manga 'Espada'. Alginato. Pectina.

ABSTRACT

The development of edible primary packaging for post-harvest conservation of minimally processed fruits and vegetables has motivated the development of new technologies, such as use of chemical pretreatments and films or covers formed with alginate and pectin, promoting most effective way to slow the damage caused by cutting plant tissues. Films preparation from biodegradable materials, such as natural polymers, has arisen because of the demand in to replace synthetic polymers derived from petroleum. The aim of this study was to evaluate the application of biopolymers based on alginate and pectin on conservation minimally processed mango cv. 'espada', due to its high perishability and short post-harvest life. Preliminary tests were performed to verify the best storage temperature and chemical treatment using ascorbic acid, citric acid and calcium chloride 1 % solutions. The selected conditions were employed in a full experimental design, using alginate, pectin and glycerol concentrations as independent variables and total soluble solids as response variable. The selected fruits were minimally processed, treated with 1 % solution of ascorbic acid, immersed in the filmogenic solution and in a calcium chloride and glycerol solution, dried for 24 hours and stored under refrigeration at 9 ± 2 ° C. Then, new formulations were based on the results of the experimental design, being selected the condition of 1 % (w/v) alginate and 1.5 % (w/v) pectin, which promoted a better conservation of the fruit. Microbiological analysis required by RDC n°12/2011 for fecal coliforms and *Salmonella* indicated the conformity of the product with the parameters required by legislation.

Keywords: Edible Packaging. Mango cv. 'espada'. Alginate. Pectin.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	17
1.1 Introdução	17
1.2 Objetivos	20
1.2.1. Objetivo geral	20
1.2.2. Objetivos específicos.....	20
1.3 Revisão da Literatura	20
1.3.1 Características gerais da manga	20
1.3.2 Pós-colheita da manga.....	22
1.3.3 Alimentos minimamente processados	23
1.3.4 Revestimentos comestíveis.....	26
1.3.5 Alginato	27
1.3.6 Pectina	28
1.3.7 Glicerol	29
CAPÍTULO 2	30
Efeito da temperatura de armazenamento e do pré-tratamento químico sobre a vida de prateleira da manga ‘espada’ minimamente processada revestida com cobertura de alginato e pectina	30
CAPÍTULO 3	46
Desenvolvimento e aplicação de cobertura comestível de alginato e pectina em manga ‘espada’ minimamente processada	46
CAPÍTULO 4	59
Avaliação do efeito da incorporação de biopolímeros combinados de alginato e pectina em manga ‘espada’ minimamente processada	59
CAPÍTULO 5	72
Avaliação microbiológica e físico-química em manga ‘espada’ minimamente processada revestida com cobertura de alginato e pectina	72
DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES	87
REFERÊNCIAS	89
ANEXOS	95

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução

A qualidade de um produto alimentício depende de suas características sensoriais, nutricionais e higiênicas, podendo ser alterada durante a estocagem e/ou comercialização. Nos dias atuais, a exigência do mundo moderno faz com que a indústria de alimentos seja inovadora e prime pela praticidade de uma forma sustentável e que possa agregar valor ao produto. Com isso, muitos processos químicos e físicos têm sido desenvolvidos para preservar a qualidade dos alimentos (OMS-OLIU et al., 2010).

É de conhecimento de muitos que a produção de plásticos que são utilizados em embalagens primárias de alimentos gera grandes volumes de lixo, causando graves problemas ambientais, sobretudo o acúmulo de resíduos. Os plásticos obtidos por via petroquímica levam cerca de 100 anos para se decomporem na natureza, e a substituição destes polímeros por filmes ou membranas a partir de materiais biodegradáveis torna-se uma alternativa com o objetivo de diminuir o impacto ambiental (ROSA, FRANCO, CALIL, 2001).

A utilização de biopolímeros, isto é, polímeros de origem biológica, na produção de embalagens biodegradáveis, é um método alternativo para preservação de frutas e hortícolas no período de pós-colheita, onde o produto continua metabolicamente ativo e sujeito a deteriorações e ação de patógenos. Estes compostos podem ser obtidos de três maneiras: por meio de mistura de biopolímeros com polímeros sintéticos; uso de produtos ou subprodutos agropecuários como substratos na produção de biopolímeros via fermentação (ex. produção de polihidroxibutirato - PHB); e o uso de biopolímeros diretamente na produção de filmes. Neste último caso se encontram os filmes comestíveis (THARANATHAN, 2013).

Por serem ao mesmo tempo embalagem e componente alimentício, filmes e revestimentos comestíveis devem apresentar as seguintes características: boas qualidades sensoriais; boas propriedades de barreira e eficiência mecânica; suficiente estabilidade bioquímica, físico-química e microbiana; fornecer uma

barreira semipermeável à troca de água e gases entre o alimento e o meio; serem isentos de toxinas e seguros para a saúde; requerer tecnologia simples para a sua fabricação; não serem poluentes e terem baixo custo de matéria-prima e de fabricação. Em geral devem ser tão insípidos quanto possível, no sentido de não serem detectados durante o consumo dos produtos alimentícios recobertos pelos mesmos. Quando possuem paladar e aroma significantes ou particulares, suas características sensoriais devem ser compatíveis com as do alimento (GALUS, LENART, 2013; OMS-OLIU et al., 2010).

Os hidrocolóides destacam-se pelas propriedades de barreira para oxigênio, dióxido de carbono e lipídios. São reconhecidos como seguros pela Food and Drug Administration (FDA) e largamente usados na indústria de alimentos. Dentre esses, o alginato e a pectina são empregados em diversos sistemas alimentícios, graças à capacidade de formarem géis por meios químicos, diferindo dos outros nos quais os géis são formados termicamente (ANDRADE et al., 2008). Estes biopolímeros podem ser aplicados de maneira isolada ou como copolímeros, inclusive com a adição de agentes antimicrobianos, que possuem a função de impedir a contaminação e a deterioração dos alimentos (ANDRADE et al., 2008; SILVA, BIERHALZ, KIECKBUSCH, 2009).

Dentre os materiais pesquisados e pensando na problemática ambiental das embalagens não biodegradáveis, os biopolímeros naturais, como os polissacarídeos e as proteínas, se apresentam como os mais promissores em razão de serem abundantes, renováveis, e capazes de formar uma matriz contínua. Ainda oferecem outras vantagens, como: podem ser consumidos em conjunto com o produto, são capazes de reter compostos aromáticos, carregar aditivos alimentícios ou componentes com atividade antibacteriana ou antifúngica e finalmente contribuir para minimização da poluição ambiental (ESPITIA et al., 2013; FALGUERA et al., 2011).

Por terem características de alta perecibilidade, as frutas e hortaliças apresentam muitos problemas com relação a sua preservação, desde a colheita até o seu consumo. De acordo com Leea et al. (2003), entre esses processos destacam-se a degradação e síntese de pigmentos, conversão do amido em açúcares, redução da firmeza, degradação de pectinas e alteração na atividade enzimática. Levando em consideração esta perecibilidade, a introdução de métodos de

conservação combinados aplicados ao pós-colheita, como o processamento mínimo de alimentos, pré-tratamentos químicos e revestimentos comestíveis, podem estender a vida de prateleira destes produtos (LEEA et al., 2003; ROJAS-GRAÜ, TAPIA, MARTÍN-BELLOSO, 2008).

O uso de produtos minimamente processados no Brasil ainda é recente, mas com grandes expectativas de crescimento, devido a otimização do pré-preparo, tanto para a própria alimentação como para serviços de alimentação. Segundo Brasil (2014), alimentos minimamente processados são a base para uma alimentação nutricionalmente balanceada, saborosa, culturalmente apropriada e promotora de um sistema alimentar socialmente e ambientalmente sustentável. A conservação dos alimentos por meio de métodos combinados é baseada no equilíbrio entre parâmetros ou obstáculos, como por exemplo: redução da atividade de água, decréscimo do pH, adição simples ou combinada de agentes antimicrobianos, tratamento térmico moderado, entre outros (OMS-OLIU et al., 2010; BRASIL, 2014).

Segundo Júnior et al. (2007), “o Brasil é o maior produtor de manga da América do Sul, com 68 mil hectares plantados e uma produção de 850 mil toneladas de frutos, sendo que a região Nordeste é responsável por 59,2 % da área cultivada e 66,4 % da produção nacional”. Dessa forma, há a necessidade de que sejam aplicadas técnicas que prolonguem a vida pós-colheita da manga (como a aplicação de biofilmes e o processamento mínimo de alimentos), já que esta é limitada devido ao seu rápido amadurecimento (MEDEIROS et al., 2012; JÚNIOR et al., 2007; CISSÉ et al., 2015; SOTHORNVIT, RODSAMARAN, 2008).

A principal forma de consumo da manga no país é *in natura*, porém a mesma possui alta perecibilidade, que é um fator que limita o aumento de sua exportação. As frutas têm que chegar ao local com o máximo de vida útil e com boa aparência; além do mais, as mesmas enfrentam uma longa viagem em navios sob refrigeração. Sivakumar, Jiang e Yahia (2011) relatam que a manutenção da qualidade dos frutos deve-se a técnicas de armazenamento pós-colheita que reduzem as taxas respiratórias e retardam o amadurecimento e prevenção de desordens (SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011; CISSÉ et al., 2015; PALAFOX-CARLOS et al., 2012). Neste trabalho será utilizada a espécie ‘espada’, devido à popularidade da mesma na região Nordeste, e por ser de fácil aceitação pelo consumidor, o que

justifica o seu processamento mínimo e o beneficiamento promovido pelo biopolímeros.

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Avaliar a aplicação de biopolímeros combinados de alginato e pectina na conservação da manga 'espada' minimamente processada.

1.2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a proporção entre alginato, pectina e glicerol através de um planejamento fatorial para obter a melhor concentração de solução filmogênica;
- Avaliar as características físico-químicas das amostras de manga 'espada' minimamente processada sem relação às diferentes formulações filmogênicas obtidas;
- Avaliar a vida de prateleira das amostras de manga 'espada' minimamente processadas após aplicação do biopolímero;
- Analisar as características microbiológicas dos biopolímeros após serem incorporados nas amostras de manga 'espada' minimamente processadas.

1.3 Revisão da Literatura

1.3.1 Características gerais da manga

A manga (*Mangifera indica* L.), uma das frutas tropicais mais populares, tem grande produção e aceitação comercial em diversos países do mundo (RIBEIRO et al., 2008; DJIOUA et al., 2009; CHIUMARELLI et al., 2011; SHIEBERU, ULLRICH, CARLE, 2000). É originária da Índia (KIRTIL et al, 2014; PALAFOX-CARLOS et al., 2012) e foi introduzida no Brasil pelos portugueses, com boa adaptação em várias regiões (GUEDES, 2007). É considerada uma fruta climatérica, que ao fim do período de amadurecimento apresentam um marcante aumento na taxa respiratória

devido ao aumento da produção de etileno, sendo referida muitas vezes como “rainha das frutas” (SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011; KRISHNA, SINGH, 2007).

A fruta pertence à família Anacardiaceae, formada por uma drupa carnosa, geralmente achatada lateralmente, sendo as formas mais comuns as arredondadas, ovaladas e elípticas. Os frutos variam conforme o tipo, tamanho, peso, forma, teor de fibras e coloração (inicialmente verde). Dependendo do cultivar e estágio de maturação, a coloração muda para o amarelo ou avermelhado, já que com o passar do tempo o teor de clorofila presente é reduzido e as antocianinas e/ou carotenoides tendem a aumentar (GUEDES, 2007; SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011).

A manga é dividida em três partes: o exocarpo, que é constituído pela parte que protege a fruta, ou seja, a sua casca; o mesocarpo, formado pela parte carnosa e suculenta da manga, e o endocarpo, correspondendo ao caroço, que possui forma ovoide e oblonga (SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011).

Pode ser considerada uma fruta com características nutracêuticas, ou seja, seus nutrientes tem a capacidade comprovada de proporcionar benefícios a saúde humana (OLIVEIRA et al., 2016), pois é rica em compostos antioxidantes, incluindo o ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos (RIBERO et al., 2008; DJIOUA et al., 2009; PALAFOX-CARLOS et al., 2012; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2009; SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011), além de diversos compostos fitoquímicos que revelam ser potenciais promotores da saúde (SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011).

A presença destes compostos bioativos na composição da manga, a depender da variedade, maturação e condições de cultivo, está associada à prevenção de doenças cardiovasculares, aterosclerose (PALAFOX-CARLOS et al., 2012; SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011), na prevenção de doenças cancerígenas e de algumas doenças crônicas relacionadas ao estresse oxidativo, protegendo o organismo da ação dos radicais livres e de processos degenerativos (RIBERO et al., 2008; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2009).

A Índia é o principal produtor de manga (NAMBI et al., 2016; PALAFOX-CARLOS et al., 2012), representando cerca de 41,5 % do total produzido no mundo, com produção anual estimada em 18 milhões de toneladas (NAMBI et al., 2016). O Brasil é um dos dez maiores produtores, com cerca de 2,15 % da produção mundial, porém é o segundo maior exportador (CEASA CAMPINAS, 2014), tendo como principal região produtora o nordeste brasileiro, destacando-se o Vale do São Francisco, na fronteira entre Bahia e Pernambuco. Segundo o Anuário Brasileiro de

Fruticultura (2016), esta região “representou 84 % das exportações brasileiras de manga em 2015: embarcou 131,5 mil toneladas e faturou US\$ 147 milhões”, tendo como maiores clientes os países da União Europeia (93,6 mil toneladas) e Estados Unidos (27 mil toneladas). Entre as frutas brasileiras que são exportadas, a manga foi a que teve a maior receita no ano de 2015, 24 % acima dos números de 2014 (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2016).

Segundo Ribeiro et al. (2008), os cultivares de manga *Haden*, *Tommy Atkins* e *Palmer* são os principais que estão em circulação, tanto nos mercados internos como externos, já que apresentam as características e qualidades exigidas pelos consumidores para o consumo *in natura* (RIBEIRO et al., 2008). As que não apresentam os padrões exigidos, referentes a peso, tamanho, formato, sabor, também mostram boas propriedades sensoriais e podem ser consumidas e valorizadas nas formas de polpa (NAMBI et al., 2016), suco, néctar (RIBEIRO et al., 2008), chips, preparados em pós, barra de frutas, purês (SHIEBERU, ULLRICH, CARLE, 2000), doces, compotas, sorvetes, entre outros produtos.

1.3.2 Pós-colheita da manga

O amadurecimento dos frutos engloba o estado fisiológico onde ocorrem mudanças na cor, sabor, odor e demais características do fruto, tornando-os mais agradáveis para o consumo. O amadurecimento também pode ser definido como um conjunto de processos que acontece desde os últimos estágios de desenvolvimento até as etapas iniciais da senescência, resultando em características estéticas e de qualidade para o fruto e uma melhora nas características sensoriais (CHITARRA, CHITARRA, 2005).

A manga é uma fruta que possui características climatéricas, amadurecendo rapidamente após a sua colheita (BALDWIN et al., 1999; SOTHORNVIT, RODOSAMRAN, 2008). Neste estágio, uma série de alterações químicas, bioquímicas, fisiológicas e estruturais deixa o fruto mais atrativo ao consumidor; porém, este fica susceptível a deterioração microbológica (BALDWIN et al., 1999; NAMBI et al., 2016). Além disso, a produção de etileno promove um rápido amadurecimento, aumentando a respiração e conseqüentemente o amolecimento, mudança de cor e aromas voláteis do fruto (SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011).

Segundo Sivakumar, Jiang, Yahia (2011), as perdas pós-colheita estão associadas “principalmente devido à colheita de frutas com maturidade imprópria,

danos mecânicos causados durante a colheita ou manuseio impróprio no campo”, assim como doenças provocadas por pragas, danos causados pelo frio, embalagens inapropriadas, dentre outras. Quando colhidas muito verdes, as frutas terão uma elevada acidez, já se colhidas maduras, são mais susceptíveis a danos mecânicos sofridos devido ao manuseio e transporte, perda de água e consequente enrugamento (SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011; OLIVEIRA et al., 2016), assim como mudanças na textura de sua polpa (NAMBI et al., 2016). Por isso, é importante que a colheita seja realizada no tempo certo, a fim de garantir a manutenção dos atributos de qualidade e a vida de prateleira da manga.

As mangas estão predispostas a contaminações microbiológicas como a antracnose, a presença do fungo *Alternaria* e a podridão. Essas doenças afetam a qualidade dos frutos, principalmente quando há aberturas nas superfícies destes e que servem como porta de entrada para esses patógenos, causando perdas graves no pós-colheita e prejudicando a cadeia de abastecimento. Atividade de água e umidade elevadas e temperatura também são algumas das condições que favorecem a atividade de microrganismos, assim como as operações que envolvem desde a colheita, embalagem, transporte e distribuição estão susceptíveis a tais contaminações (SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011).

Alguns sistemas de qualidade servem como ferramentas importantes na manutenção da qualidade da manga, garantindo a segurança do produto desde o seu manuseio até a chegada à mesa do consumidor. No entanto, a aplicação de novas técnicas tem contribuído para a melhoria da aplicação das boas práticas de produção, dentre elas, o tratamento térmico, o controle biológico (uso de antagonistas microbianos), tratamentos por meio de vapor, irradiação, utilização de biopolímeros, dentre outros (SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011).

1.3.3 Alimentos minimamente processados

Alimentos minimamente processados são definidos como alimentos *in natura* que antes de sua aquisição foram submetidos a alterações mínimas, sendo estas a limpeza, remoção de partes não comestíveis, secagem, embalagem, pasteurização, resfriamento, congelamento, moagem e fermentação (LEEA, et al., 2003; BRASIL, 2014; GOYENCHEA et al., 2014). A versão atual do “Guia alimentar para a população brasileira” recomenda a inclusão destes alimentos como base para uma alimentação saudável (BRASIL, 2014). O mercado para este tipo de produto vem

tendo notável crescimento industrial devido à conveniência e pela qualidade e benefícios a saúde humana (LEEA et al., 2003; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2009; GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2004; GOYENECHEA et al., 2014; SOTHORNVIT, RODSAMRAN, 2008). A técnica pode ser aplicada nos mais variados estágios da cadeia alimentícia, da distribuição, passando pela estocagem, processamento e/ou embalagem do alimento (SOUZA FILHO et al., 2001).

Frutas e hortaliças minimamente processadas têm ganhado grande destaque nesta modalidade, já que o processamento mínimo é uma alternativa à redução das perdas no pós-colheita, podendo contribuir para um maior desenvolvimento da agroindústria e fazendo com que os próprios produtores, por meio de técnicas simples, entreguem seus insumos diretamente às grandes redes de supermercados (SOUZA FILHO et al., 2001). Além do mais, os consumidores estão buscando cada vez mais por um estilo de vida diferente, integrando à sua alimentação estes tipos de produtos e se apropriando dos benefícios que podem promover (CHEN et al., 2016; DANALACHE et al., 2016), tendo em vista que com a agitação do mundo moderno, pouco tempo se tem para o preparo dos mesmos (OLIVAS, MATTINSON, BARBOSA-CÁNOVAS, 2007; SIPAHI et al., 2013).

Além da comodidade e praticidade oferecidas, as frutas minimamente processadas trazem o frescor que os produtos não processados demonstram ter. Frutas e hortaliças são altamente nutritivas, auxiliam na prevenção de doenças, melhoram o sistema imunológico e evitam problemas sistêmicos de uma forma geral (OMS-OLIU, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2008). Ao adquirirem este tipo de produto, os consumidores avaliam os atributos de qualidade das frutas frescas por meio da aparência, cor, textura, sabor e odor (ROJAS

-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009; MANOLOPOULOU, VARZAKAS, 2011). No entanto, segundo Robles-Sánchez et al. (2009) e Robles-Sánchez et al. (2013), o maior obstáculo no *marketing* dos produtos minimamente processados é sua vida limitada devido ao corte nos tecidos vegetais e suas consequências para a manutenção da qualidade do fruto (ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2009; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2013).

Com sua integridade comprometida, as frutas e hortaliças minimamente processadas têm efeitos indesejáveis, uma vez que as frutas são constituídas de tecido vivo, promovendo assim uma deterioração acelerada, o escurecimento da sua superfície, desenvolvimento de *off-flavor*, amolecimento do tecido, perda de água,

aumento da respiração devido ao aumento do etileno e desenvolvimento de contaminações microbiológicas que comprometem a segurança nutricional do produto (LEEA et al., 2003; GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2004; ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2009; MANOLOPOULOU, VARZAKAS, 2011; SIPAHI et al., 2013; CHEN et al., 2016; SABA, SOGVAR, 2016). Desta forma, a vida de prateleira destes produtos tende a ser muito reduzida (SIPAHI et al., 2013, GOYENECHEA et al., 2014). De acordo com GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2004), os frutos íntegros, que podem ter uma vida útil de 1 a 2 semanas, passam para apenas 1 a 3 dias quando minimamente processados.

Segundo Rojas-Graü, Soliva-Fortuny e Martín-Belloso (2009), a busca por metodologias que retardam esses efeitos negativos vem sendo estudadas, pois são de grande interesse para as partes envolvidas, desde a produção até distribuição das frutas minimamente processadas (ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009). Vários métodos são propostos com o objetivo de reduzir as alterações enzimáticas e bioquímicas, por meio da aplicação de tecnologias de processamento inovadoras, além de intervenções tradicionais (SIDDIQ, SOGI, DOLAN, 2013). Podem ser citados o emprego de baixas temperaturas durante todo o processamento (GOYENECHEA et al., 2014; GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2004; CHIEN, SHEU, YANG, 2007; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2009) e o uso de tratamentos antioxidantes (ácido ascórbico, ácido cítrico) (ROBLES-SÁNCHEZ et al. 2009; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2013; SIDDIQ, SOGI, DOLAN, 2013; CHIEN, SHEU, YANG, 2007). No entanto, uma maior extensão de vida de prateleira pode ser obtida por meio do desenvolvimento de novas técnicas de preservação ou pela aplicação de técnicas combinadas, melhorando a qualidade sensorial e nutricional do fruto e prevenindo a deterioração microbiológica (OMS-OLIU et al., 2010; GOYENECHEA et al., 2014).

Outra abordagem que vem sendo testada é a utilização de compostos de origem natural, como os hidrocolóides (agentes geleificantes, espessantes, emulsionantes, estabilizantes, entre outros) na formação de revestimentos comestíveis, tendo em vista que ao ser processado, o fruto perde sua principal proteção, a casca, ficando com isso susceptível a uma vida de prateleira reduzida (DANALACHE et al., 2016; OMS-OLIU et al., 2010; SIPAHI et al., 2013).

1.3.4 Revestimentos comestíveis

O emprego de revestimentos comestíveis data do século XII, quando os chineses utilizavam ceras para cobrir frutas cítricas na intenção de retardar a desidratação e resistir à injúria do transporte (PARK, 1999). Apesar do revestimento de alimentos não ser uma prática recente, nos últimos tempos tem se tornado uma tecnologia emergente, com o objetivo de melhorar a aparência dos frutos ou hortícolas, retardar a perda de umidade e controlar o amadurecimento. Além disso, as indústrias também têm visado embalagens compostas por materiais que não apenas guardem o alimento, mas que interajam também com o alimento e com meio ambiente (SILVA, BIERHALTZ, KIECKBUSCH, 2009; CHITARRA, CHITARRA, 2005).

Os compostos mais utilizados nas formulações dos filmes e revestimentos são os polímeros sintéticos, pois são de baixo custo. Porém há grande interesse no desenvolvimento de biopolímeros biodegradáveis e/ou comestíveis fabricados a partir de compostos naturais. A escolha do material irá determinar as interações entre os componentes, interferindo nas propriedades de barreira, mecânicas e sensoriais dos biofilmes, que poderão levar a alterações nas características do alimento (SILVA, BIERHALTZ, KIECKBUSCH, 2009; THARANATHAN, 2003).

Vários tipos de revestimentos comestíveis têm sido desenvolvidos, em escala de laboratório, utilizando-se biopolímeros como polissacarídeos, lipídios e proteínas (FALGUERA et al., 2011). Segundo Silva, Bierhaltz e Kieckbusch (2009), estas embalagens atuam como uma barreira semipermeável a gases, reduzindo a respiração, a produção de etileno e a transpiração dos frutos. Dessa forma, o processo de senescência é retardado, resultando na manutenção ou melhoria da qualidade dos alimentos e sua durabilidade no pós-colheita (ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009; BETORET et al., 2011).

Portanto, biopolímeros comestíveis são materiais finos e flexíveis elaborados com macromoléculas biológicas capazes de formar uma matriz contínua, que apresentam vantagens como: uma barreira à troca de gases e oxigênio, redução dos efeitos da maturação (aumentando a vida de prateleira), menor perda de conteúdo, melhorias nas características físicas e sensoriais, além de ser uma possibilidade de substituição de embalagens sintéticas não biodegradáveis derivadas do petróleo, reduzindo assim a poluição ambiental (BETORET et al., 2011; THARANATHAN, 2013).

1.3.5 Alginato

Os alginatos são polissacarídeos naturais derivados do ácido algínico. São encontrados em algas pardas (*Phaeophyceae*) como componente estrutural, formando uma matriz de gel intercelular que confere às algas resistência mecânica e flexibilidade (GALUS, LENART, 2013). O alginato também pode ser sintetizado por microrganismos como *Pseudomonas* e *Azotobacter*, diferindo do ácido algínico presente nas algas apenas por ser mais acetilado (ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009).

O alginato é um copolímero linear composto de resíduos dos ácidos β -D-manurônico e α -L-gulurônico, unidos por ligações glicosídicas (1,4), arranjados em blocos ao longo da cadeia, onde regiões poliméricas estão interdispersas com regiões de estrutura alternantes sem ramificações (ANDRADE et al., 2008). O alginato de sódio apresenta-se comercialmente na forma de sal, sendo amplamente utilizado na indústria alimentícia, farmacêutica, têxtil e de papel. Segundo Silva, Bierhalz e Kieckbusch (2009), uma das mais importantes propriedades dos alginato e que é responsável por um grande número de aplicações é a sua capacidade de formar géis termoestáveis na presença de cátions divalentes, principalmente o cálcio (FALGUEIRA et al., 2011; OMS-OLIU et al., 2010).

Devido às suas características como espessante, agente geleificante, biodegradabilidade, biocompatibilidade e ausência de toxidez, o alginato torna-se interessante para a utilização na indústria alimentícia. Filmes de alginato são estudados com o objetivo de serem empregados em, por exemplo: embalagens, coberturas e proteção de diferentes materiais, matriz ou cobertura reticulada para sistemas de liberação de fármacos e no encapsulamento de células vivas (ROJAS-GRAÜ et al., 2007).

Quando comparado a um filme sintético o alginato possui características moderadas com relação a permeabilidade à água e as propriedades mecânicas, sendo as coberturas formadas por este biopolímero impermeáveis a óleos e gorduras, podendo amenizar as perdas de umidade dos alimentos, além de ser uma boa barreira ao oxigênio, retardando a oxidação lipídica dos alimentos e melhorando assim o seu sabor e textura (SILVA, BIERHALZ, KIECKBUSCH, 2009; FALGUERA et al., 2011).

1.3.6 Pectina

A pectina faz parte de um grupo de substâncias denominadas de pécticas, apresentando-se como um polissacarídeo complexo e de alto peso molecular. Trata-se de um hidrocolóide natural que está presente em diversas espécies vegetais, formando um grupo heteromolecular de polissacarídeos estruturais encontrados principalmente nas paredes celulares e nas camadas intercelulares (lamela média), que contribuem para a adesão entre as células, firmeza durante o crescimento, amadurecimento, armazenamento e processamento, e a resistência mecânica do tecido (PAIVA, LIMA, PAIXÃO, 2009; ESPITIA et al., 2013).

Segundo Espitia et al. (2013), suas moléculas são constituídas de uma cadeia principal linear de resíduos do ácido D-galacturônico unidos por ligações glicosídicas do tipo α (1,4), cujos grupos carboxílicos podem estar parcialmente esterificados por metoxilas. A depender do grau de metoxilação as pectinas são classificadas como de alto teor de metoxilação (ATM) quando possuem 50 % ou mais de seus grupos carboxílicos esterificados, e pectinas de baixo teor de metoxilação (BTM), quando 50 % ou menos de seus grupos são esterificados (ESPITIA et al., 2013).

As pectinas são amplamente utilizadas na tecnologia de alimentos devido a sua ação espessante, a capacidade de formar géis, promove aumento da viscosidade, funciona como colóide estabilizante, confere firmeza aos alimentos, retenção de sabor e aroma. Por possuir características como biocompatibilidade e não toxicidade, a pectina vem sendo utilizada também na indústria farmacêutica e na produção de filmes comestíveis (OMS-OLIU et al., 2010, ESPITIA et al., 2013; GALUS, LENART, 2013).

Dentre as principais fontes de pectinas industrialmente utilizadas podem-se destacar: cascas de frutas cítricas, bagaço de maçã e polpa de beterraba. A extração é conduzida através de condições ácidas ou básicas com posterior deslignificação pelo tratamento com cloreto de sódio. Comercialmente, a pectina encontra-se na forma de pó como ingrediente de grande valor alimentício, podendo ser aplicada na fabricação de geleias, sucos de frutas, doces, produtos de confeitaria, sobremesas, entre outros (SILVA, BIERHALZ, KIECKBUSCH, 2009).

1.3.7 Glicerol

O glicerol (1,2,3 propanotriol ou glicerina) é um composto orgânico com função álcool, é uma substância incolor, sem cheiro, viscosa, higroscópica, de sabor adocicado, solúvel em água e álcool, derivado de fontes naturais ou através da via petroquímica. Foi descoberto em 1779 pelo químico sueco Karl Wihelm Scheele no processo de saponificação do azeite de oliva. Por se tratar de um poliálcool, possui em sua forma estrutural três hidroxilas que conferem alta flexibilidade e a formação de ligações tanto intra como intermoleculares. O glicerol ou glicerina é uma substância altamente versátil, dentre as suas aplicações na indústria podemos destacar: utilização no setor alimentício, em fármacos, produção de tabaco, poliéters/ polióis, tabaco, detergentes, cuidados pessoais, celofanes, explosivos, triacetina e outros (BEATRIZ, ARAÚJO, LIMA, 2011).

O glicerol também pode atuar como agente plastificante, e tem sido utilizado com sucesso em conjunto com polissacarídeos e outros filmes comestíveis, conferindo uma maior funcionalidade e flexibilidade aos polímeros, devido à uma diminuição das forças intermoleculares ao longo das cadeias dos polímeros melhorando também sua mobilidade (ROJAS-GRAÜ et al., 2007). O Glicerol diminuiu a fragilidade dos biopolímeros durante o manuseio ou armazenamento, algumas reações adversas foram: afetam a capacidade do sistema de atrair água e aumentam a permeabilidade do biopolímero ao oxigênio ao vapor de água e afeta principalmente as propriedades mecânicas, Segundo Silva, Bierhalz e Kieckbusch (2009), as características dos filmes baseados em matrizes poliuronadas dependem de um equilíbrio entre o grau de reticulação com Ca^{2+} (necessário para reduzir a solubilidade em água, mas induz a fragilidade) e a adição de plastificantes (ROJAS-GRAÜ et al., 2007; SILVA, BIERHALZ E KIECKBUSCH, 2009; DICK et al., 2015).

CAPÍTULO 2

Efeito da temperatura de armazenamento e do pré-tratamento químico sobre a vida de prateleira da manga 'espada' minimamente processada revestida com cobertura de alginato e pectina

F. A. SILVA^a, L. FINKLER^b e C. L. L. FINKLER^b

^a *Discente da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua Alto do Reservatório, s/n, Bela Vista, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil, 55608-680.*

^b *Docentes da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua Alto do Reservatório, s/n, Bela Vista, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil, 55608-680.*

Resumo

Devido à alta perecibilidade de frutas minimamente processadas, novas tecnologias têm sido desenvolvidas com a finalidade de promover a sua qualidade e conservação de forma segura. Dentre estas, destacam-se os biopolímeros de origem natural e o pré-tratamento com ácidos orgânicos. Este trabalho teve como objetivo a avaliação do efeito da temperatura de armazenamento e adição de tratamento químico sobre a vida de prateleira da manga 'espada' minimamente processada revestida de biopolímeros combinados de alginato e pectina. Foram elaboradas duas formulações: condição *A* (concentração de alginato de 0,68 % (m/v), concentração de pectina de 0,68 % (m/v) e concentração de glicerol de 2,83 % (m/v)) e condição *B* (concentração de alginato de 2,42 % (m/v), concentração de pectina de 2,42 % (m/v) e concentração de glicerol de 8,17 % (m/v), além do grupo controle. Os frutos selecionados foram minimamente processados, imersos na solução filmogênica e logo após em uma solução de cloreto de cálcio e glicerol e secados por 24 h. Para a avaliação do pré-tratamento, as amostras foram imersas individualmente em soluções a 1 % (m/v) de ácido ascórbico, ácido cítrico e CaCl₂ por 4 min, sendo posteriormente drenadas e imersas nas soluções poliméricas. Nesta etapa, as amostras foram divididas em dois grupos: um acondicionado a temperatura ambiente (28 °C ± 2°C) e o outro sob refrigeração a 9 ± 1 °C. Foi possível concluir que o armazenamento à temperatura ambiente resultou no aparecimento de contaminantes, mesmo nas amostras pré-tratadas, o que demonstra que a refrigeração se sobressai à temperatura ambiente, sendo o ácido ascórbico associado ao armazenamento refrigerado da manga 'espada' minimamente processada a condição que apresentou melhor resultado, uma vez que foi possível alcançar 14 dias de vida de prateleira do produto.

Palavras-chave: Biopolímero, Pós-colheita, Processamento Mínimo.

Abstract

Due to the high perishability of minimally processed fruits, new technologies have been developed in order to promote their quality and conservation securely. Among the technologies are biopolymers of natural origin and pretreatment with organic acids. This study aimed to evaluate the effect of storage temperature and addition of chemical treatment on the shelf life of minimally processed mango cv. 'espada' coated biopolymers based on alginate-pectin. Two formulations were prepared: Condition A (alginate concentration 0.68 % (w/v), pectin concentration 0.68 % (w/v) and glycerol concentration 2.83 % (w/v)), Condition B (alginate concentration 2.42 % (w/v), pectin concentration 2.42 % (w/v) and glycerol concentration 8.17 % (w/v)), and the control group. The selected fruits were minimally processed, immersed in the filmogenic solution and shortly after in a solution of calcium chloride and glycerol, and dried for 24 h. For pretreatment evaluation, samples were individually immersed in solutions of 1 % (w/v) of ascorbic acid, citric acid and CaCl₂ for 4 min and subsequently drainage and immersed in the polymeric solutions. In this step, samples were divided into two groups: one samples remained at room temperature (28 °C ± 2 °C) and the other was stored under refrigeration at 9 ± 1 °C. The storage at room temperature resulted in the appearance of contaminants, even in the pretreated samples, demonstrating that the refrigerated condition is better than room temperature. Pretreatment with ascorbic acid and storage of minimally processed mango cv. 'espada' under refrigeration showed the best results, since it was possible to achieve a product shelf life of 14 days.

Keywords: Biopolymer, Post-harvest conservation, Minimally processed.

*Artigo será submetido à revista *Food Hydrocolloids* (ANEXO)

1. Introdução

A crescente busca por alimentos frescos e saudáveis e que podem ser consumidos de forma conveniente e prática, trazendo inúmeros benefícios a saúde humana, tem aumentado a demanda no mercado pelo consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas (OLIVAS, MATTINSON, BARBOSA-CÁNOVAS, 2007; SIDDIQ, SOGI, DOLAN, 2013; LEEA et al., 2013). Porém, como resultado do processamento mínimo, danos são provocados nos tecidos vegetais, causando reações indesejáveis no produto como escurecimento, alterações no sabor e textura, aumento da produção de etileno e maior

exposição a agentes microbianos, o que limita a vida de prateleira do mesmo (OMS-OLIU et al., 2010; LEEA et al., 2013; CHEN et al., 2016; OLIVAS, MATTINSON, BARBOSA-CÁNOVAS, 2007). Segundo González-Aguilar, Wang e Buta (2008), o aumento da atividade metabólica do fruto provocada pelo processamento mínimo chega a reduzir a vida útil da fruta de 1 a 2 semanas para apenas 1 a 3 dias, mesmo em temperaturas ideais (GONZÁLEZ-AGUILAR, WANG, BUTA, 2008).

Com o objetivo de atender a esta demanda, a indústria tem realizado pesquisas a fim de desenvolver novas técnicas de processamento mínimo de frutas de forma segura e que apresentem alta qualidade do ponto de vista nutricional e sensorial, visando retardar estes efeitos negativos (OMS-OLIU et al., 2010; SON, MOON, LEE et al., 2001; ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FOTUNT, MARTÍN-BELLOSO, 2009). Segundo Rojas-Graü, Soliva-Fortuny e Martín-Belloso (2009), o consumidor tende a julgar a qualidade das frutas minimamente processadas por sua aparência. Sabendo que a cor é um atributo de qualidade, buscam-se por métodos individuais ou combinados que inibam a reação de escurecimento provocada pela enzima polifenoloxidase, já que o uso de sulfitos que vinham sendo usados até meados dos anos 80 foi proibido (ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FOTUNT, MARTÍN-BELLOSO, 2009; FALGUERA et al., 2011; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2013; SON, MOON, LEE et al., 2001; SABA, SOGVAR, 2016).

Vários compostos naturais podem ser utilizados como pré-tratamentos para reduzir o escurecimento das frutas minimamente processadas (SABA, SOGVAR, 2016). Dentre eles, destacam-se o ácido ascórbico, que reduz a ação das quinonas produzidas pela polifenoloxidase e inibem o escurecimento de forma eficaz (LEE et al., 2003; LIMBO, PIERGIOVANNI, 2006; ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009; OMS-OLIU et al., 2010; MANOLOPOULOU, VARZAKAS, 2011; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2013; SABA, SOGVAR, 2016); o ácido cítrico, que diminui o pH e faz quelatos com o cobre da enzima polifenoloxidase, diminuindo sua atividade (LEE et al., 2003; LIMBO, PIERGIOVANNI, 2006; OMS-OLIU et al., 2010; MANOLOPOULOU, VARZAKAS, 2011; GOYENECHÉ et al., 2014); e o cloreto de cálcio, que pode manter ou até mesmo melhorar a firmeza dos tecidos vegetais (OMS-OLIU et al., 2010; MANOLOPOULOU, VARZAKAS, 2011).

A incorporação destes agentes antioxidantes com a utilização de biopolímeros em frutas minimamente processadas pode ser utilizada para retardar a senescência das frutas (ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009; FALGUERA et al., 2011). Segundo Rojas-Graü, Soliva-Fortuny e Martín-Belloso (2009) e Saba e Sogvar (2016), os revestimentos comestíveis contribuem para o aumento da conservação do produto, reduzindo a umidade e a migração de solutos, trocas gasosas, respiração e reações de oxidação do fruto. Estes também podem incorporar agentes antioxidantes, corantes,

aromatizantes e probióticos (ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FOTUNTY, MARTÍN-BELLOSO, 2009; SABA, SOGVAR, 2016).

Os revestimentos atuam ainda como uma barreira entre o ambiente e o alimento, não substituindo a embalagem externa, mas auxiliando esta no seu papel (SON, MOON, LEE, 2001). Geralmente são a base de hidrocolóides, destacando-se o alginato, originado de algas marrons (*Pheophyceae*) (ROJAS-GRAÜ et al., 2007; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2013), e a pectina, encontrada nas próprias frutas (GALUS, LENART, 2013) e que têm boa capacidade de formar géis na presença do íon cálcio, o que os torna insolúveis em água, fazendo que atuem como barreiras ao vapor de água e formem uma atmosfera modificada envolta da fruta minimamente processada (OLIVAS, MATTINSON, BARBOSA-CÁNOVAS, 2007; FALGUERA et al., 2011).

Outra metodologia de conservação é a utilização da temperatura, que também vai influenciar na preservação das frutas minimamente processadas, estendendo sua vida de prateleira. Devido à sua natureza perecível, é preferível o armazenamento em baixas temperaturas, onde os danos provocados são menores do que quando armazenados em temperaturas mais elevadas (DEA, S. et al., 2010; SIDDIQ, SOGI, DOLAN, 2013) A combinação de diferentes metodologias pode melhorar a extensão de vida útil desses produtos, facilitando a distribuição, a comercialização e reduzindo as alterações enzimáticas e bioquímicas através do uso de tecnologias tradicionais e/ou inovadoras no mercado para o processamento mínimo (SIDDIQ, SOGI, DOLAN, 2013; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2009; GOYENECHÉ et al., 2014).

Ainda se tem poucos estudos sobre a utilização da manga minimamente processada (TOVAR, GARCÍA, MATA, 2001; DEA, S. et al., 2010, SIDDIQ, SOGI, DOLAN, 2013), tendo em vista que frutas tropicais são bastante consumidas no exterior, tornando-a um produto potencial para comercialização. Segundo Siddiq, Sogi e Dolan (2013), o consumo *per capita* de manga teve um aumento de 0,25 para 0,92 kg (SIDDIQ, SOGI, DOLAN, 2013). Porém, o processamento mínimo desta fruta provoca alterações de caráter químico e bioquímico e aumento da taxa respiratória, que já é elevada, por se tratar de um fruto climatérico, resultando em perda da qualidade do produto e vida de prateleira mais curta (SIDDIQ, SOGI, DOLAN, 2013). A utilização de pré-tratamentos antioxidantes, embalagens primárias de compostos naturais e condições ideais de acondicionamento são essenciais para a manutenção da conservação deste tipo de produto, tendo em vista que os consumidores estão cada vez mais solícitos que a indústria prime pela proposta de utilização de compostos que não agridam nem a saúde, nem ao meio ambiente (DIJOUA et al., 2009).

No levantamento de referências para elaboração deste manuscrito, não foram encontrados estudos a respeito da utilização de 'manga espada' minimamente processada, tornando a proposta deste trabalho inovadora na conservação de alimentos para este tipo

de cultivar. Este trabalho teve como objetivo a avaliação do efeito da temperatura de armazenamento e adição de tratamento químico sobre a vida de prateleira da manga 'espada' minimamente processada revestida de biopolímeros combinados de alginato e pectina.

2. Material e Métodos

2.1. Material

As mangas (*Mangifera indica* cv. Espada) foram adquiridas na feira-livre do município de Bezerros-PE, no estágio inicial da maturação, com casca na coloração verde, apresentando ausência de danos mecânicos ou podridões. Na formulação do biopolímero foram utilizados: alginato de média viscosidade (GRINDSTED[®]) e pectina (Genu[®] pectina tipo B- rapid LM). Cloreto de cálcio (Química Moderna[®]) foi utilizado no processo de reticulação e glicerol (Nuclear[®]) como agente plastificante. O ácido ascórbico (IMPEX[®]), ácido cítrico (IMPEX[®]) e cloreto de cálcio (Química Moderna[®]) foram utilizados como pré-tratamentos. As embalagens para acondicionamento do produto foram de poliestireno (150 mm x 150 mm x 30 mm) e envoltas com filme de policloreto de vinila (PVC) (Wyda[®]).

2.2 Preparo dos biopolímeros

Inicialmente, os polímeros de alginato e de pectina foram dissolvidos em água estéril sob agitação constante a 70 °C até a formação visível do gel, de acordo com as seguintes concentrações pré-estabelecidas: condição A (concentração de alginato de 0,68 % m/v, concentração de pectina de 0,68 % m/v e concentração de glicerol de 2,83 % m/v) e condição B (concentração de alginato de 2,42 % m/v, concentração de pectina de 2,42 % m/v e concentração de glicerol de 8,17 % m/v), além do grupo controle.

2.3 Preparo e recobrimento das amostras

2.3.1 Teste de temperatura de armazenamento

As mangas foram higienizadas com detergente, enxaguadas com água potável e desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos, sendo em seguida lavadas com água potável e secas a temperatura ambiente, em seguida os frutos foram descascados, sua polpa foi fatiada longitudinalmente em tiras, sendo posteriormente cortadas em pequenos pedaços. Estes foram adicionados às soluções dos polímeros por 3 min. Em seguida, as amostras foram imersas em solução composta de 0,12 M de CaCl₂ e de glicerol por mais 3 minutos. Posteriormente, as amostras foram drenadas, acondicionadas em bandejas de poliestireno e armazenadas em temperatura ambiente (28

°C) para secagem por 24 h. Após esse período, as bandejas foram envoltas por filme de PVC e armazenadas sob a mesma temperatura de secagem, sendo as primeiras análises realizadas após 48h de processamento.

2.3.2 Tratamento químico e variação de temperatura

Foi realizado o mesmo procedimento descrito anteriormente, sendo que foram separadas amostras para serem submetidas a um tratamento químico antes da imersão das amostras nas soluções poliméricas, que consistia na imersão da fruta em três soluções distintas: solução a 1 % (m/v) de ácido ascórbico, solução a 1 % (m/v) de ácido cítrico e solução a 1 % (m/v) de CaCl_2 , por 4 min e posterior drenagem.

As amostras foram divididas em quatro grupos: frutas submetidas a tratamento químico armazenadas a temperatura ambiente (28 °C) e sob refrigeração (9 ± 1 °C) e frutas sem tratamento e também armazenadas nas mesmas condições descritas anteriormente, como mostra a Tabela 2.1. Foram realizadas observações relacionadas ao aspecto visual até o surgimento de contaminação microbiológica.

As amostras submetidas ao tratamento químico e diferentes temperaturas de armazenamento foram designadas de acordo com a Tabela 2.2.

Tabela 2.1- Condições experimentais das formulações A e B de acordo com o tratamento químico e a temperatura de armazenamento. Formulação A: concentração de alginato e de pectina de 0,68 % m/v e concentração de glicerol 2,83 % m/v; Formulação B: concentração de alginato e de pectina de 2,42 % m/v e concentração de glicerol de 8,17 % m/v.

Formulação	Tratamento	Temperatura de armazenamento
A e B	Tratamento	Temperatura ambiente- 28 °C \pm 2 °C
A e B	Tratamento	Temperatura refrigerada- 9 °C \pm 1 °C
A e B	Sem tratamento	Temperatura ambiente- 28 °C \pm 2 °C
A e B	Sem tratamento	Temperatura refrigerada- 9 °C \pm 1 °C

Tabela 2.2 - Designação das amostras submetidas a tratamento químico e armazenadas em diferentes temperaturas.

Temperatura ambiente		Temperatura refrigerada	
A S/A	Solução -1 sem tratamento na temperatura ambiente	A S/R	Solução -1 sem tratamento na temperatura refrigerada
B S/A	Solução +1 sem tratamento na temperatura ambiente	B S/R	Solução +1 sem tratamento na temperatura refrigerada
A AA/A	Solução -1 com tratamento de ácido ascórbico na temperatura ambiente	A AA/R	Solução -1 com tratamento de ácido ascórbico na temperatura refrigerada
B AA/A	Solução +1 com tratamento de ácido ascórbico na temperatura ambiente	B AA/R	Solução +1 com tratamento de ácido ascórbico na temperatura refrigerada
A AC/A	Solução -1 com tratamento de ácido cítrico na temperatura ambiente	A AC/R	Solução -1 com tratamento de ácido cítrico na temperatura refrigerada
B AC/A	Solução +1 com tratamento de ácido cítrico na temperatura ambiente	B AC/R	Solução +1 com tratamento de ácido cítrico na temperatura refrigerada
A CaCl ₂ /A	Solução -1 com tratamento de CaCl ₂ na temperatura ambiente	A CaCl ₂ /R	Solução -1 com tratamento de CaCl ₂ na temperatura refrigerada
B CaCl ₂ /A	Solução +1 com tratamento de CaCl ₂ na temperatura ambiente	B CaCl ₂ /R	Solução +1 com tratamento de CaCl ₂ na temperatura refrigerada

2.4 pH

Foi determinado de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolpho Lutz (1985), por meio de leitura direta em potenciômetro digital (MARCONI®).

2.5 Teor de sólidos solúveis totais

Foi determinado de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolpho Lutz (1985), sendo o percentual determinado utilizando-se um refratômetro digital (HANNA®) previamente calibrado com água destilada.

3. Resultados e Discussão

3.1 Temperatura de armazenamento

A cobertura com a formulação *A* não foi satisfatória, não sendo observado o total envolvimento da amostra de forma uniforme, enquanto que na amostra revestida pela formulação *B* foi perceptível a formação de uma película espessa e brilhante em volta da fruta. Após 24 h do processo de secagem, foi possível observar que houve a manutenção da cor nas amostras *A* e *B*, porém esta última continuou a se apresentar mais brilhante que as demais. Já o grupo controle mostrou-se com uma coloração mais escura do que a inicial e ressecamento nas extremidades, como mostra a Figura 2.1.

Foi observado que a amostra *A* apresentou traços marrons, além da coloração um pouco mais escura quando comparada ao grupo controle. Este, além de apresentar alguns traços marrons, também se encontrava com mau odor. A amostra *B* estava contaminada com fungos, sendo descartada do experimento. O pH das amostras *A* e controle apresentaram valor de 3,10, já o teor de sólidos solúveis para a amostra *A* foi de 5,3 %, enquanto que para a amostra controle foi de 6,7 %. Isto indica que mesmo a temperatura ambiente não sendo uma boa opção de armazenamento para a manga 'espada' minimamente processada, a presença do biopolímero contribuiu para a minimização do amadurecimento da fruta.

Após 7 dias de processamento, a fruta mostrou-se completamente apodrecida no grupo controle, e a amostra *A* se encontrava totalmente envolta por fungos, o que confirma mais uma vez que a temperatura ambiente é favorável ao desenvolvimento de fungos em manga. Sothornvit e Rodsamran (2008) analisaram mangas minimamente processadas e observaram que com as amostras apenas envoltas com um papel celofane as mesmas duravam apenas 2 dias a 30 °C, enquanto que sob refrigeração o tempo de prateleira era estendido para 4 dias. Os mesmos autores observaram ainda que a amostra recoberta com filme preparado da própria polpa da fruta mantinha-se adequada por 5 dias a 30 °C e por 6 dias sob refrigeração.

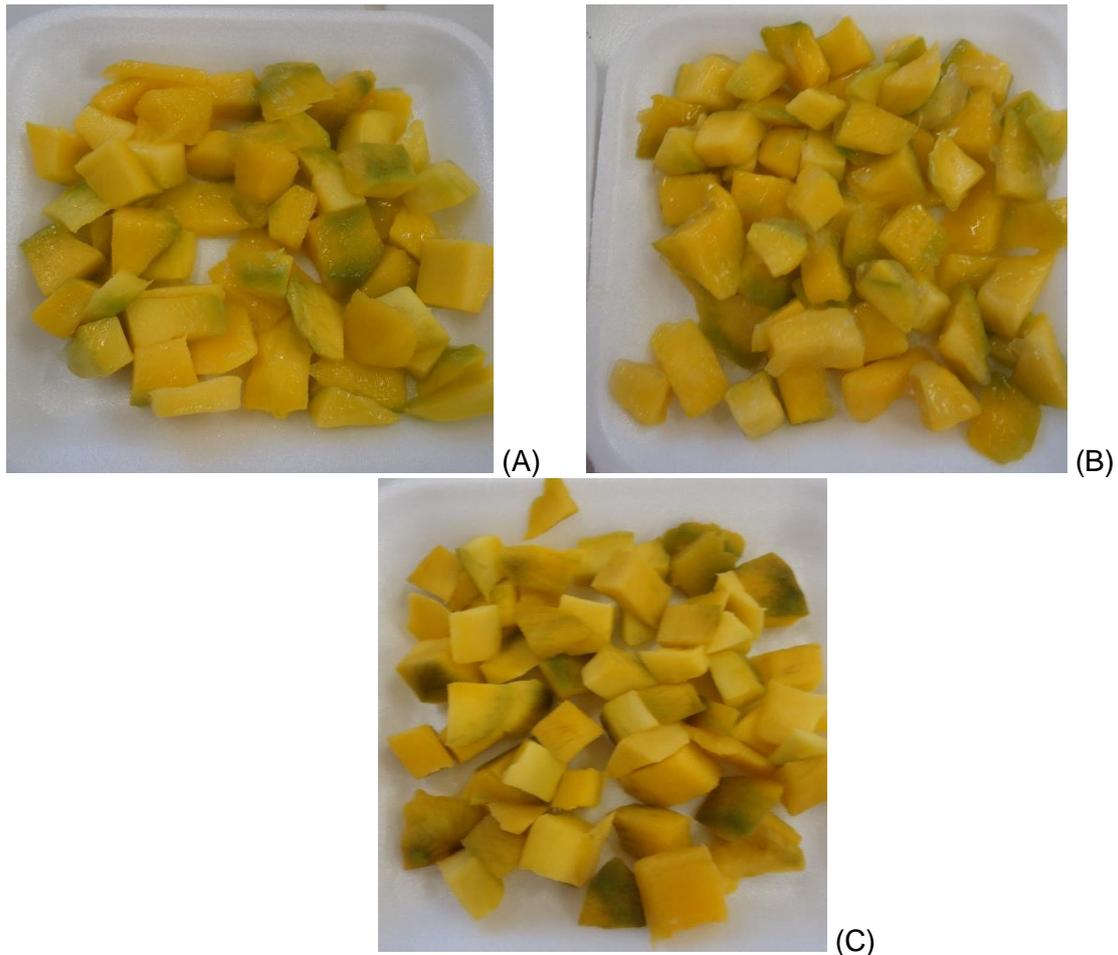


Figura 2.1 – Aspecto visual da amostra de manga ‘espada’ minimamente processada após 24 h de armazenamento a 28 °C. (A) amostra A: concentração de alginato de 0,68 % (m/v), concentração de pectina de 0,68 % (m/v) e concentração de glicerol de 2,83 % (m/v); (B) amostra B: concentração de alginato de 2,42 % (m/v), concentração de pectina de 2,42 % m/v e concentração de glicerol de 8,17 % (m/v); (C) amostra controle.

Pimentel e colaboradores (2011), ao estudarem o uso de coberturas de fécula de batata e de mandioca em mamões Havaí (*Carica papaya* L.) cortados ao meio e armazenados a 25 °C e 8 °C por 6 dias, perceberam que após 3 dias de armazenamento em temperatura ambiente os mamões já se encontravam impróprios para o consumo, levando em consideração uma perda de mais de 10 % do percentual de peso da fruta, com destaque para o grupo controle, que apresentou a maior perda de peso do que as amostras com as películas. Os autores também observaram maiores teores de acidez e de sólidos solúveis totais nas amostras mantidas a 25 °C, enquanto que na condição refrigerada foram observados os melhores resultados com as menores perdas de massa, principalmente para os mamões recobertos.

Júnior, Fonseca e Pereira (2007) avaliaram a utilização de várias concentrações filmogênicas de fécula de mandioca em manga ‘Surpresa’. As frutas inteiras que foram

tratadas com a cobertura duraram 12 dias em temperatura ambiente contra 7 dias do controle, indicando que o revestimento melhora o aspecto da fruta e aumenta sua vida de prateleira.

Tais estudos demonstram a importância do biopolímero como forma de retardar a senescência dos frutos, sejam eles minimamente processados ou não, e que a temperatura ambiente não promove um adequado armazenamento quando comparada à refrigeração, mesmo com a presença do polímero.

3.2 Tratamento químico e variação de temperatura

Diante dos resultados obtidos no experimento anterior, foi necessária a aplicação de um tratamento químico e utilização da variável temperatura de armazenamento para avaliar a melhor condição pós-colheita da fruta nas condições experimentais das formulações *A* e *B*. Os tratamentos químicos testados foram realizados com imersão em soluções a 1 % (m/v) de ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio, assim como relatado nos trabalhos de Robles-Sánchez et al. (2009) e Manoloupoulou e Varzakas (2001).

A imersão da fruta nos pré-tratamentos e em seguida nas soluções poliméricas *A* e *B* não diferiram dos experimentos anteriores, onde a condição *B* apresentou-se espessa e brilhosa, como mostra as Figuras 2.2 e 2.3. Vale destacar que o tratamento com CaCl_2 (*A* CaCl_2/A e *B* CaCl_2/R) diferiu das demais, pois assim que as amostras foram imersas na solução contendo o gel já houve a formação do polímero, antes mesmo de ser realizada a imersão na próxima solução. Segundo Galus e Lenart (2013), a pectina de baixa metoxilação, juntamente com o alginato, reagem de forma sinérgica na presença do íon Ca^{2+} formando o polímero.

Após 24 h de processamento, as bandejas foram envoltas por filme de PCV sendo divididos os dois grupos: armazenamento a temperatura ambiente ($28\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$) e sob refrigeração ($9\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$). Após 48 h de processamento observou-se que o tratamento com cloreto de cálcio foi o que melhor preservou a cor em ambas as temperaturas, porém apresentou a desvantagem de não permitir a formação do polímero em volta da amostra. Os outros melhores resultados foram o tratamento com o ácido cítrico à temperatura ambiente e o tratamento com ácido ascórbico na temperatura refrigerada. Com relação à presença de manchas marrons na fruta, a condição mais evidente na temperatura ambiente foi a amostra tratada com ácido ascórbico, seguida pela amostra sem tratamento, com ácido cítrico e com cloreto de cálcio. Observou-se, ainda, que no grupo da refrigeração este sintoma foi menos evidente.

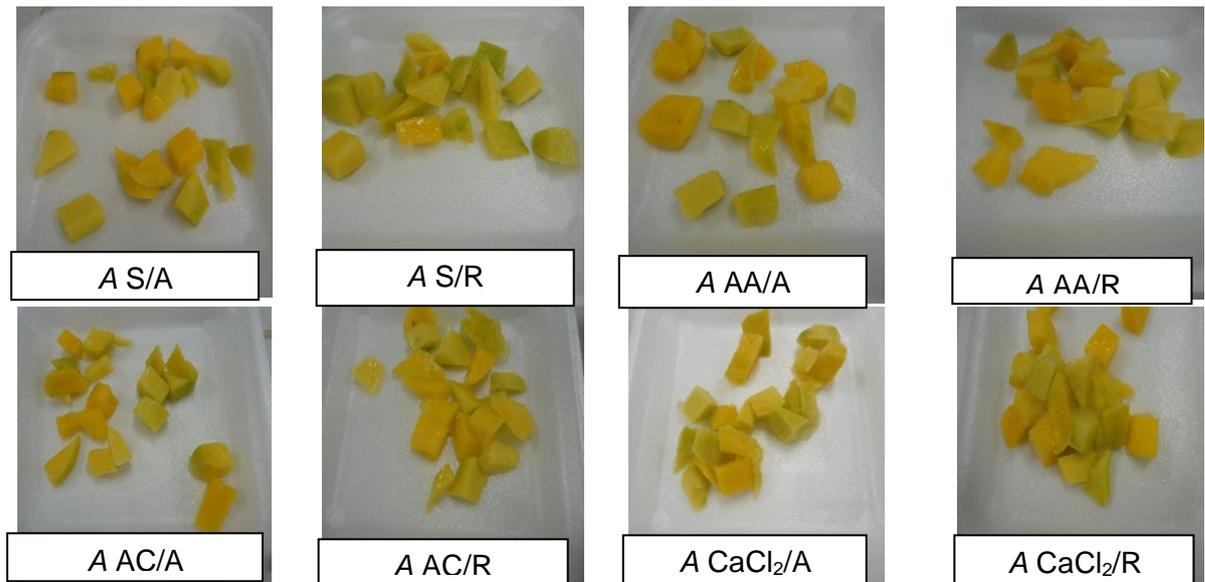


Figura 2.2 – Aspecto visual das amostras de manga ‘espada’ minimamente processada contendo a formulação A (concentração de alginato de 0,68 % (m/v), concentração de pectina de 0,68 % (m/v) e concentração de glicerol de 2,83 % (m/v)) de acordo com o tratamento químico. (A S/A= Solução A sem tratamento na temperatura ambiente; A S/R= Solução A sem tratamento na temperatura refrigerada; A AA/A= Solução A com tratamento de ácido ascórbico na temperatura ambiente; A AA/R= Solução A com tratamento de ácido ascórbico na temperatura refrigerada; A AC/A= Solução A com tratamento de ácido cítrico na temperatura ambiente; A AC/R= Solução A com tratamento de ácido cítrico na temperatura refrigerada; A CaCl₂/A= Solução A com tratamento de CaCl₂ na temperatura ambiente; A CaCl₂/R= Solução A com tratamento de CaCl₂ na temperatura refrigerada).

A coloração não foi muito alterada em ambas as temperaturas de acordo com observações subjetivas. Assim como aconteceu no experimento anterior, na temperatura ambiente em quase todas as amostras foi observado o aparecimento de bolor, exceto na condição B CaCl₂/A, o que não aconteceu na refrigeração. Foram descartadas todas as amostras na temperatura ambiente, menos a B CaCl₂/A para observações posteriores. O tratamento com cloreto de cálcio preservou mais a cor em ambas as condições, seguindo-se pelo tratamento com o ácido ascórbico. Já os experimentos com tratamento de ácido cítrico foram os que diferiram mais na coloração, com a fruta apresentando-se mais amarelada quando comparada aos outros tratamentos. Com relação aos traços marrons, estes foram quase inalterados na condição de refrigeração.

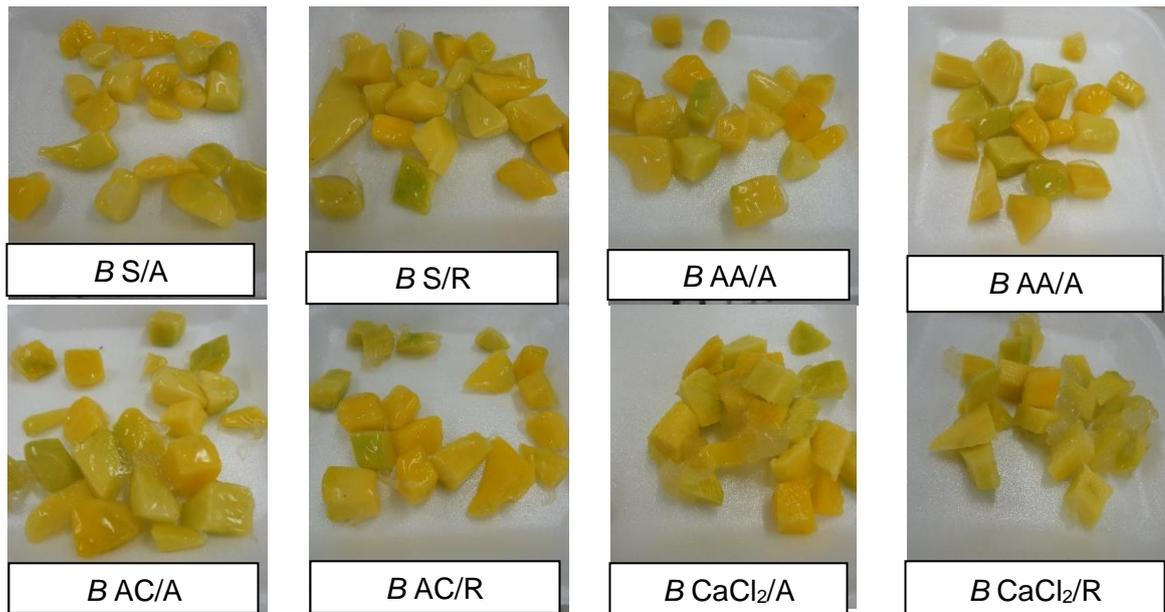


Figura 2.3 – Aspecto visual das amostras de manga ‘espada’ minimamente processada contendo a formulação *B* (concentração de alginato de 2,42 % (m/v), concentração de pectina de 2,42 % (m/v) e concentração de glicerol de 8,17 % (m/v)) de acordo com o tratamento químico. (*B S/A*= Solução *B* sem tratamento na temperatura ambiente; *B S/R*= Solução *B* sem tratamento na temperatura refrigerada; *B AA/A*= Solução *B* com tratamento de ácido ascórbico na temperatura ambiente; *B AA/R*= Solução *B* com tratamento de ácido ascórbico na temperatura refrigerada; *B AC/A*= Solução *B* com tratamento de ácido cítrico na temperatura ambiente; *B AC/R*= Solução *B* com tratamento de ácido cítrico na temperatura refrigerada; *B CaCl₂/A*= Solução *B* com tratamento de CaCl_2 na temperatura ambiente; *B CaCl₂/R*= Solução *B* com tratamento de CaCl_2 na temperatura refrigerada).

Após 6 dias de processamento, observou-se que o aspecto visual praticamente não foi alterado na condição refrigerada de acordo com observações subjetivas, não havendo desenvolvimento de bolor. No entanto, na única condição em temperatura ambiente (*B CaCl₂/A*) foram observadas contaminações fúngicas. Após 10 dias de processamento, as mangas na condição refrigerada ainda não apresentavam indícios de contaminação, não havendo mudanças consideráveis assim como também não houve formação de fungos. Com 15 dias de processamento as mangas processadas na condição refrigerada manifestaram a presença de bolor em todas as amostras nas soluções filmogênicas *A* e *B*. O aparecimento de bolor foi observado na forma de pequenas colônias, ao contrário da condição ambiente, que atingiam quase toda a amostra e surgiam com um crescimento bastante acelerado.

De maneira geral, pode-se observar que a condição refrigerada se sobressai à temperatura ambiente, tanto com relação à vida de prateleira como no aspecto visual, onde

se preservou mais a coloração inicial. Em adição, o armazenamento à temperatura ambiente propiciou o desenvolvimento de contaminantes (bolors) nas amostras, independente da concentração da solução filmogênica ou mesmo do tratamento aplicado.

Segundo Goyeneche e colaboradores (2014), a cor dos alimentos é considerada um parâmetro de qualidade que é avaliado pelos consumidores, sendo uma forma crítica de aceitação ou rejeição do produto. Neste estudo, foram testadas as concentrações de 0,3 %, 0,6 % e 0,9 % de ácido cítrico e tratamentos térmicos para 1, 2 e 3 min a 50 °C em rabanetes minimamente processados, sendo observado que amostras tratadas com ácido cítrico (0,9 %) não mostraram qualquer alteração até o 4º dia de armazenagem. Foi escolhida a opção com tratamento térmico suave de 1 min e a solução de 0,3 % como sendo a melhor para a manutenção da cor das fatias do rabanete por 10 dias sob refrigeração.

Chen et al. (2016) avaliaram o efeito do ácido cítrico 0,5 %, da luz UV e da combinação dos tratamentos em maçãs cortadas. Os resultados mostram que o ácido cítrico promoveu um maior escurecimento quando comparado aos outros tratamentos, e que a sua combinação com a luz UV foi mais eficaz na preservação da cor após 15 dias de armazenagem sob refrigeração. O ácido cítrico, além de também ser um antioxidante natural e ser capaz de inibir a polifenoloxidase, faz parte do ciclo de Krebs.

Tapia et al. (2008) observaram que a adição de ácido ascórbico como agente antioxidante nos revestimentos para preservação de mamão papaia minimamente processado manteve sua qualidade durante o período de armazenagem. Isso se deve à sua afinidade com o oxigênio, podendo ser usado para o controle deste e protegendo o produto das reações oxidativas.

Na pesquisa de Saba e Sogvar (2016) foi observado que a incidência de escurecimento na combinação de carboximetilcelulose com o ácido ascórbico em maçãs cortadas foi menor do que apenas com o polímero, tendo a vitamina C um grande poder antioxidante e indicando assim o efeito sinérgico de controle do escurecimento da superfície de maçãs armazenadas sob refrigeração a 4 °C.

Robles-Sánchez et al. (2009) fizeram a imersão de manga 'Kent' minimamente processada em soluções de ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio, todas na concentração de 1 %, com posterior armazenagem a 5 °C. Foram encontrados maiores valores de vitamina C nas amostras tratadas quando comparadas ao grupo controle, sendo observado que o tratamento com ácido ascórbico não só retardou o escurecimento das amostras como também promoveu um aumento na atividade antioxidante da manga.

Manoloupoulou e Varzakas (2011) avaliaram a aplicação do ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio em repolho minimamente processado mantido sob diferentes condições de refrigeração. Os autores observaram que o ácido ascórbico manteve a

qualidade durante 14 dias a 0 °C e por 7 dias a 5 °C. Já o cloreto de cálcio preservou o repolho por 14 dias nas duas temperaturas e o ácido cítrico preservou por 22 dias a 0 °C, tempo considerado suficiente para a sua comercialização.

Liu e colaboradores (2016) avaliaram a utilização de quitosana combinada com ácido ascórbico e cloreto de cálcio em maçãs cortadas, sendo observado que a combinação com o cloreto de cálcio teve melhor efeito do que a combinação com ácido ascórbico.

Neste trabalho, mesmo tendo sido evidenciado que o tratamento com cloreto de cálcio foi o que melhor promoveu a manutenção da cor na manga ‘espada’ minimamente processada, este impediu o total recobrimento na amostra de manga. Oms-Oliu et al. (2010) explicam que isto ocorre devido à sua interação com os grupamentos carboxil da pectina, formando interligações iônicas entre as cadeias poliméricas e promovendo a reticulação do gel, interferindo dessa forma com o aspecto visual do mesmo.

4. Conclusão

Os resultados obtidos permitem concluir que o armazenamento à temperatura ambiente propiciou o desenvolvimento de contaminantes (bolors) nas amostras, independente da concentração da solução filmogênica ou mesmo tratamento aplicado, e que a condição de armazenamento sob refrigeração se sobressai à temperatura ambiente, tanto com relação a vida de prateleira como no aspecto visual. Em adição, o tratamento químico que se mostrou mais eficaz na manutenção da coloração, quando comparado ao grupo controle, foi o ácido ascórbico associado ao armazenamento refrigerado da manga ‘espada’ minimamente processada, já que foi possível alcançar 14 dias de armazenamento sem a presença de contaminantes nestas condições.

Referências

CHEN, C.; HU, W.; HE, Y.; JIANG, A.; ZHANG, R. Effect of citric acid combined with UV-C on the quality of fresh-cut apples. **Postharvest Biology and Technology**. v. 111, p. 126-131, 2016.

DEA, S.; BRECHT, J. K.; NUNES, M. C. N.; BALDWIN, E. A. Occurrence of chilling injury in fresh-cut ‘Kent’ mangoes. **Postharvest Biology and Technology**. v. 57, 61-71, 2010.

DJIOUA, T.; CHARLES, F.; LOPEZ-LAURI, F., FILGUEIRAS, H.; COUDRET, A.; JÚNIOR, M. F.; DUCAMP-COLLIN, M. N.; SALLANON, H. Improving the storage of minimally processed mangoes (*Mangifera indica* L.) by hot water treatments. **Postharvest Biology and Technology**. v. 52, p. 221–226, 2009.

FALGUERA, V.; QUINTERO, J. P.; JIMÉNEZ, A.; MUÑOZ, J. A.; IBARZ, A. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science & Technology**. v. 22, 292-303, 2011.

- GALUS, S.; LENART, A. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectina. **Journal of Food Engineering**. v. 115, p. 459-465, 2013.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; WANG, C. Y.; BUTA, J. G. Maintaining Quality of Fresh-Cut Mangoes Using Antibrowning Agents and Modified Atmosphere Packaging **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 48, p. 4204-4208, 2008.
- GOYENECHEA, R., AGUËRO, M. V., ROURA, S., SCALA, K. Application of citric acid and mild heat shock to minimally processed sliced radish: Color evaluation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 93, 2014.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1: Métodos Químicos e Físicos para análise de alimentos**, 3. ed., São Paulo: IMESP, p. 288, 1985.
- JÚNIOR, L. S.; FONSECA, N.; PEREIRA, M. E. C. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga 'surpresa'. **Rev. Bras. Frutic.** v. 29, n. 1, p. 067-071, 2007.
- LEEA, J.Y.; PARKA, H.J.; LEE, C.Y.; CHOIA, W.Y., Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agentes. **Lebensmittel – Wissenschaft und- Technologie**, v. 36, 2003.
- LIMBO, S.; PIERGIOVANNI, L. Shelf life of minimally processed potatoes Part 1. Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning. **Postharvest Biology and Technology**. v. 39, p. 254-264, 2006.
- LIU, X.; REN, J.; ZHU, Y.; HAN, W.; XUAN, H.; GE, L. The preservation effect of ascorbic acid and calcium chloride modified chitosan coating on fresh-cut apples at room temperature. **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects**. v. 502, 102-106, 2016.
- MANOLOPOULOU, E.; VARZAKAS, T. Effect of Storage Conditions on the Sensory Quality, Colour and Texture of Fresh-Cut Minimally Processed Cabbage with the Addition of Ascorbic Acid, Citric Acid and Calcium Chloride. **Food and Nutrition Sciences**. v. 2, p. 956-963, 2011.
- OLIVAS, G.I.; MATTINSON, D.S.; BARBOSA-C´ANOVAS, G. V. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 89-96, 2007.
- OMS-OLIU, G.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; GONZALEZ, L. A.; VARELA, P.; SOLIVA-FORTUNY, R.; HERNANDO, M. I. H.; MUNUERA, I. P.; FISZMANC, S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. **Postharvest Biology and Technology**. v. 57, p. 139-148, 2010.
- PIMENTEL, J. D. R.; SOUZA, D. S.; OLIVEIRA, T. V.; OLIVEIRA, M. C.; BASTOS, V. S.; CASTRO, A. A. Estudo da conservação de mamão Havaí utilizando películas comestíveis a diferentes temperaturas. **Scient Plena**, v.7, n. 10, 2011.
- ROBLES-SÁNCHEZ, R. M.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; ODRIOZOLA-SERRANO, I.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; MARTÍN-BELLOSO, O. Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut 'Kent' mango (*Mangifera indica* L.). **Postharvest Biology and Technology**. v. 51, p. 384- 390, 2009.
- ROBLES-SÁNCHEZ, R. M.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; ODRIOZOLA-SERRANO, I.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.; MARIIN-BELLOSO, O. Influence of alginate-based edible coating as carrier of

antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. **LWT - Food Science and Technology**. v. 50, p. 240-246, 2013.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**. v. 20, 438-447, 2009.

ROJAS-GRAÜ, M.A.; TAPIA, M.S.; RODRÍGUEZ, F.J.; CARMONA, A.J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. **Food Hydrocolloids**, v. 21, p. 118-127, 2007.

SABA, M. K.; SOGVAR, O. B. Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. **LWT - Food Science and Technology**. v. 66, p. 165-171, 2016.

SIDDIQ, M; SOGI, D. S.; DOLAN, K. D. Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh-cut 'Tommy Atkins' mangoes as affected by different pre-treatments. **LWT - Food Science and Technology**. v. 53, p. 156-162, 2013.

SON, S. M.; MOON, K. D.; LEE, C. Y. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. **Food Chemistry**. v. 73, p. 23-30, 2001.

SOTHORNVIT, R.; RODSAMRAN, P. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. **Postharvest Biology and Technology**. v. 47, p. 407-415, 2008.

TAPIA, M. S.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; CARMONAC, A.; RODRÍGUEZ, F. J.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. **Food Hydrocolloids**. v.22, p. 1493-1503, 2008.

TOVAR, B.; GARCÍA, H. S.; MATA, M. Physiology of pre-cut mango II. Evolution of organic acids. **Food Research International**. v. 34, p. 705-714, 2001.

CAPÍTULO 3

Desenvolvimento e aplicação de cobertura comestível de alginato e pectina em manga ‘espada’ minimamente processada

F. A. SILVA^a, L. FINKLER^b e C. L. L. FINKLER^b

^a *Discente da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua Alto do Reservatório, s/n, Bela Vista, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil, 55608-680.*

^b *Docentes da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua Alto do Reservatório, s/n, Bela Vista, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil, 55608-680.*

Resumo

Devido a sua praticidade, o consumo de frutas minimamente processadas vem aumentando nos últimos anos, o que tem motivado o desenvolvimento de novas tecnologias para aumentar a sua conservação, a exemplo do emprego de filmes ou coberturas. Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e aplicação de uma cobertura comestível de alginato e pectina em manga espada minimamente processada. Foi realizado um planejamento experimental completo, tendo como variáveis independentes as concentrações de alginato, pectina e glicerol e como variável resposta a concentração de sólidos solúveis totais. Os frutos selecionados foram minimamente processados, tratados com uma solução a 1 % (m/v) de ácido ascórbico, imersos na solução filmogênica e logo após em uma solução de cloreto de cálcio e glicerol, secados por 24 h e armazenados sob refrigeração a 9 ± 1 °C. Em seguida, novas formulações foram realizadas com base nos resultados do planejamento experimental, sendo selecionada a formulação filmogênica de 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol, a qual promoveu um retardamento na maturação da fruta no período de pós-colheita de 16 dias.

Palavras-chave: Biopolímero, Pós-colheita, Processamento Mínimo, Planejamento Experimental.

Abstract

Because of its convenience, consumption of minimally processed fruits has increased in recent years, which has motivated the development of new technologies to enhance their

conservation, such as the use of films or coatings. This work aimed the development and application of alginate- and pectin-based edible coatings in minimally processed mango cv. 'espada'. A full experimental design was performed, using alginate, pectin and glycerol concentrations as independent variables and total soluble solids as response variable. The selected fruits were minimally processed, treated with 1 % (w/v) solution of ascorbic acid, immersed in the filmogenic solution and in a calcium chloride and glycerol solution, dried for 24 hours and stored under refrigeration at 9 ± 2 ° C. Then, new formulations were made based on the results of the experimental design, being selected the condition of 2 % (w/v) alginate, 3 % (w/v) pectin and 5,5 % (w/v) glycerol, which promoted a delay in fruit ripening in the post-harvest period of 16 days.

Keywords: Biopolymer, Post-harvest, Minimum processing, Experimental Design

*Artigo será submetido à revista *Food Hydrocolloids* (ANEXO)

1. Introdução

Com as constantes mudanças do mundo moderno, o homem tende a buscar por uma alimentação que supra suas necessidades de forma mais conveniente. Dessa forma, o mercado tem investido na produção de alimentos de consumo rápido com alta qualidade e que tenham uma longa vida de prateleira. Uma destas alternativas é o consumo de produtos minimamente processados, em especial, frutas e hortaliças (OMS-OLIU, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2008; SOTHORNVIT, RODSAMRAN, 2008; TAPIA et al., 2008; OMS-OLIU et al., 2010; ESPITIA et al., 2013; SIDDIQ, SOGI, DOLAN, 2013; SIPAHI et al., 2013; GOYENECHEA et al., 2014). Por apresentarem características de alta perecibilidade e sofrerem dando mecânicos desde a sua colheita até o processamento mínimo, as frutas e hortaliças apresentam vários problemas com relação à sua preservação, que vão desde a colheita até a chegada à mesa do consumidor (PARK, 1999; CHIEN, SHEU, YANG, 2007; SOTHORNVIT, RODSAMRAN, 2008; ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2013; CISSÉ et al., 2015). De acordo com Leea e colaboradores (2003), o processamento mínimo pode interferir na qualidade do produto final promovendo a “perda de água, amolecimento, a contaminação microbiana, aumento da respiração, aumento da produção de etileno e escurecimento da superfície cortada”, o que pode levar ao surgimento de modificações indesejáveis no produto, tornando-o facilmente perecível.

Tendo em vista tais alterações, e considerando que as grandes perdas na produção de frutas e hortaliças ocorrem devido à forma imprópria de armazenamento ou mesmo à manipulação inadequada, é necessário que se faça uso de novas tecnologias para aumentar

a conservação no pós-colheita destes produtos de forma segura. Diversas técnicas têm sido desenvolvidas pelas indústrias alimentícias, dentre elas a utilização de revestimentos comestíveis (películas, filmes, coberturas, biopolímeros) que minimizem as perdas provocadas pela pós-colheita, agregando valor nutricional ao vegetal que pode ser comercializado por mais tempo com a mesma qualidade, além de apresentar uma aparência mais brilhante e atrativa (ROJAS-GRAÜ et al., 2007; ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009; CHIUMARELLI et al., 2011; SIPAHI et al., 2013; GOYENECHEA et al., 2014, GUERREIRO et al., 2015).

A escolha do material a ser utilizado na formulação dos filmes e revestimentos é fundamental, pois irá determinar as interações entre os componentes do material, interferindo nas propriedades de barreira, mecânicas e sensoriais dos filmes, que poderão levar a alterações nas características do alimento (PARK, 1999; ROJAS-GRAÜ et al., 2007; SILVA, BIERHALZ, KIECKBUSCH, 2009; CHEN et al., 2013). Vários tipos de filmes comestíveis têm sido desenvolvidos, em escala de laboratório, utilizando-se biopolímeros como polissacarídeos, lipídios e proteínas, e dentre eles destacam-se o alginato, a pectina e o amido (GALUS, LENART, 2013). No entanto, vale lembrar que estes biopolímeros não substituem as embalagens tradicionais, apenas tem o potencial de reduzir o desperdício aumentando a vida de prateleira dos produtos, melhorando os aspectos nutricionais e podendo servir também como sistemas de liberação de substâncias ativas como antioxidantes ou agentes antimicrobianos (ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009; SILVA, BIERHALZ, KIECKBUSCH, 2009).

A manga é uma fruta da família Anacardiaceae e que por apresentar característica climática, possui o seu período de pós-colheita limitado devido ao seu rápido amadurecimento e consequente desenvolvimento de agentes microbianos que causam a podridão (BALDWIN et al. 1999; SOTHORNVIT, RODSAMRAN, 2008; MEDEIROS et al., 2012; CISSÉ et al., 2015). O controle de tais pragas vem se tornando cada vez mais difícil devido à resistência cada vez maior aos pesticidas e pelas regulamentações cada vez mais rígidas quanto à adições de produtos químicos, o que torna o biopolímero uma alternativa para este problema (MEDEIROS et al., 2012; CISSÉ et al., 2015). O Brasil é um dos dez maiores produtores dessa fruta, com cerca de 2,15 % da produção mundial, sendo o segundo maior exportador (CEASA CAMPINAS, 2014). A principal região produtora é o nordeste brasileiro, destacando-se o Vale do São Francisco, na fronteira entre Bahia e Pernambuco, que segundo o Anuário Brasileiro de Fruticultura (2016) “representou 84 % das exportações brasileiras de manga em 2015: embarcou 131,5 mil toneladas e faturou US\$ 147 milhões” (ANUÁRIO DE FRUTICULTURA BRASILEIRA, 2016).

Neste trabalho foi utilizada a variedade ‘espada’, devido à popularidade da mesma na região Nordeste e por ser de fácil aceitação pelo consumidor. Dessa forma, este trabalho

teve como objetivo o desenvolvimento e aplicação de uma cobertura comestível de alginato e pectina em manga ‘espada’ minimamente processada.

2. Materiais e métodos

2.1. Material

As mangas (*Mangifera indica* cv. Espada) foram adquiridas na feira-livre do município de Bezerros- PE, no estágio inicial da maturação, apresentando casca na coloração verde, com ausência de danos mecânicos ou podridões. Na formulação do biopolímero foram utilizados: alginato de média viscosidade (GRINDSTED[®]) e pectina (Genu[®] pectina tipo B-rapid LM), cloreto de cálcio (Química Moderna[®]), que foi utilizado no processo de reticulação e glicerol (Nuclear[®]) como agente plastificante. O ácido ascórbico (IMPEX[®]) foi utilizado no pré-tratamento. As embalagens para acondicionamento do produto foram de poliestireno (150 mm x 150 mm) e envoltas com filme de policloreto de vinila (PVC) (Wyda[®]).

2.2. Delineamento experimental para formação dos biopolímeros

Foi realizado um planejamento experimental do tipo composto central rotacional 2³ com três pontos centrais (nível 0) e seis axiais (níveis $\pm \alpha$), totalizando 17 ensaios. A Tabela 3.1 mostra as condições experimentais investigadas. A variável resposta avaliada foi o teor de sólidos solúveis totais (SST).

2.3 Revestimento da fruta

Inicialmente, os polímeros de alginato e de pectina foram dissolvidos em água estéril sob agitação constante a temperatura de 70 °C até a formação visível do gel, de acordo com as concentrações definidas no planejamento experimental.

As mangas foram higienizadas com detergente, enxaguadas com água potável e desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos, sendo em seguida lavadas com água potável e secas a temperatura ambiente. Os frutos foram descascados, sua polpa foi fatiada longitudinalmente em tiras, sendo posteriormente cortadas em pequenos pedaços. Após imersão das amostras da fruta cortada em solução de ácido ascórbico a 1 % (m/v) por 4 min e posterior drenagem, estas foram adicionadas às soluções dos polímeros por 3 min. Em seguida, as amostras foram imersas em solução composta de 0,12 M de CaCl₂ e de glicerol por mais 3 minutos. Posteriormente, as amostras foram drenadas, acondicionadas em bandejas de poliestireno e armazenadas em temperatura ambiente (28 °C) para secagem por 24 h. Após esse período, as bandejas foram envoltas por PVC e armazenadas sob refrigeração a 9 ± 1 °C.

Tabela 3.1 – Planejamento fatorial dos ensaios de recobrimento da manga minimamente processada.

Ensaio	Concentração de alginato (% m/v)	Concentração de pectina (% m/v)	Concentração de glicerol (% m/v)
1	0,68 (-1)	0,68 (-1)	2,83 (-1)
2	2,42 (+1)	0,68 (-1)	2,83 (-1)
3	0,68 (-1)	2,42 (+1)	2,83 (-1)
4	2,42 (+1)	2,42 (+1)	2,83 (-1)
5	0,68 (-1)	0,68 (-1)	8,17 (+1)
6	2,42 (+1)	0,68 (-1)	8,17 (+1)
7	0,68 (-1)	2,42 (+1)	8,17 (+1)
8	2,42 (+)	2,42 (+1)	8,17 (+1)
9	1,55 (0)	1,55 (0)	5,5 (0)
10	1,55 (0)	1,55 (0)	5,5 (0)
11	1,55 (0)	1,55 (0)	5,5 (0)
12	0,1 (- α)	1,55 (0)	5,5 (0)
13	3 (+ α)	1,55 (0)	5,5 (0)
14	1,55 (0)	0,1 (- α)	5,5 (0)
15	1,55 (0)	3 (+ α)	5,5 (0)
16	1,55 (0)	1,55 (0)	1 (- α)
17	1,55 (0)	1,55 (0)	10 (+ α)

2.4 Ensaios de formulações

A partir dos resultados obtidos no planejamento experimental após o 14^o dia de processamento, foram formuladas as seguintes soluções filmogênicas (Tabela 3.2). Foram avaliados o pH, teor de SST e acidez titulável após o primeiro, oitavo e décimo sexto dia de processamento. As leituras foram realizadas em duplicata.

Tabela 3.2- Formulações testadas após os resultados do planejamento experimental

Ensaio	Concentração de alginato (% m/v)	Concentração de pectina (% m/v)	Concentração de glicerol (% m/v)
Controle	0 %	0 %	0 %
2A3P1	2 % (m/v)	3 % (m/v)	5,5 % (m/v)
2A3P2	2 % (m/v)	3 % (m/v)	0 %
3A0,5P1	3 % (m/v)	0,5 % (m/v)	5,5 % (m/v)
3A0,5P2	3 % (m/v)	0,5 % (m/v)	0 %

(Controle= sem tratamento; 2A3P1= 2 % (m/v) de alginato, 1 % (m/v) 3 % (m/v) pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol; 2A3P2=2 % (m/v) de alginato, 1 % (m/v) 3 % (m/v) pectina; 3A0,5P1= 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) e 5,5 % (m/v) de glicerol; 3A0,5P2= 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v)).

2.5 pH

Foi determinado de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolpho Lutz (1985), por meio de leitura direta em potenciômetro digital (MARCONI®).

2.6 Teor de sólidos solúveis totais

Foi determinado de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolpho Lutz (1985), sendo o percentual determinado utilizando-se um refratômetro digital (HANNA®) previamente calibrado com água destilada.

2.7 Acidez titulável

Foi determinada de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolpho Lutz e o percentual de acidez titulável calculado de acordo com a Equação 1:

$$\%A = \frac{V \times F \times M \times 100}{P}, \quad (1)$$

Onde: V é o volume gasto de NaOH, F é o fator de correção da solução de NaOH, M é a molaridade da solução de NaOH e P é o peso da amostra (g).

2.8 Análises estatísticas

Para a análise estatística dos resultados do planejamento experimental, foi utilizado o programa Statistic® 8.0 (StatSoft), sendo considerados estatisticamente significativos os resultados com $p < 0,05$. A análise estatística dos ensaios das formulações com os biofilmes compostos de pectina/alginato e glicerol foi efetuada por meio do programa computacional Excel® utilizando níveis de significância de 0,05 por meio do teste ANOVA.

3. Resultados e discussão

A Figura 3.1 mostra os resultados do planejamento experimental para a variável resposta SST em amostras de manga minimamente processadas e recobertas com películas de alginato e pectina.

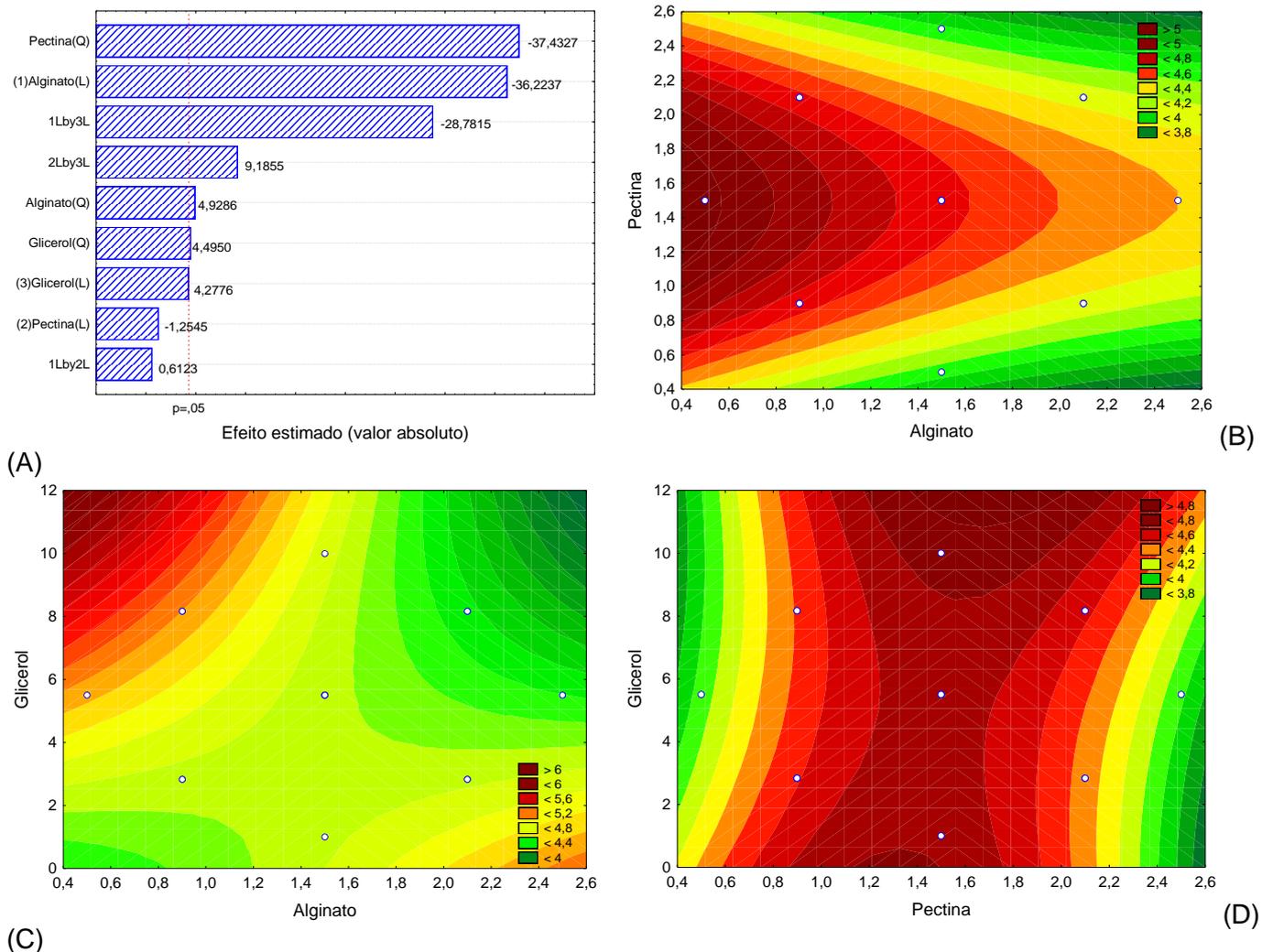


Figura 3.1 – Resultados do planejamento experimental para a variável sólidos solúveis totais em amostras de manga minimamente processadas e recobertas com películas de alginato e pectina.

Pela análise de variância (Figura 3.1A) observa-se que as variáveis concentração de pectina e concentração de alginato foram significativas, atingindo efeitos estimados negativos de -37,4 e -36,2, respectivamente; ou seja, maiores concentrações desses polímeros induzem a uma diminuição do teor de SST. A variável concentração de glicerol é significativa apenas quando exerce efeito de interação com a variável concentração de alginato. Segundo Espitia et al. (2013) a presença do glicerol como agente plastificante em

biopolímeros promove modificações em sua estrutura, pois atuam na diminuição das forças intermoleculares entre as cadeias de polímeros, aumentando assim a flexibilidade e extensibilidade.

A variável SST representa o amadurecimento dos frutos, e o que se deseja com a incorporação do filme é que sejam encontrados menores valores deste índice. Segundo Olivas, Mattinson, e Barbosa-Cánovas, (2007) assim como a acidez tende a aumentar ao longo do processo de amadurecimento, o teor de sólidos solúveis na forma de açúcares também tende a aumentar. Liu et al. (2016) afirmam que o revestimento comestível promove uma redução no metabolismo da fruta, diminuindo assim a degradação acelerada da mesma e como consequência há um valor menor de SST, retardando a senescência da fruta.

As Figuras 3.1B a 3.1D mostram as curvas de contorno das variáveis analisadas de forma pareada, indicando que baixos valores de SST podem ser obtidos usando maiores concentrações dos polímeros, também podem ser obtidos pela combinação de altas concentrações de um componente com baixa concentração de outro. Com base nesses resultados, foram preparadas novas soluções filmogênicas com concentrações de alginato e de pectina de 2 e 3 % (m/v) e de 3 e 0,5 % (m/v), respectivamente, com e sem glicerol (Tabela 3.2). Estas concentrações foram selecionadas visando obter resultados numa região do planejamento que resultaram em baixos valores de SST. Em todos os casos, a concentração de glicerol para as amostras que continham este agente plastificante foi de 5,5 % (m/v), concentração no ponto central do planejamento. Os resultados estão mostrados na Figura 3.2.

Os resultados da variação do pH entre os tratamentos e o grupo controle foram semelhantes (Figura 3.2A). Cissé e colaboradores (2015) relatam que durante o amadurecimento da manga é comum observar uma diminuição do pH e um consequente aumento da acidez, como pode ser observado na Figura 3.2C, sendo este aumento mais evidente no grupo controle. Tal fenômeno pode ser explicado pela formação do ácido galacturônico proveniente da hidrólise da pectina. Os resultados indicam que com a aplicação dos polímeros é possível retardar os efeitos da senescência do fruto. Campaniello e colaboradores (2008) observaram que na utilização da quitosana como cobertura não houve variações significativas com relação ao pH entre morangos recobertos ou não, mas observou-se uma redução no teor de sólidos solúveis em morangos recobertos e armazenados a uma temperatura de 4 °C.

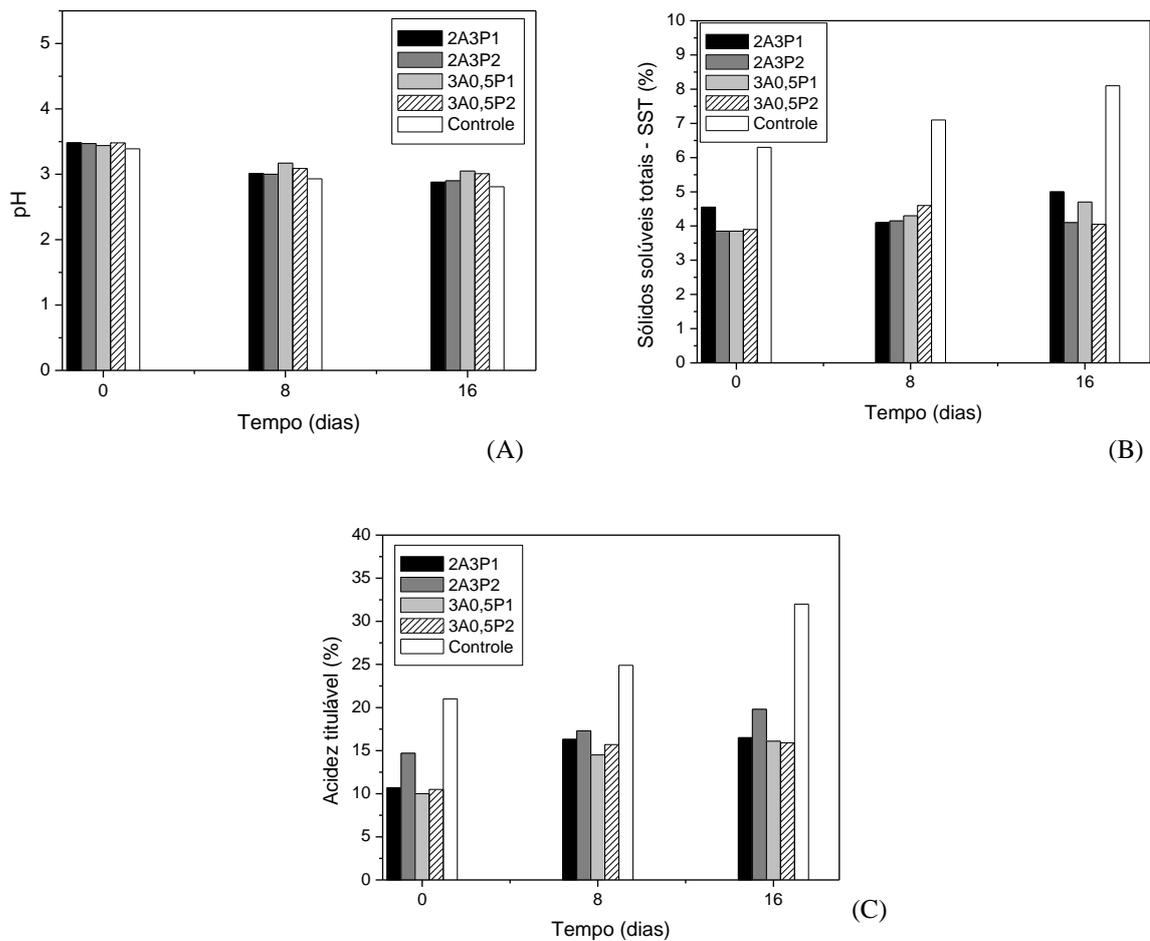


Figura 3.2 – Resultados de pH (A), sólidos solúveis totais (B) e acidez titulável (C) em amostras de manga ‘espada’ minimamente processadas e recobertas com películas de alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica e em função do tempo de armazenamento (2A3P1 - 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina, 5,5 % (m/v) de glicerol; 2A3P2 - 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina; 3A0,5P1 - 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina, 5,5 % (m/v) de glicerol; 3A0,5P2 - 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina).

Cissé et al. (2015), no estudo com mangas revestidas com combinações de quitosana e lactoperoxidase, após 8 dias foi observada uma diminuição na acidez em frutos tratados e não tratados e um aumento do pH nas mangas com revestimento. Quanto ao teor de sólidos solúveis, não houve diferença significativa entre os tratamentos e o grupo controle. Chien, Sheu e Yang (2007) trataram a manga minimamente processada com soluções de quitosana (0,5 %, 1 % e 2 %) e armazenaram a 6 °C. Os resultados mostraram que os teores de sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico diminuíram após 7 dias de acondicionamento, porém a diferença entre os tratamentos não foi estatisticamente significativa.

Sipah e colaboradores (2013) avaliaram a eficácia de um revestimento a base de alginato e outros compostos antimicrobianos em melancias minimamente processadas, sendo estas armazenadas a 4 °C durante 15 dias. O revestimento não alterou de forma significativa o pH e o teor de sólido solúveis totais da melancia durante o armazenamento, tendo sido observado que sua textura foi preservada e houve menor perda de peso quando comparado ao grupo sem revestimento.

Em relação aos resultados de SST (Figura 3.2B), pode-se observar que os frutos que se mantiveram envolvidos com os polímeros apresentaram valores menores de SST quando comparados ao grupo controle. Medeiros et al. (2012) fizeram uso de 5 nanocamandas de pectina e quitosana aplicadas em mangas 'Tomy Atkins' inteiras e armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 45 dias. Os autores observaram que o grupo controle (sem o revestimento) apresentou maior perda de peso, sólidos solúveis mais elevados e maior acidez titulável, além de uma aparência enrugada, com contaminações microbiológicas e escurecimento da polpa.

Em estudos feitos por Liu e colaboradores (2016), foi verificado o efeito da incorporação da quitosana contendo ácido ascórbico ou cloreto de cálcio em maçãs cortadas. Ao final do armazenamento a combinação de quitosana e cloreto de cálcio apresentou-se como mais eficiente, com menor perda de peso e maior conteúdo de ácido ascórbico. Em relação ao teor de sólidos solúveis totais, as fatias recobertas com a quitosana e ácido ascórbico apresentaram menor valor. Saba e Sogavar (2016) utilizaram carboximetilcelulose para revestir maçãs minimamente processadas, sendo observado que o teor de sólidos solúveis aumentou progressivamente, porém o valor nas amostras não revestidas foi bastante superior.

Para a escolha da melhor formulação, foi aplicado o teste de variância e observou-se que havia diferença significativa entre os tratamentos e o grupo controle, o que reforça a importância da utilização do biopolímero na conservação da fruta. No entanto, não houveram diferenças significativas entre os grupos. Dessa forma, foi escolhida a formulação com 2 % (m/v) de alginato e 3 % (m/v) de pectina, com 5,5 % (m/v) de glicerol, por apresentar o melhor aspecto visual dentre as formulações testadas, como mostra a Figura 3.3.



Figura 3.3 – Aspecto visual da manga minimamente processada envolta com solução filmogênica na concentração de 2 % (m/v) de alginato e 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol.

4. Conclusão

Os resultados obtidos mostram que, a partir do delineamento experimental, foi possível o desenvolvimento de combinações de biopolímeros eficazes na conservação pós-colheita da manga 'espada' minimamente processada sob refrigeração, demonstrando que a utilização dos mesmos é uma tecnologia promissora que pode aumentar a vida útil da fruta e retardar sua senescência quando comparado ao grupo controle. Foi selecionada a formulação de 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol, a qual promoveu um retardamento na maturação da fruta constituindo-se numa alternativa para a sua conservação.

Referências

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2016. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, 2016. 98 p.

BALDWIN, E. A.; BURNS, J. K.; KAZOKAS, W.; BRECHT, J. K.; HAGENMAIER, R. D.; BENDER, R. J.; PESIS, E. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. **Postharvest Biology and Technology**. v. 17, p. 215-226, 1999.

CAMPANIELLO, D.; BEVILACQUA, A.; SINIGAGLIA, M.; CORBO, M. R. Chitosan: Antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. **Food Microbiology**. v. 25, p. 992-1000, 2008.

CEASA CAMPINAS. **Manga: A rainha das frutas tropicais.** Disponível em: <http://www.ceasacampinas.com.br/novo/Serv_padro_Manga.asp#noticias>, acesso em: 27 nov. 2014.

CHEN, G.; ZHANG, B.; ZHAO, J.; CHEN, H. Development and characterization of food packaging film from cellulose sulfate. **Food hydrocolloids.** 2013.

CHIEN, P. J.; SHEU, F.; YANG, F. H. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. **Journal of Food Engineering.** v. 78, p. 225-229, 2007.

CHIUMARELLI, M.; FERRARI, C. C., SARANTÓPOULOS C. I. G. L.; HUBINGER, M. D. Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies.** v. 12, p. 381-387, 2011.

CISSÉ, M.; POLIDORI, J.; MONTET, D.; LOISEAU, G.; DUCAMP-COLLIN, M. N. Preservation of mango quality by using functional chitosan- lactoperoxidase systems coatings. **Postharvest Biology and Technology.** v. 101, p. 10-14, 2015.

ESPITIA, P. J. P.; DU, W. X.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; SOARES, N. F. F.; MCHUGH, T. H. Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review. **Food Hydrocolloids.** p. 1-10, 2013.

GALUS, S.; LENART, A. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectina. **Journal of Food Engineering.** v. 115, p. 459-465, 2013.

GOYENECHEA, R., AGUËRO, M. V., ROURA, S., SCALA, K. Application of citric acid and mild heat shock to minimally processed sliced radish: Color evaluation. **Postharvest Biology and Technology,** v. 93, 2014.

GUERREIRO, A. C.; GAGO, C. M. L.; FALEIRO, M. L.; MIGUEL, M. G. C.; ANTUNES, M. D. C. Raspberry fresh fruit quality as affected by pectin- and alginate-based edible coatings enriched with essential oils. **Scientia Horticulturae.** v. 194, p. 138-146, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1: Métodos Químicos e Físicos para análise de alimentos,** 3. ed., São Paulo: IMESP, p. 288, 1985.

LEEA, J.Y.; PARKA, H.J.; LEE, C.Y.; CHOIA, W.Y., Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. **Lebensmittel – Wissenschaft und- Technologie,** v. 36, 2003

LIU, X.; REN, J.; ZHU, Y.; HAN, W.; XUAN, H.; GE, L. The preservation effect of ascorbic acid and calcium chloride modified chitosan coating on fresh-cut apples at room temperature. **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects.** v. 502, 102-106, 2016.

MEDEIROS, B. G. S.; PINHEIRO, A. C.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G.; VICENTE, A. A. Development and characterization of a nanomultilayer coating of pectina and chitosan – Evaluation of its gas barrier properties and application on 'Tommy Atkins' mangoes. **Journal of Food Engineering.** v. 110, p. 457-464, 2012.

OLIVAS, G.I.; MATTINSON, D.S.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. **Postharvest Biology and Technology,** v. 45, p. 89-96, 2007.

OMS-OLIU, G.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; GONZALEZ, L. A.; VARELA, P.; SOLIVA-FORTUNY, R.; HERNANDO, M. I. H.; MUNUERA, I. P.; FISZMANC, S.; MARTIN-BELLOSO, O. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. **Postharvest Biology and Technology**. v. 57, p. 139-148, 2010.

OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. **Postharvest Biology and Technology**. v. 50, p. 87-94, 2008.

PARK, H. J. Development of advanced edible coatings for fruits. **Trends in Food Science & Technology**. v. 10, 254-260, 1999.

ROBLES-SÁNCHEZ, R. M.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; ODRIÓZOLA-SERRANO, I.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.; MARTÍN-BELLOSO, O. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. **LWT - Food Science and Technology**. v. 50, p. 240-246, 2013.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**. v. 20, 438-447, 2009.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; TAPIA, M. S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. **LWT**. v. 41, 139-147, 2008.

ROJAS-GRAÜ, M.A.; TAPIA, M.S.; RODRÍGUEZ, F.J.; CARMONA, A.J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. **Food Hydrocolloids**, v. 21, p.118-127, 2007.

SABA, M. K.; SOGVAR, O. B. Combination of carboxymethyl cellulose- based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. **LWT – Food Science and Technology**. v.66, 2016.

SIDDIQ, M; SOGI, D. S.; DOLAN, K. D. Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh-cut 'Tommy Atkins' mangoes as affected by different pre-treatments. **LWT - Food Science and Technology**. v. 53, p. 156-162, 2013.

SILVA, M. A.; BIERHALZ, A. C. K.; KIECKBUSCH, T. G. Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca²⁺ ions: Effect of the plasticizer concentration. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, p. 736-752, 2009.

SIPAHI, R. E.; CASTELL-PEREZ, M. E.; MOREIRA, R. G.; GOMES, C.; CASTILLO. A. Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*). **LWT - Food Science and Technology**. v. 51, 9-15, 2013.

SOTHORNVIT, R.; RODSAMRAN, P. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. **Postharvest Biology and Technology**. v. 47, p. 407-415, 2008.

TAPIA, M. S.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; CARMONAC, A.; RODRÍGUEZ, F. J.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. **Food Hydrocolloids**. v.22, p. 1493-1503, 2008.

CAPÍTULO 4

Avaliação do efeito da incorporação de biopolímeros combinados de alginato e pectina em manga ‘espada’ minimamente processada

F. A. SILVA^a, L. FINKLER^b e C. L. L. FINKLER^b

^a *Discente da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua Alto do Reservatório, s/n, Bela Vista, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil, 55608-680.*

^b *Docentes da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua Alto do Reservatório, s/n, Bela Vista, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil, 55608-680.*

Resumo

A utilização de revestimentos comestíveis em alimentos tem ganhado grande importância devido à sua capacidade de reduzir os efeitos deletérios causados pelo processamento mínimo de alimentos em frutas frescas. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da incorporação de biopolímeros combinados de alginato e pectina em manga ‘espada’ minimamente processada e de seus componentes de forma individualizada a fim de conhecer a sua influência na conservação do fruto. Foram utilizadas as formulações de: 1 % (m/v) de alginato e 1,5 % (m/v) de pectina, 2 % (m/v) de alginato e 3 % (m/v) de pectina e 3 % (m/v) de alginato e 0,5 % (m/v) de pectina, todos com 5,5 % (m/v) de glicerol como agente plastificante. Foram ainda testados os componentes individuais contendo 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina, 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina, 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina, 0,12 M de cloreto de cálcio e 1 % (m/v) de ácido ascórbico. Após processadas, as mangas ‘espada’ foram pré-tratadas com uma solução a 1 % (m/v) de ácido ascórbico, sendo em seguida submersas em solução filmogênica e na solução contendo os agentes reticulante e plastificante. Frutas revestidas com biopolímeros apresentaram menores valores de sólidos solúveis totais e acidez titulável quando comparados ao grupo controle, porém não houve diferenças significativas entre os tratamentos. A condição 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol não apresentou um bom aspecto visual. O alginato demonstrou contribuir de forma efetiva na composição dos biopolímeros com relação à conservação e manutenção da qualidade do produto.

Palavras-chaves: Conservação, Frutas, Revestimentos Comestíveis.

Abstract

The use of edible coating in foods has gained great importance due to their ability to reduce the deleterious effects caused by minimal processing foods in fresh fruit. This study aims to evaluate the effect of incorporation of alginate-pectin biopolymers in minimally processed mango cv. 'espada' and its components individually in order to know the influence of each component in the fruit preservation. The formulations studied were 1 % (w/v) alginate/1,5 % (w/v) pectin, 2 % (w/v) alginate/3 % (w/v) pectin and 3 % (w/v) alginate/0.5 % (w/v) pectin, using in all formulations 5,5 % (w/v) glycerol as plasticizer. The individual components were also tested: 1 % (w/v) alginate, 1.5 % (w/v) pectin, 2 % (w/v) alginate, 3 % (w/v) pectin, 3 % (w/v) alginate, 0,5 % (w/v) pectin, 0,12 M calcium chloride and 1 % (w/v) ascorbic acid. After processed, the mangos cv. 'espada' were pretreated with a solution of 1 % (w/v) ascorbic acid and then were submerged in the filmogenic solution and in the solution containing the plasticizer and reticulant agents. Fruits coated with biopolymers had lower total soluble solids content and titratable acidity as compared to the control group, but there were no significant differences between treatments. Formulation containing 3 % (w/v) alginate, 0.5 % (w/v) pectin and 5.5 % (w/v) glycerol did not show a good visual appearance. Alginate contributed effectively in the biopolymers composition with respect to conservation and maintenance of product quality.

Keywords: Conservation, Fruits, Edible Coatings.

*Este artigo será submetido a revista *Food Hydrocolloids* (ANEXO)

1.Introdução

O desenvolvimento de revestimentos comestíveis que utilizam materiais poliméricos biodegradáveis, de origem natural, vem ganhando o cenário das pesquisas atuais. Isto ocorre devido à busca dos consumidores por produtos que tenham uma extensa vida de prateleira, mas que não agridam nem a sua saúde pelo uso excessivo de conservantes, e nem o meio ambiente, em decorrência do aumento do descarte de embalagens sintéticas na natureza (FAMA, GOYANES, GERSCHENSON, 2007; SILVA, BIERHALZ, KIECKBUSH, 2009; CHEN et al., 2013).

Segundo Silva, Bierhalz e Kieckbush (2009), "filmes comestíveis não são destinados a substituir totalmente as embalagens sintéticas tradicionais, eles têm apenas o potencial de

reduzir sua utilização”. O uso de revestimentos comestíveis, além do seu uso em alimentos, também pode servir como sistemas controlados de liberação de substâncias ativas, aromas, compostos antioxidantes, probióticos, corantes, agentes antimicrobianos, compostos nutracêuticos, entre outros (ROJAS-GRAÜ et al., 2007; SILVA, BIERHALZ, KIECKBUSH, 2009; ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2013).

Em uma abordagem mais recente, a produção e o desenvolvimento de revestimentos comestíveis faz uso da combinação de diferentes polissacarídeos, proteínas e lipídios a fim de se obter uma cobertura eficiente, explorando cada característica que estas macromoléculas têm a oferecer (SILVA, BIERHALZ, KIECKBUSH, 2009; CHEN et al., 2013). Também são incluídos agentes plastificantes como o glicerol ou sorbitol para melhorar a flexibilidade e firmeza do revestimento (SILVA, BIERHALZ, KIECKBUSH, 2009; FAMA, GOYANES, GERSCHENSON, 2007).

Tradicionalmente, revestimentos comestíveis têm sido usados na indústria de frutas e hortaliças minimamente processadas, reduzindo os efeitos deletérios causados pelo corte dos tecidos vegetais (ROJAS-GRAÜ et al., 2007; ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2013). Estes revestimentos podem controlar a atmosfera interna da fruta, minimizando sua taxa respiratória e a perda acelerada da qualidade do fruto (DUAN et al., 2011). Servem também como uma barreira ao vapor de água, reduzem a perda de umidade e retardam a desidratação do fruto, reduzem perdas de aroma e de compostos voláteis (ROJAS-GRAÜ et al., 2007; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2013; CHEN et al., 2013; HENRIETTE et al., 2016), além de minimizarem outras desordens fisiológicas (ROJAS-GRAÜ et al., 2007; ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2013; ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009).

A pectina e o alginato são bons exemplos de biopolímeros naturais, e a utilização dos dois polímeros em um mesmo revestimento tem efeito sinérgico, além de ser econômico para o fabricante (WALKENSTRÖM et al., 2003). O alginato é um polissacarídeo extraído de algas marrons, possui em sua matriz estrutural o ácido gulurônico e manurômicos e sua principal característica é a formação de géis estáveis na presença de cátions divalentes, principalmente o cálcio. Já a pectina é o principal componente das paredes celulares dos vegetais, sendo formada por resíduos de ácido D-galacturônico unidos por ligações do tipo α (1,4), cujos grupos carboxílicos podem estar parcialmente esterificados por metoxilas (GALUS, LENART, 2013; SILVA, BIERHALZ, KIECKBUSH, 2009). As pectinas podem ser classificadas como de alto teor de metoxilação (ATM), quando possuem 50 % ou mais de seus grupos carboxílicos esterificados, e pectinas de baixo teor de metoxilação (BTM), quando 50 % ou menos de seus grupos são esterificados (SILVA, BIERHALZ, KIECKBUSH, 2009).

Por ser uma fruta com características climatéricas, a manga tem um rápido amadurecimento, necessitando assim de tecnologias que prolonguem sua vida de prateleira (MEDEIROS et al., 2012; BALDWIN et al., 1999). O processamento mínimo da manga pode causar efeitos indesejados de escurecimento enzimático, perda da textura, aumento da sua senescência e susceptibilidade a contaminações microbiológicas durante o acondicionamento (CHIUMARELLI et al., 2011). A utilização de métodos combinados (SALINAS-ROCA et al., 2016), tais como o pré-tratamento com ácidos orgânicos, refrigeração e revestimentos comestíveis parece ser uma boa opção a ser utilizada para minimizar os efeitos do processamento mínimo, aumentando a vida de prateleira, além de ser introduzida no mercado uma metodologia inovadora na conservação pós-colheita de manga 'espada' minimamente processada.

2. Material e Métodos

2.1. Material

As mangas (*Mangifera indica* cv. Espada) foram adquiridas na feira-livre do município de Bezerros- PE, no estágio inicial da maturação, apresentando casca na coloração verde, com ausência de danos mecânicos ou podridões. Na formulação do biopolímero foram utilizados: alginato de média viscosidade (GRINDSTED[®]) e pectina (Genu[®] pectina tipo B-rapid LM), cloreto de cálcio (Química Moderna[®]) como agente reticulante e glicerol (Nuclear[®]) como agente plastificante. O ácido ascórbico (IMPEX[®]) foi utilizado no pré-tratamento. As embalagens para acondicionamento do produto foram de poliestireno (150 mm x 150 mm) e envoltas com policloreto de vinila (PVC) (Wyda[®]).

2.2. Revestimento da fruta

Foram testadas três condições de soluções filmogênicas, como mostra a Tabela 4.1. Também foi analisada a influência dos componentes do biopolímero de forma individual na conservação da fruta, de modo que foram preparadas as formulações descritas na Tabela 4.2. Formulações individuais contendo 0,12 M de cloreto de cálcio e 1 % (m/v) de ácido ascórbico também foram avaliadas.

Inicialmente, os polímeros de alginato e de pectina foram dissolvidos em água estéril sob agitação constante a temperatura de 70 °C até a formação visível do gel, de acordo com as concentrações definidas.

As mangas, divididas em dois lotes, foram higienizadas com detergente, enxaguadas com água potável e desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos, sendo em seguida lavadas com água potável e secas a temperatura ambiente.

Tabela 4.1- Formulações filmogênicas combinadas de alginato/pectina contendo glicerol como agente plastificante

Ensaio	Concentração de alginato (% m/v)	Concentração de pectina (% m/v)	Concentração de glicerol (% m/v)
Controle	0 %	0 %	0 %
1A1,5P	1 % (m/v)	1,5 % (m/v)	5,5 % (m/v)
2A3P	2 % (m/v)	3 % (m/v)	5,5 % (m/v)
3A0,5P	3 % (m/v)	0,5 % (m/v)	5,5 % (m/v)

Controle= sem revestimento; 1A1,5P= 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol; 2A3P = 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol; 3A0,5P= 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol.

Os frutos dos dois lotes foram descascados, sua polpa foi fatiada longitudinalmente em tiras, sendo posteriormente cortadas em pequenos pedaços. Para a avaliação das formulações combinadas de alginato e pectina, as amostras da fruta cortada do primeiro lote foram imersas em solução de ácido ascórbico a 1 % (m/v) por 4 min e posterior drenagem, sendo posteriormente adicionadas às soluções dos polímeros por 3 min. Em seguida, as amostras foram imersas em solução composta de 0,12 M de CaCl_2 e de 5,5 % (m/v) glicerol por mais 3 minutos. Posteriormente, as amostras foram drenadas, acondicionadas em bandejas de poliestireno e secas em estufa a vácuo a $28 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 h. Após esse período, as bandejas foram envoltas por PVC e armazenadas sob refrigeração a $9 \pm 1^\circ\text{C}$. As análises foram realizadas no 1º, 3º, 6º, 9º, 13º, 20º, 25º e 29º dia após o processamento.

Para a avaliação dos componentes de forma individual, as amostras da fruta cortadas do segundo lote foram imersas nas soluções preparadas e em seguida foram drenadas e acondicionadas da mesma forma que as do experimento anterior. Estas formulações foram avaliadas após o 1º, 2º, 4º e 6º dia após o processamento.

Tabela 4.2- Formulações dos componentes do biopolímero de forma individual.

Ensaio	Concentração de alginato (% m/v)	Concentração de pectina (% m/v)
C A	0 %	0 %
A 1 %	1 % (m/v)	0 %
A 2 %	2 % (m/v)	0 %
A 3 %	3 % (m/v)	0 %
C P	0 %	0 %
P 0,5 %	0 %	0,5 % (m/v)
P 1,5 %	0 %	1,5 % (m/v)
P 3 %	0 %	3,0 % (m/v)

C A= Controle Alginato, sem revestimento; A 1%= 1 % (m/v) de alginato; A 2% = 2 % (m/v) de alginato; A 3% = 3 % (m/v) de alginato; CP= Controle Pectina, sem revestimento; P 0,5 % = 0,5 % (m/v) de pectina; P 1,5 % = 1,5 % (m/v) de pectina; P 3 %= 3 % (m/v) de pectina.

2.3 Teor de sólidos solúveis totais

Foi avaliado segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolpho Lutz (1985), sendo o percentual determinado utilizando-se um refratômetro digital (HANNA®) previamente calibrado com água destilada.

2.4 Acidez titulável

Foi avaliada segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolpho Lutz (1985). O percentual de acidez titulável foi determinado de acordo com a Equação 1:

$$\%A = \frac{V \times F \times M \times 100}{P} \quad (1)$$

Onde: V é o volume gasto de NaOH, F é o fator de correção da solução de NaOH, M é a molaridade da solução de NaOH e P é o peso da amostra (g).

2.5 Análises estatísticas

A análise estatística dos ensaios das formulações com os biofilmes compostos de pectina/alginato e glicerol foi efetuada por meio do programa computacional Excel® utilizando níveis de significância de 0,05 por meio do teste ANOVA.

3. Resultados e Discussão

3.1 Resultados de SST e acidez titulável nas formulações combinadas de alginato e pectina

O teor de SST aumenta durante o amadurecimento dos frutos, devido à degradação de seus componentes orgânicos ou quando há uma perda de água, concentrando os solutos da fruta nos tecidos vegetais (MEDEIROS et al., 2012). O teor de sólidos solúveis durante o período de armazenamento sob refrigeração (9 ± 1 °C) aumentou significativamente na amostra controle, enquanto que o teor de SST nas mangas recobertas manteve-se relativamente baixo. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, apenas entre os tratamentos e o grupo controle, como mostra a Figura 4.1.

Este resultado é similar ao obtido por Liu et al. (2016), confirmando a eficácia do revestimento como forma de retardar o metabolismo da fruta. Resultados semelhantes também foram encontrados por Medeiros e colaboradores (2012), onde ao longo de um armazenamento de 45 dias de mangas inteiras revestidas por nano camadas, foram observados menores resultados de sólidos solúveis para as mangas que haviam sido tratadas como polímero. Sothornvit e Rodsamran (2008) observaram um aumento dos sólidos solúveis após 4 dias de armazenamento de manga em temperatura ambiente; já quando estas estavam cobertas com o filme foi observado um valor menor para este índice. Salinas-Roca et al. (2016) também observaram valores menores de SST em mangas minimamente processadas tratadas com revestimentos e luz pulsante.

A acidez titulável é outro parâmetro que avalia a maturação dos frutos, devido à presença de ácidos orgânicos ao longo do amadurecimento (SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011). Foi observado um aumento no teor de acidez titulável (Figura 4.2), principalmente no grupo que não foi revestido por biopolímeros.

Este índice variou de 8,9 % no primeiro dia de processamento para 14,2 % após 29 dias. As mangas que foram recobertas com as soluções poliméricas apresentaram menores valores de acidez titulável (Figura 4.2), não sendo significativa a diferença entre os tratamentos, mas sim entre os mesmos e o grupo controle. Este resultado também corrobora com o encontrado por Medeiros et al. (2012), que relataram que em mangas não recobertas foram encontrados maiores valores de acidez titulável quando comparadas às frutas com este tratamento.

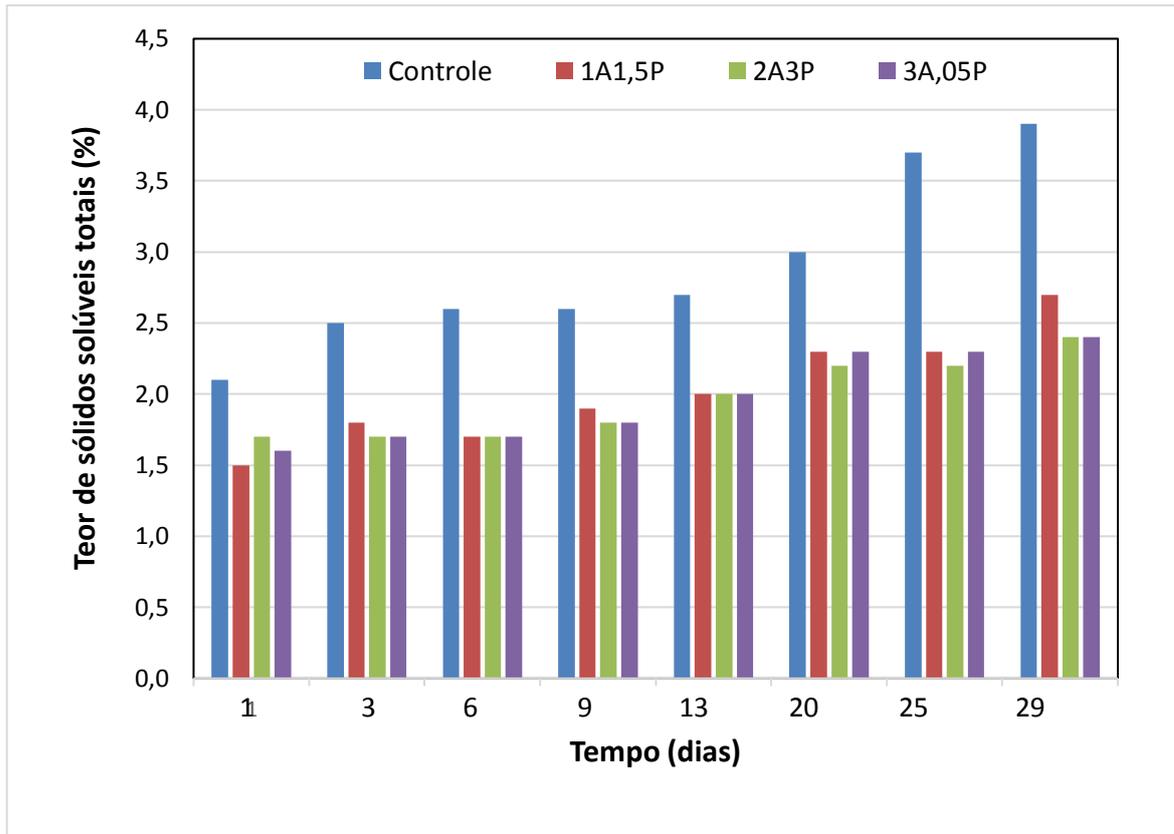


Figura 4.1-Resultados de SST em amostras de manga minimamente processadas e recobertas com biopolímeros de alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica e em função do tempo de armazenamento (Controle= sem tratamento; 1A1,5P= 1% (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5% (m/v) de glicerol; 2A3P= 2% (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5% (m/v) de glicerol); 3A0,5P= 3% (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina e 5,5% (m/v) de glicerol).

Com relação ao aspecto visual, para concentrações menores de pectina não houve uma boa formação do biopolímero, como mostra a Figura 4.3. Andrade e colaboradores (2008) explicam que valores de pectina inferiores a 2 % não formam bons géis. Dessa forma, no estudo individual dos componentes as formulações contendo 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % de pectina foram desconsideradas.

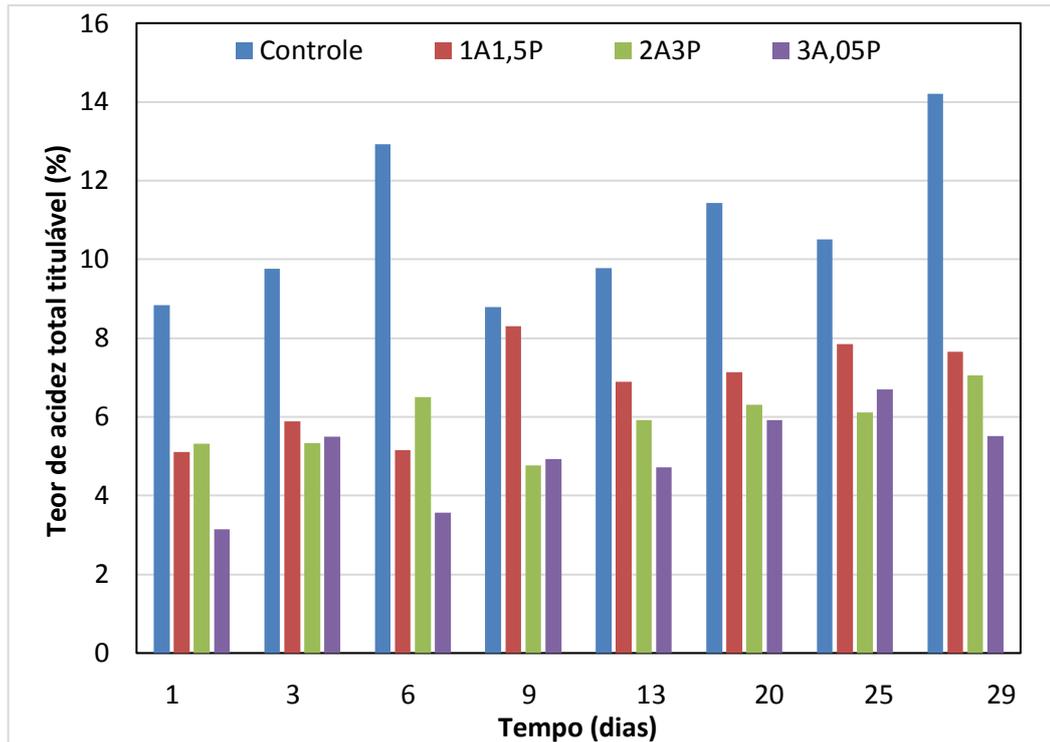


Figura 4.2-Resultados de percentual de acidez titulável em amostras de manga minimamente processadas e recobertas com biopolímeros de alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica e em função do tempo de armazenamento (Controle= sem tratamento; 1A1,5P= 1% (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5% (m/v) de glicerol; 2A3P= 2% (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5% (m/v) de glicerol); 3A0,5P= 3% (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina e 5,5% (m/v) de glicerol).

3.2 Resultados de SST e acidez titulável nas formulações isoladas de alginato e pectina

Ao ser analisada a influência de cada constituinte do biopolímero, pode-se observar, como mostrado na Figura 4.4A, que o principal responsável pela conservação da manga 'espada' minimamente processada é o alginato. Este biopolímero, independente da concentração, resultou nos valores mais baixos de SST ao longo dos dias de armazenamento quando comparado tanto em relação ao seu grupo controle como com relação aos outros componentes dos filmes estudados.

O alginato é capaz de formar géis fortes ou até mesmo insolúveis mediante reação com o cloreto de cálcio (OMS-OLIU, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2008). Valero et al. (2013), em seu estudo com ameixas, verificou que o emprego de alginato pode ser realizado em tratamentos pós-colheita em cultivares de ameixa objetivando retardo do processo de amadurecimento, uma vez que nas concentrações de 1 e 3 % foi observado um retardo no aparecimento do pico do etileno, que é responsável pelo aumento da respiração do fruto.



Figura 4.3 – Aspecto visual das amostras de manga minimamente processadas e recobertas com película de alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica (1A1,5P - 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina; 2A3P - 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina, 5,5 % (m/v) de glicerol; 3A0,5P - 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina, 5,5 % (m/v) de glicerol; Controle).

Os resultados do percentual de acidez titulável nas formulações dos componentes isolados na manga 'espada' minimamente processada (Figura 4.4B) foram crescentes ao longo do tempo, porém como observado na análise para teor de SST, o revestimento de alginato retardou a decomposição dos ácidos orgânicos quando comparado ao seu grupo controle e aos demais componentes. Valero et al. (2013) também mostram que resultados com alginato nas concentrações de 1 e 3 % apresentaram menores valores de acidez titulável durante o armazenamento de cultivares de ameixa.

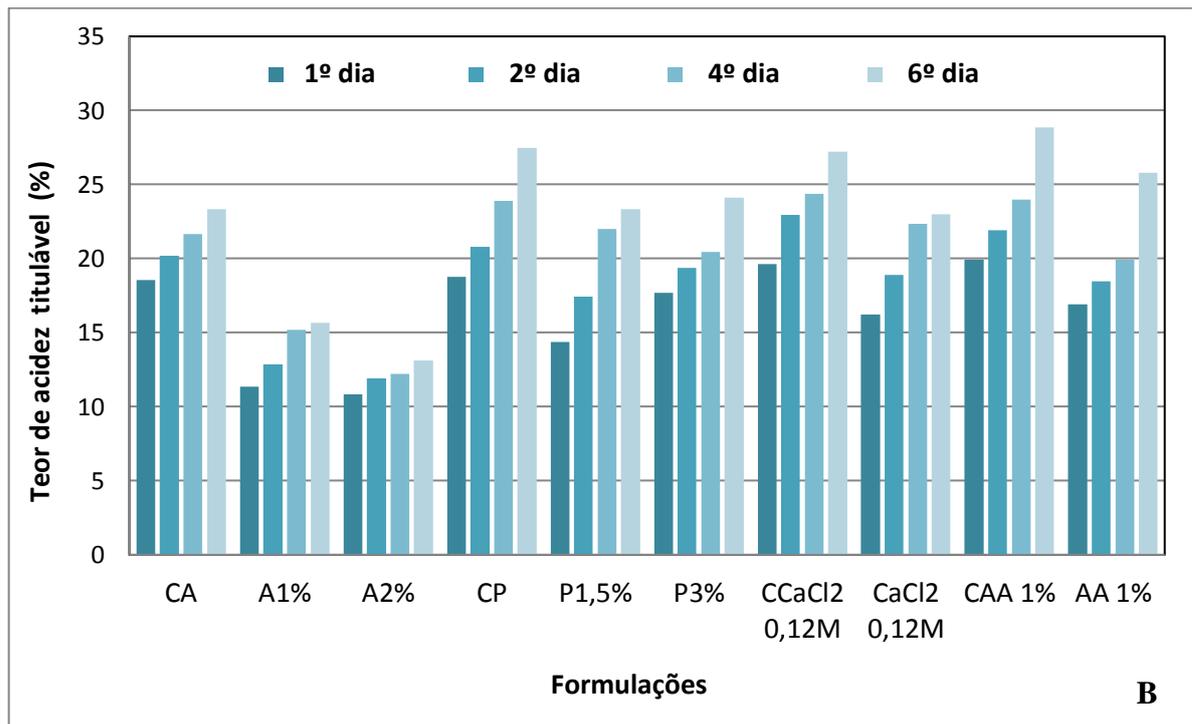
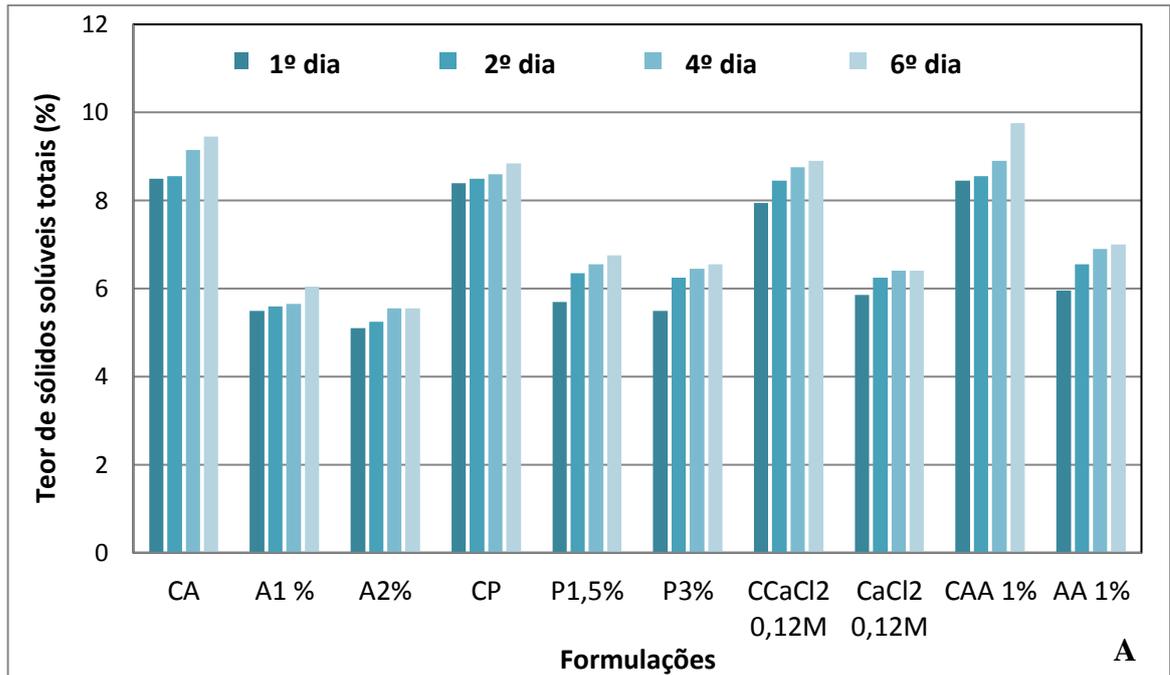


Figura 4.4 Resultados do teor de sólidos solúveis totais (A) e acidez titulável (B) para os componentes individuais dos biofilmes formulados (CA= Controle Alginato, sem revestimento; A1%= 1 % (m/v) de alginato; A2% = 2 % (m/v) de alginato; CP= Controle Pectina, sem revestimento; P1,5 % = 1,5 % (m/v) de pectina; P3 %= 3 % (m/v) de pectina, CCaCl₂= Controle CaCl₂, sem revestimento; CaCl₂= 0,12M de CaCl₂; CAA1%= Controle Ácido Ascórbico; AA1%= 1 % (m/v) de Ácido Ascórbico).

4. Conclusões

Devido à perecibilidade de frutas minimamente processadas, em especial aquelas que tem características climatéricas, como a manga 'espada', os revestimentos elaborados a partir de compostos naturais demonstraram ter um papel importante como alternativa para a redução de perdas de qualidade, principalmente com relação ao teor de SST e acidez titulável, que juntos refletem a qualidade sensorial do fruto. Diante dos resultados é possível observar que não há diferença significativa entre as condições poliméricas estudadas em relação aos parâmetros avaliados, porém a condição de 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol não apresentou um bom aspecto visual, já que este índice afeta a aceitação do produto pelo consumidor. O alginato apresentou os menores valores para SST e acidez titulável, o que indica que este hidrocolóide exerce grande influência na composição dos biopolímeros estudados com relação à prevenção dos efeitos negativos promovidos pelo processamento mínimo.

Referências

- ANDRADE, S. A. C.; GUERRA, T. M. B.; RIBEIRO, M. A.; GUERRA, N. B. Emprego de revestimentos comestíveis de alginato e pectina de baixa metoxilação em alimentos: uma revisão. **B. CEPPA**, v. 26, p. 41-50, 2008.
- BALDWIN, E. A.; BURNS, J. K.; KAZOKAS, W.; BRECHT, J. K.; HAGENMAIER, R. D.; BENDER, R. J.; PESIS, E. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. **Postharvest Biology and Technology**. v. 17, p. 215-226, 1999.
- CHEN, G.; ZHANG, B.; ZHAO, J.; CHEN, H. Development and characterization of food packaging film from cellulose sulfate. **Food hydrocolloids**. 2013.
- CHIUMARELLI, M.; FERRARI, C. C., SARANTÓPOULOS C. I. G. L.; HUBINGER, M. D. Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v. 12, p. 381- 387, 2011.
- DUAN, J.; WU, R.; STRIK, B. C.; ZHAO, Y. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**. v. 59, 71-79, 2011.
- FAMA, L.; GOYANES, S.; GERSCHENSON, L. Influence of storage time at room temperature on the physicochemical properties of cassava starch films. **Carbohydrate Polymers**. v. 70, 265-273, 2007.
- GALUS, S.; LENART, A. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectina. **Journal of Food Engineering**. v. 115, p. 459-465, 2013.
- HENRIETTE M.C. AZEREDO, H. M. C.; MORRUGARES-CARMONA, R.; WELLNER, N.; CROSS, K.; BAJKA, B.; WALDRON, K. W. Development of pectin films with pomegranate juice and citric acid. **Food Chemistry**. v. 198, p. 101-106, 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1: Métodos Químicos e Físicos para análise de alimentos**, 3. ed., São Paulo: IMESP, p. 288, 1985.

LIU, X.; REN, J.; ZHU, Y.; HAN, W.; XUAN, H.; GE, L. The preservation effect of ascorbic acid and calcium chloride modified chitosan coating on fresh-cut apples at room temperature. **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects**. v. 502, 102-106, 2016.

MEDEIROS, B. G. S.; PINHEIRO, A. C.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G.; VICENTE, A. A. Development and characterization of a nanomultilayer coating of pectina and chitosan – Evaluation of its gas barrier properties and application on ‘Tommy Atkins’ mangoes. **Journal of Food Engineering**. v. 110, p. 457-464, 2012.

OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. **Postharvest Biology and Technology**. v. 50, p. 87-94, 2008.

ROBLES-SÁNCHEZ, R. M.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; ODRIÓZOLA-SERRANO, I.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.; MARTIN-BELLOSO, O. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. **LWT - Food Science and Technology**. v. 50, p. 240-246, 2013.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**. v. 20, 438-447, 2009.

ROJAS-GRAÜ, M.A.; TAPIA, M.S.; RODRÍGUEZ, F.J.; CARMONA, A.J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. **Food Hydrocolloids**. v. 21, p. 118-127, 2007.

SALINAS-ROCA, B.; SOLIVA-FORTUNY, R.; WELTI-CHANES, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Combined effect of pulsed light, edible coating and malic acid dipping to improve fresh-cut mango safety and quality. **Food Control**. v. 66, p. 190- 197, 2016.

SILVA, M. A.; BIERHALZ, A. C. K.; KIECKBUSCH, T. G. Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca²⁺ ions: Effect of the plasticizer concentration. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, p. 736-742, 2009.

SIVAKUMAR, D.; JIANG, Y.; YAHIA, E. M. Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain. **Food Research International**. v. 44, p. 1254-1263, 2011.

SOTHORNVIT, R.; RODSAMRAN, P. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. **Postharvest Biology and Technology**. v. 47, p. 407-415, 2008.

VALERO, D., DÍAZ-MULA, H. M.; ZAPATA, P. J.; GUILLÉN, F., MARTÍNEZ-ROMERO, D.; CASTILLO, S.; SERRANO, M. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**. v. 77, p. 1-6, 2013.

WALKENSTRÖM, P.; KIDMAN, S.; HERMANSSON, A. M.; RASMUSSEN, P. B.; HOEGH, L. Microstructure and rheological behaviour of alginate/pectina mixed gels. **Food Hydrocolloids**. v. 17, p. 593-603, 2003.

CAPÍTULO 5

Avaliação microbiológica e físico-química em manga ‘espada’ minimamente processada revestida com cobertura de alginato e pectina

F. A. SILVA^a, L. FINKLER^b e C. L. L. FINKLER^b

^a *Discente da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua Alto do Reservatório, s/n, Bela Vista, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil, 55608-680.*

^b *Docentes da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua Alto do Reservatório, s/n, Bela Vista, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil, 55608-680.*

Resumo

Frutas minimamente processadas tem uma vida de prateleira reduzida devido as injúrias causadas no seu processamento, permitindo que estas fiquem susceptíveis a degradações físico-químicas e microbiológicas. Levando em consideração os parâmetros de qualidade que um produto desta categoria deve ter, objetivou-se avaliar os parâmetros microbiológicos exigidos pela legislação brasileira vigente, assim como a avaliação físico-química da aplicação de biopolímeros sobre a preservação da qualidade em manga ‘espada’ minimamente processada. Foram elaboradas duas soluções filmogênicas: 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 2 % (m/v) de alginato e 3 % (m/v) de pectina, ambas com 5,5 % (m/v) de glicerol como agente plastificante, além do grupo controle, fazendo uso da solução de 1 % (m/v) de ácido ascórbico como pré- tratamento. A manga foi minimamente processada, tratada com a solução de ácido ascórbico, imersa na solução polimérica e em seguida numa solução contendo cloreto de cálcio 0,12 M e glicerol. As amostras foram secadas por 24 h em estufa de circulação de ar e armazenadas sob refrigeração a 9 ± 2 °C. Foram analisados o rendimento do produto, teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável e teor de açúcar redutor a cada dois dias. As análises microbiológicas foram realizadas para pesquisa de *Salmonella*, coliformes termotolerantes e análise de bactérias psicotróficas. Estas foram realizadas no primeiro e no décimo dia de processamento. Os resultados obtidos com as frutas recobertas pelas formulações filmogênicas foram superiores em todos os aspectos analisados com relação à amostra sem revestimento. A análise microbiológica exigida pela legislação indicou que o produto está de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação.

Palavras-chave: Pós-colheita, Processamento Mínimo, *Salmonella*, Coliformes.

Abstract

Minimally processed fruits have a reduced shelf life due to injuries caused in its processing, allowing it becomes susceptible to physical, chemical and microbiological degradation. Considering the required quality parameters, the aim of this research is evaluate the parameters microbiological required by Brazilian legislation, and perform a physical-chemical evaluation of biopolymers application on preserving quality of minimally processed mango cv. 'espada'. Two filmogenic solutions were prepared: 1 % (w/v) alginate, 1.5 % (w/v) pectin and 2 % alginate (w/v), 3 % (w/v) pectin, both containing 5.5 % (w/v) glycerol as plasticizer agent, besides control group, using a solution of 1 % (w/v) ascorbic acid as a pretreatment. Mango was minimally processed, treated with ascorbic acid solution, immersed in the polymer solution and further in a solution containing 0.12 M calcium chloride and glycerol. Samples were dried for 24 hours in air circulating and stored under refrigeration (9 ± 2 °C). The parameters analyzed were product yield, total soluble solids, titratable acidity and reducing sugar content every two days. Microbiological analysis were performed for *Salmonella* research, thermotolerant coliforms and psychrotrophic bacteria. These analysis were carried out in the first and tenth day of processing. Results obtained from fruit coated with filmogenic formulations were superior in all aspects analyzed as compared to samples without coating. Microbiological analysis required by the Brazilian legislation indicated that the product is in compliance with the required parameters by legislation.

Keywords: Post-harvest, Minimum processing, *Salmonella*, Coliforms.

*Este artigo será submetido a revista *Food Hydrocolloids* (ANEXO)

1. Introdução

As frutas minimamente processadas podem servir de porta de entrada para patógenos, já que não possuem mais sua capa protetora, representando um risco para a saúde do consumidor (SALINAS-ROCA et al., 2016). Segundo Strawn e Danyluk (2010), nos últimos anos houve um aumento de vários surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTA) associadas a *E. coli* e *Salmonella* a partir de frutas frescas e sucos. Estes autores ainda relatam que foram documentados 4 casos de contaminação por *Salmonella* nos Estados Unidos por meio do consumo de mangas importadas. Outro caso ocorreu em 1996, quando 116 trabalhadores de um estaleiro foram acometidos por um grande surto de *Salmonella* devido ao consumo de mamão minimamente processado (STRAWN, DANYLUK, 2010).

As mangas são frutas mundialmente consumidas devido ao seu sabor agradável e exótico, além do elevado valor nutricional (CHIUMARELLI et al., 2011; SIVAKUMAR, JIANG,

YAHIA, 2011; OLIVEIRA et al., 2016), sendo apreciadas preferencialmente *in natura* (MEDEIROS et al., 2012). O processamento mínimo da manga no mercado ainda é relativamente escasso devido a sua curta vida de prateleira, tendo em vista que o processamento mínimo pode gerar efeitos negativos na qualidade do produto, sejam eles: escurecimento enzimático, *off-flavor*, amolecimento dos tecidos causando perda da textura, degradação enzimática e microbiológica (CHIEN, SHEU, YANG, 2007; ROBLES-SÁNCHEZ et al. 2009; SIPAHI et al., 2013; SOTHORNVIT, RODSAMRAN, 2008).

Para que o processamento mínimo da manga seja bem sucedido, são necessários métodos alternativos para garantir o tempo de vida de prateleira do produto e garantir a qualidade durante o manuseio, distribuição e venda, além de representar uma grande vantagem econômica aos fabricantes das empresas de alimentos (CHIEN, SHEU, YANG, 2007; SIPAHI et al., 2013). Várias metodologias são propostas para prolongar a vida de prateleira de frutas minimamente processadas, dentre elas está o controle da temperatura durante o processamento. No entanto, apenas o emprego de baixas temperaturas não garante a boa qualidade do fruto, podendo este sofrer danos pelo frio (ROBLES-SÁNCHEZ et al. 2009; GOYENECHEA et al., 2014). Dessa forma, faz-se necessária a adição de agentes antioxidantes, uma vez que a taxa respiratória do fruto vai se encontrar elevada devido a injúrias do tecido, fazendo com que haja uma maior atividade da enzima polifenoloxidase e conseqüente escurecimento da superfície do fruto, levando à rejeição do produto (SALINAS-ROCA et al., 2016).

A utilização de revestimentos comestíveis em produtos minimamente processados constitui numa alternativa para promover a redução da perda de umidade, da migração de solutos, respiração e reações de oxidação. A barreira semipermeável destes revestimentos tem como objetivo aumentar a vida útil e diminuir as desordens fisiológicas ocasionadas durante o processamento e acondicionamento (ROJAS-GRAÜ et al., 2007; CHIUMARELLI et al., 2011; SIPAHI et al., 2013) Segundo Chiumarelli et al. (2011), ainda há poucas informações disponíveis na literatura sobre a aplicação de revestimentos comestíveis em mangas minimamente processadas.

Por outro lado, o efeito da combinação dos diversos tratamentos pós-colheita sobre a qualidade de frutas minimamente processadas tem sido estudado, obtendo-se grandes avanços sobre a preservação da manga minimamente processada. Portanto, o desenvolvimento de tratamentos adequados para a manutenção da qualidade da fruta certamente irá promover o seu consumo e permitir que a indústria satisfaça as tendências do mercado de frutas minimamente processadas que garantam a mesma qualidade da fruta inteira (ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2009; SALINAS-ROCA et al., 2016).

Neste trabalho foi utilizada a variedade 'espada', devido à popularidade da mesma na região Nordeste, e por ser de fácil aceitação pelo consumidor, o que justifica o

processamento mínimo e o beneficiamento promovido pelo biopolímero. Objetivou-se avaliar os parâmetros microbiológicos exigidos pela legislação brasileira vigente (RDC n°12/2001-ANVISA) para pesquisa de *Salmonella* e Coliformes termotolerantes e análise de bactérias psicotróficas, assim como a avaliação físico-química da aplicação de biopolímeros sobre a preservação da qualidade em manga 'espada' minimamente processada.

2. Materiais e métodos

2.1. Material

As mangas (*Mangifera indica* cv. Espada) foram adquiridas na feira-livre do município de Bezerros- PE, no estágio inicial da maturação, apresentando casca na coloração verde, com ausência de danos mecânicos ou podridões. Na formulação do biopolímero foram utilizados: alginato de média viscosidade (GRINDSTED®) e pectina (Genu® pectina tipo B-rapid LM), cloreto de cálcio (Química Moderna®) como agente reticulante e glicerol (Nuclear®) como agente plastificante. O ácido ascórbico (IMPEX®) foi utilizado no pré-tratamento das amostras. As embalagens para acondicionamento do produto foram de poliestireno (150 mm x 150 mm) e envoltas com policloreto de vinila (PVC) (Wyda®).

2.2. Formação dos biopolímeros

Foram elaboradas duas formulações com as seguintes composições: 1 % (m/v) de alginato e 1,5 % (m/v) de pectina; 2 % (m/v) de alginato e 3 % (m/v) de pectina, todas com 5,5 % (m/v) de glicerol como agente plastificante. Inicialmente, os polímeros de alginato e de pectina foram dissolvidos em água estéril sob agitação constante a 70 °C até a formação visível do gel, de acordo com as concentrações testadas.

2.3 Revestimento da fruta

As mangas foram higienizadas com detergente, enxaguadas com água potável e desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos, sendo em seguida lavadas com água potável e secas a temperatura ambiente. Os frutos foram descascados, sua polpa foi fatiada longitudinalmente em tiras, sendo posteriormente cortadas em pequenos pedaços. Após imersão das amostras da fruta cortada em solução de ácido ascórbico a 1 % (m/v) por 4 min e posterior drenagem, estas foram adicionadas às soluções dos polímeros por 3 min. Em seguida, as amostras foram imersas em solução composta de 0,12 M de CaCl₂ e de 5,5 % (m/v) glicerol por mais 3 minutos. Posteriormente, as amostras foram drenadas, acondicionadas em bandejas de poliestireno e armazenadas em temperatura ambiente (28 °C) para secagem por 24 h. Após esse período, as bandejas foram envoltas por PVC e armazenadas sob refrigeração a 9 °C ± 1 °C.

2.4 Rendimento do produto

O rendimento foi avaliado através do Fator de Correção (FC) ou Índice de Parte Comestível (IPC), que consiste no cálculo do desperdício produzido durante o pré-preparo do produto, considerado como um indicador de qualidade que pode influenciar diretamente nos custos para o consumidor. Para o cálculo do percentual de rendimento foi determinada a razão entre o peso inicial (ou bruto), que corresponde ao peso da fruta íntegra, e o peso final da parte comestível da manga (PL), ou seja, da sua polpa, conforme mostra a Equação 1:

$$FC = \frac{PB}{PL} \quad (1)$$

Onde: FC é o fator de correção, PB o peso bruto e PL o peso líquido.

2.5 Perda de peso e quantidade de polímero incorporado

Foi avaliado o percentual de perda de peso após 24 h de secagem em estufa de circulação de ar, pela diferença entre o peso inicial e final do produto. Também foi avaliada a quantidade de polímero aderido à superfície da fruta após a imersão pela diferença entre os pesos final e inicial.

2.6 Teor de sólidos solúveis totais

Foi determinado de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolpho Lutz (1985), utilizando-se um refratômetro digital (HANNA®) previamente calibrado com água destilada. As análises foram realizadas em duplicata a cada dois dias.

2.7 Acidez titulável

Foi determinada de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolpho Lutz (1985), sendo as análises realizadas em duplicata a cada dois dias. O percentual de acidez titulável foi determinado de acordo com a Equação 2:

$$\%A = \frac{V \times F \times M \times 100}{P}, \quad (2)$$

Onde: V é o volume gasto de NaOH, F é o fator de correção da solução de NaOH, M é a molaridade da solução de NaOH e P é o peso da amostra (g).

2.8 Teor de açúcar redutor

Foi determinado por meio uma curva padrão de glicose, Figura 5.1, pelo método do DNS (ácido dinitrosalicílico) pela metodologia descrita por Miller (1959), sendo as análises realizadas em duplicata a cada dois dias.

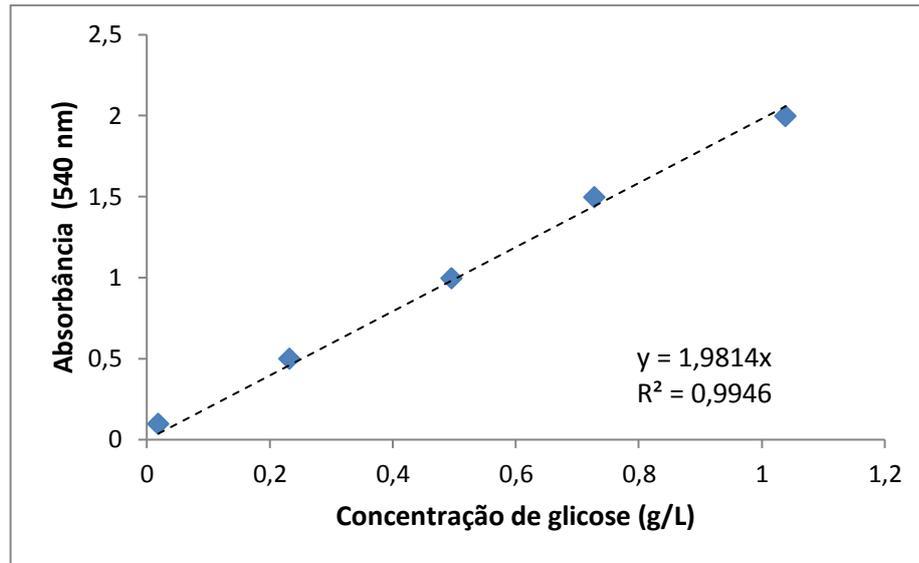


Figura 5.1- Curva padrão de glicose e coeficiente de correlação linear para a determinação de açúcares redutores.

2.9 Análises microbiológicas

Para análise de *Salmonella*, foi utilizado o método ISSO 6579 (2007). Para a análise de coliformes termotolerantes foi utilizado o método de NMP descrito por Lancette e Bennett (2001). Para a contagem de bactérias psicotróficas foi utilizada a técnica de plaqueamento em Ágar Padrão para Contagem (PCA), descrita por Cousin, Jay e Vasavada (2001), sendo as análises realizadas em duplicata no primeiro e décimo dia após o processamento.

2.10 Análises estatísticas

A análise estatística dos ensaios das formulações com os biopolímeros compostos de pectina/alginato e glicerol foi efetuada por meio do programa computacional Excel® utilizando níveis de significância de 0,05 por meio do teste ANOVA.

3. Resultados e discussão

3.1 Rendimento do produto, quantidade de polímero incorporado e perda de peso

O fator de correção é imprescindível para definir a quantidade de alimento a ser comprado, levando em consideração o que será perdido durante o processamento, além de servir de parâmetro para comparação de preços entre produtos e entre produtos prontos e processados (VAZ, 2003). Para este estudo, um total de 2,359 kg de mangas 'espada' *in natura* foram utilizadas, onde apenas 1,342 kg correspondeu à parte comestível, ou seja, a polpa da fruta. A partir dessas observações, foi obtido um valor de FC de 1,75. Ornelas (2007) propõe que o valor para o FC da manga 'espada' seja de 1,55, porém segundo Vaz

(2008), este índice é influenciado pela qualidade da matéria-prima, pelas condições de armazenamento e pela manipulação no pré-preparo.

Após o processamento, uma quantidade de 1,342 kg foi dividida entre os três grupos testados, correspondendo a um peso de 447,00 g/tratamento. Os valores da quantidade de polímero aderido à manga 'espada' minimamente processada em cada tratamento encontram-se na Tabela 5.1, mostrando que houve uma maior incorporação da solução filmogênica para maiores valores de concentrações de polímeros.

Tabela 5.1- Quantidade de polímero aderido à manga 'espada' minimamente processada.

Ensaio	Peso inicial (g)	Peso após incorporação do biopolímero (g)	Quantidade de biopolímero incorporado (g)
Controle	447,00	447,00	0
1A1,5P	447,00	548,00	101,00
2A3P	447,00	666,00	219,00

Controle= sem tratamento; 1A1,5P= 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol; 2A3P= 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol.

A Tabela 5.2 mostra o percentual de perda de peso do produto após secagem em estufa de circulação de ar por 24 h.

Tabela 5.2- Percentual de perda de peso da manga 'espada' minimamente processada após incorporação de biopolímero e secagem por 24 h em estufa de circulação de ar.

Ensaio	Peso inicial (g)	Peso após secagem (g)	% de perda de peso
Controle	447,00	310,00	30,64
1A1,5P	548,00	412,00	24,81
2A3P	666,00	524,00	21,32

Controle= sem tratamento; 1A1,5P= 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol; 2A3P= 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol.

Pode-se observar que houve uma perda de peso de 30,64 % para frutos não recobertos, enquanto que nas frutas recobertas com 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol e 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol os valores de perda de peso foram de 24,81 e 21,32 %, respectivamente. Segundo Duan et al. (2011), a utilização de revestimentos comestíveis serve também como

uma barreira ao vapor de água e reduzem a perda de umidade retardando a desidratação do fruto, evidenciando a resistência a permeabilidade da água durante o processo de secagem.

De acordo com Rojas-Graü et al. (2007), a barreira semipermeável fornecida por revestimentos comestíveis é destinada a prolongar a vida útil, reduzindo a umidade e migração de soluto, a troca gasosa, respiração e taxas de reação de oxidação, bem como reprimir desordens fisiológicas nos frutos frescos de corte.

3.2 Teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável

Na Figura 5.2 estão os resultados obtidos através da análise de sólidos solúveis totais em manga 'espada' minimamente processada com revestimento combinado de alginato e pectina.

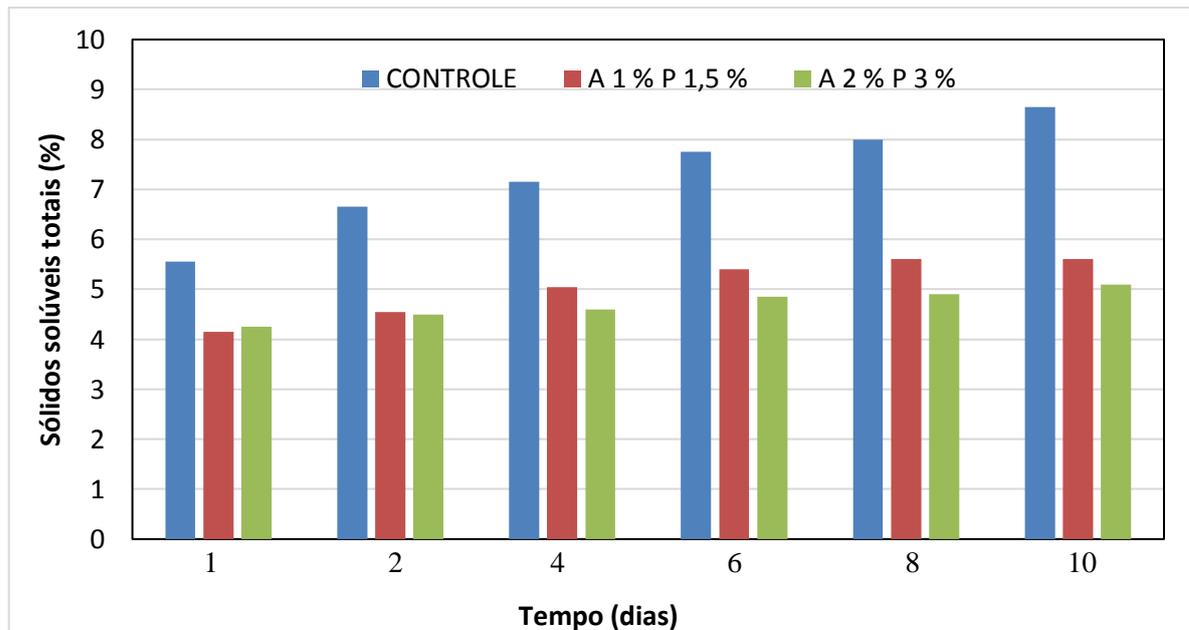


Figura 5.2- Resultados de SST em amostras de manga 'espada' minimamente processadas e recobertas com alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica e em função de tempo de armazenamento (Controle= sem tratamento; A 1% P 1,5%= 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol; A 2 % P 3%= 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol).

O teor de SST em mangas aumenta durante a sua maturação, devido à degradação de polissacarídeos presente na sua composição (CISSÉ et al., 2015). Todas as amostras, independentes de serem recobertas com a solução filmogênica ou não, tiveram aumento no valor de sólidos solúveis totais durante o período de armazenamento sob refrigeração ($9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$), porém nas amostras sem biopolímero o aumento no teor de SST foi mais evidente.

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, apenas entre os tratamentos e o grupo controle.

Medeiros e colaboradores (2012) analisaram mangas inteiras revestidas por nano camadas ao longo de um armazenamento de 45 dias, e observaram menores resultados de sólidos solúveis para aquelas mangas que haviam sido tratadas com o polímero. Sothornvit e Rodsamran (2008) observaram um aumento dos sólidos solúveis após 4 dias de armazenamento de manga em temperatura ambiente; já quando estas estavam cobertas com o filme foi observado um valor menor para este índice. Salinas-Roca et al. (2016) também observaram valores menores de SST em mangas minimamente processadas tratadas com revestimentos e luz pulsante quando comparadas ao grupo controle.

Liu e colaboradores (2016) verificaram em maçãs minimamente processadas o efeito da incorporação da quitosana contendo ácido ascórbico ou cloreto de cálcio. Ao final do armazenamento, a combinação de quitosana e cloreto de cálcio apresentou-se como a mais eficiente, com menor perda de peso e maior conteúdo de ácido ascórbico. Com relação ao teor de sólidos solúveis totais, as fatias recobertas com a quitosana e ácido ascórbico apresentaram menor valor.

A acidez titulável é um parâmetro que também avalia a qualidade dos frutos (SIVAKUMAR, JIANG, YAHIA, 2011). No trabalho feito por Saba e Sogavar (2016), onde utilizaram carboximetilcelulose para revestir maçãs minimamente processadas, foi observado que o percentual de acidez titulável em frutas recobertas foi menor do que o grupo controle. Tal resultado corrobora com os encontrados nesta pesquisa, como pode se observar na Figura 5.3.

Observou-se um aumento da acidez titulável em todos os ensaios realizados, porém no grupo sem o revestimento este índice foi mais elevado, não sendo significativa a diferença entre os tratamentos, mas sim entre os mesmos e o grupo controle. Medeiros et al. (2012) observaram que mangas não recobertas apresentaram maiores valores de acidez titulável quando comparadas às mangas com tratamento. Cissé et al. (2015), no estudo com mangas revestidas com combinações de quitosana e lactoperoxidase, observaram após 8 dias uma diminuição na acidez em frutos tratados e não tratados. Em contrapartida, o pH era maior nas mangas com revestimento. Quanto ao teor de sólidos solúveis, não houve diferença significativa entre os tratamentos e o grupo controle.

Chien, Sheu e Yang (2007) trataram a manga minimamente processada com soluções de quitosana (0,5 %, 1 % e 2 %), armazenadas a 6 °C e verificaram valores mais baixos de sólidos solúveis, acidez titulável e teor de ácido ascórbico após 7 dias de acondicionamento, porém a diferença entre os tratamentos não foi significativa. Valero et al. (2013) também obtiveram como resultados uma redução da acidez titulável em ameixas fazendo uso de cobertura de alginato.

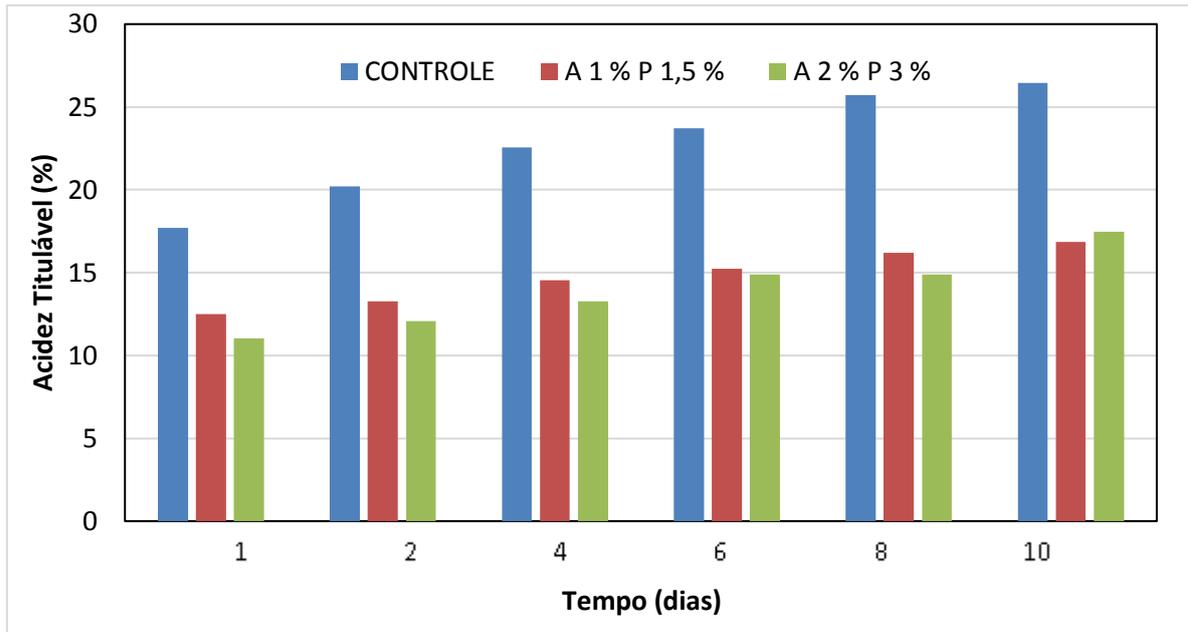


Figura 5.3- Resultado do percentual de acidez titulável em amostras de manga 'espada' minimamente processadas e recobertas com alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica e em função de tempo de armazenamento (Controle= sem tratamento; A 1% P 1,5%= 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol; A 2 % P 3 %= 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol).

3.3 Análise de açúcares redutores

O teor de açúcares tende a aumentar no processo de amadurecimento, por isso é importante monitorar este índice e os ácidos orgânicos a fim de garantir os atributos sensoriais, em especial o sabor (OLIVAS, MATTINSON, BARBOSA-CÁNOVAS, 2007; OLIVEIRA et al., 2016). A Figura 5.4 representa os percentuais encontrados de açúcares redutores ao longo do tempo.

Observa-se que durante o período de armazenamento do fruto, houve aumento no teor de açúcar redutor, porém este valor para as frutas recobertas foi menor do que o encontrado para o grupo sem o tratamento. Estas mesmas observações foram feitas por Pina et al. (2001), que afirmam que o aumento do teor de açúcares redutores se deve à hidrólise da sacarose, com isso há um maior teor de doçura na fruta e conseqüente a isso elevado teor de SST. Já Brandão e colaboradores (2003) observaram maiores valores de açúcares redutores após a desidratação de mangas não recobertas com os xaropes elaborados.

A condição com 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol se mostrou promissora de acordo com os aspectos analisados, indicando ser uma boa formulação para utilização na conservação de produtos minimamente processados, como

mostra a Figura 5.5.

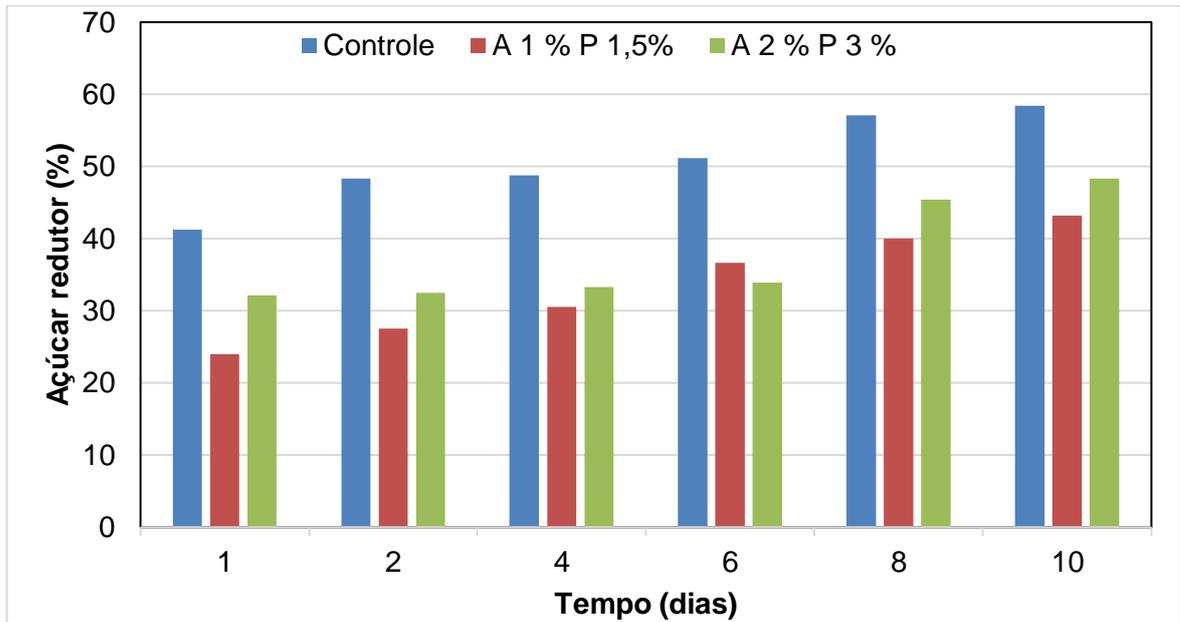


Figura 5.4- Resultado do percentual de açúcares redutores em amostras de manga 'espada' minimamente processadas e recobertas com alginato e pectina de acordo com a formulação filmogênica e em função de tempo de armazenamento (Controle= sem tratamento; A 1% P 1,5 %= 1 % (m/v) de alginato, 1,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol; A 2 % P 3 %= 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol).



Figura 5.5- Aspecto visual da manga minimamente processada após secagem em estufa de circulação de ar por 24 h e recoberta com solução de 2 % (m/v) de alginato 3 % (m/v) pectina e 5,5 % (m/v) glicerol.

3.4 Análise microbiológica

A contaminação microbiológica pode ocorrer no produto no seu estado *in natura* ou mesmo estando refrigerado, desde o processo de produção, processamento e acondicionamento (STRAWN, DANYLUK, 2010). No Brasil ainda não existe uma legislação para alimentos minimamente processados, então, seguem-se os padrões utilizados para “frutas frescas, *in natura*, preparadas (descascadas, selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas prontas para consumo direto” citadas na RDC nº 12/2001 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) (BRASIL, 2001).

As amostras de manga ‘espada’ minimamente processadas se mostraram ausentes para a presença de *Salmonella* em 25 g de amostra, como recomenda a legislação, tanto no primeiro dia após o processamento como no 10º dia. Também não foi encontrada a presença de coliformes termotolerantes a 45 °C. As placas de PCA para detectar a presença de bactérias psicotróficas não apresentaram nenhuma UFC/g.

Salinas-Roca et al. (2016), após a aplicação de alginato e outros tratamentos combinados em mangas minimamente processadas, observaram uma redução da contaminação ao longo de 14 dias. Rojas-Graü, Soliva-Fortuny e Martín-Belloso (2009) relatam em outro estudo que foi utilizado o revestimento de alginato com sucesso para a redução de *E. coli* O157: H7, aumentando a vida de prateleira do produto. Sipahi et al. (2013) também utilizaram o alginato para revestimento de frutas, sendo observada uma considerável diminuição dos valores de bactérias psicotróficas ao longo do armazenamento sob refrigeração apenas em frutas recobertas.

Santos et al. (2010) avaliaram um lote de 180 frutas e hortaliças minimamente processadas comercializadas na região de Campinas-SP de acordo com os parâmetros exigidos pela RDC nº 12/01. Os autores verificaram que as contagens de microrganismos aeróbios mesófilos estavam entre 3,09 e 8,94, de bolores e leveduras entre 3,19 e 6,61 e de coliformes totais entre <1 e 7,73, não sendo detectada a presença de *Salmonella* em nenhuma das 180 amostras, porém 37,2 % destas não estavam de acordo com os limites máximos para *E. coli* estabelecidos pela legislação brasileira vigente (RDC nº12/2001 – ANVISA).

4. Conclusão

Pode-se concluir que foi possível observar a manutenção dos parâmetros de qualidade avaliados nas mangas ‘espada’ minimamente processadas quando comparadas ao grupo controle, o que indica que estas formulações podem ser consideradas como uma alternativa ao aumento da extensão da vida de prateleira desta fruta. O revestimento de alginato e pectina nas condições de 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol promoveu uma menor perda de peso após a secagem de 24 h em estufa de

circulação e ar quando comparado aos outros ensaios, mostrando ser uma formulação promissora. Com relação à análise microbiológica para bactérias psicotróficas, não houve surgimento de colônias durante a incubação das placas, assim como os testes para a presença de *Salmonella* e coliformes termotolerantes foram negativos nas análises realizadas no primeiro dia após o processamento e no 10º dia, indicando a qualidade e segurança sanitária durante o processamento do produto, encontrando-se este de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação brasileira vigente.

Referências

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. **Rev. Bras. Frutic.** v. 25, p. 38-41, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Seção 1.

CHIEN, P. J.; SHEU, F.; YANG, F. H. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. **Journal of Food Engineering.** v. 78, p. 225-229, 2007.

CHIUMARELLI, M.; FERRARI, C. C., SARANTÓPOULOS C. I. G. L.; HUBINGER, M. D. Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies.** v. 12, p. 381- 387, 2011.

CISSÉ, M.; POLIDORI, J.; MONTET, D.; LOISEAU, G.; DUCAMP-COLLIN, M. N. Preservation of mango quality by using functional chitosan- lactoperoxidase systems coatings. **Postharvest Biology and Technology.** v. 101, p. 10-14, 2015.

COUSIN, M. A.; JAY, J. M.; VASAVADA, P. C. Psychrotrophic microorganisms. In: DOWNES, F. P., and K. ITO (ed.), **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 4ª ed. American Public Health Association, Washington, D. C., 2001. Cap. 13, p. 159-166.

DUAN, J.; WU, R.; STRIK, B. C.; ZHAO, Y. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. **Postharvest Biology and Technology.** v. 59, 71-79, 2011.

GOYENECHEA, R., AGUËRO, M. V., ROURA, S., SCALA, K. Application of citric acid and mild heat shock to minimally processed sliced radish: Color evaluation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 93, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1: Métodos Químicos e Físicos para análise de alimentos**, 3. ed., São Paulo: IMESP, p. 288, 1985.

ISO 6579. Microbiology of food and animal feeding stuff- **Horizontal method for the detection of *Salmonella* ssp.**, 4ª ed. 2002. The International Organization for Standardization, amendment 1: 15 / 07 / 2007.

LANCETTE, G. A.; BENNETT, R. W. *Staphylococcus aureus* and staphylococcal enterotoxins. In: DOWNES, F. P., na K. ITO (ed.), **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 4^a ed. American Public Health Association, Washington, D. C., 2001. Cap. 39, p. 387-403.

LIU, X.; REN, J.; ZHU, Y.; HAN, W.; XUAN, H.; GE, L. The preservation effect of ascorbic acid and calcium chloride modified chitosan coating on fresh-cut apples at room temperature. **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects**. v. 502, 102-106, 2016.

MEDEIROS, B. G. S.; PINHEIRO, A. C.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G.; VICENTE, A. A. Development and characterization of a nanomultilayer coating of pectina and chitosan – Evaluation of its gas barrier properties and application on ‘Tommy Atkins’ mangoes. **Journal of Food Engineering**. v. 110, p. 457-464, 2012.

MILLER G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, v. 31, p. 426, 1959.

OLIVAS, G.I.; MATTINSON, D.S.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Alginate coatings for preservation of minimally processed ‘Gala’ apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 89-96, 2007.

OLIVEIRA, B. G.; COSTA, H. B.; VENTURA, J. A.; KONDRATYUK, T. P.; BARROSO, M. E. S.; CORREIA, R. M.; PIMENTEL, E. F.; PINTO, F. E.; ENDRINGER, D. C.; ROMÃO, W. Chemical profile of mango (*Mangifera indica* L.) using electrospray ionisation mass spectrometry (ESI-MS). **Food Chemistry**. v. 204, p. 37-45, 2016.

ORNELLAS, L.H. **Técnica dietética – Seleção e preparo de alimentos**. 7.ed. São Paulo: Atheneu, 2007.

PINA, M. G. M; MAIA, G. A.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, R. W.; MONTEIRO, J. C. S. Processamento e conservação de manga por métodos combinados. **Rev. Bras. Frutic.** v. 25, p. 63-66, 2003.

ROBLES-SÁNCHEZ, R. M.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; ODRIOZOLA-SERRANO, I.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; MARTÍN-BELLOSO, O. Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut ‘Kent’ mango (*Mangifera indica* L.). **Postharvest Biology and Technology**. v. 51, p. 384- 390, 2009.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**. v. 20, 438-447, 2009.

ROJAS-GRAÜ, M.A.; TAPIA, M.S.; RODRÍGUEZ, F.J.; CARMONA, A.J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. **Food Hydrocolloids**. v. 21, p. 118-127, 2007.

SABA, M. K.; SOGVAR, O. B. Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. **LWT - Food Science and Technology**. v. 66, p. 165-171, 2016.

SALINAS-ROCA, B.; SOLIVA-FORTUNY, R.; WELTI-CHANES, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Combined effect of pulsed light, edible coating and malic acid dipping to improve fresh-cut mango safety and quality. **Food Control**. v. 66, p. 190- 197, 2016.

SANTOS, T. B. A.; SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; PEREIRA, J. L. Microrganismos indicadores em frutas e hortaliças minimamente processadas. **Braz. J. Food Technol.** v. 13, p. 141-146, 2010.

SIPAHI, R. E.; CASTELL-PEREZ, M. E.; MOREIRA, R. G.; GOMES, C.; CASTILLO, A. Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*). **LWT - Food Science and Technology.** v. 51, 9-15, 2013.

SIVAKUMAR, D.; JIANG, Y.; YAHIA, E. M. Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain. **Food Research International.** v. 44, p. 1254-1263, 2011.

SOTHORNVIT, R.; RODSAMRAN, P. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. **Postharvest Biology and Technology.** v. 47, p. 407-415, 2008.

STRAWN, L. K.; DANYLUK, M. D. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. on fresh and frozen cut mangoes and papayas. **International Journal of Food Microbiology.** v. 138, p. 78-84, 2010.

VALERO, D., DÍAZ-MULA, H. M.; ZAPATA, P. J.; GUILLÉN, F., MARTÍNEZ-ROMERO, D.; CASTILLO, S.; SERRANO, M. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology.** v. 77, p. 1-6, 2013.

VAZ, C. S. **Alimentação de Coletividade: uma abordagem gerencial – manual prático do gestor de serviços de refeições coletivas.** Brasília, 2003. 208 p.

DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES

O desenvolvimento de novas técnicas de conservação para melhoria das propriedades físico-químicas de frutas minimamente processadas é uma importante questão para pesquisas futuras, pois no atual momento, a maioria dos estudos encontra-se em escala de laboratório. Apesar desta limitação, o uso de revestimentos comestíveis em frutas minimamente processadas tem mostrado bons resultados.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, foi possível observar que o armazenamento à temperatura ambiente propiciou o aparecimento de contaminantes independentemente da concentração de biopolímeros utilizada ou mesmo quanto ao pré-tratamento aplicado, e que a condição refrigerada se sobressai à temperatura ambiente, tanto com relação à vida de prateleira como no aspecto visual. Em adição, o tratamento químico que mais foi eficaz na manutenção da coloração, quando comparada ao grupo controle, foi o ácido ascórbico associado ao armazenamento refrigerado da manga 'espada' minimamente processada, já que foi possível alcançar 15 dias de armazenamento sem a presença de contaminantes.

A partir de um delineamento experimental tendo como variáveis independentes as concentrações de alginato, pectina e glicerol, foi possível desenvolver combinações de biopolímeros eficazes na conservação pós-colheita da manga 'espada' minimamente processada sob refrigeração, sendo demonstrado que a utilização dos mesmos é uma tecnologia promissora que pode aumentar a vida útil da fruta. Dessa forma, foi selecionada a formulação de 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol, a qual promoveu um retardamento na maturação da fruta constituindo-se numa alternativa para a sua conservação.

A utilização de novas formulações elaboradas a partir do planejamento inicial não apresentaram diferenças significativas entre si, apenas entre os tratamentos e o grupo controle em relação aos parâmetros estudados. Isto implica dizer que mesmo com a elevada perecibilidade de frutas minimamente processadas, em especial aquelas que têm características climatéricas, como a manga 'espada', os revestimentos elaborados demonstraram ter um papel importante para a redução de perdas de qualidade, principalmente com relação ao teor de SST e acidez titulável. A condição de 3 % (m/v) de alginato, 0,5 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol não apresentou um bom aspecto visual, já que este índice afeta a aceitação do produto pelo consumidor. O alginato apresentou os menores valores para SST e acidez titulável, indicando a importância deste biopolímero na composição das formulações estudadas com relação à prevenção dos efeitos negativos promovido pelo processamento mínimo.

Por fim, com as duas melhores condições foi possível observar que houve a manutenção dos parâmetros de qualidade avaliados nas mangas 'espada' minimamente processadas, o que indica que estas formulações podem ser consideradas como uma alternativa ao aumento da extensão da vida de prateleira do produto. O revestimento de alginato e pectina nas condições de 2 % (m/v) de alginato, 3 % (m/v) de pectina e 5,5 % (m/v) de glicerol promoveu uma menor perda de peso após a secagem de 24 h em estufa de circulação e ar quando comparado aos outros ensaios, mostrando ser uma formulação promissora. Com relação à análise microbiológica para bactérias psicotróficas, não houve surgimento de colônias durante a incubação das placas, assim como o teste para a presença de *Salmonella* e para coliformes termotolerantes nas análises realizadas no primeiro e no 10º dia após o processamento. Estes resultados indicam a qualidade e segurança higiênico-sanitária durante o processamento do produto, encontrando-se este de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação brasileira vigente (RDC nº12/ 2001-ANVISA).

Pode-se concluir que a utilização de tecnologias combinadas para a preservação de manga 'espada' minimamente processada é uma forma mais eficaz de retardar os danos causados pela injúria do corte aos tecidos vegetais. Não foram encontrados estudos sobre a utilização destas metodologias para a aplicação em manga 'espada' minimamente processada, o que torna esta abordagem inovadora. No entanto mais pesquisas devem ser promovidas a fim de se estabelecer a real interação entre os componentes do biopolímero e a fisiologia pós-colheita da manga 'espada', visando a aplicação deste processo em escala industrial, promovendo o aumento da demanda por alimentos mais saudáveis e convenientes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, S. A. C.; GUERRA, T. M. B.; RIBEIRO, M. A.; GUERRA, N. M. Emprego de revestimentos comestíveis de alginato e pectina de baixa metoxilação em alimentos: revisão. **B. CEPPA**. v. 26, p. 41-50, 2008.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2016. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, 2016. 98 p.

BALDWIN, E. A.; BURNS, J. K.; KAZOKAS, W.; BRECHT, J. K.; HAGENMAIER, R. D.; BENDER, R. J.; PESIS, E. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. **Postharvest Biology and Technology**. v. 17, p. 215-226, 1999.

BETORET, E.; BETORET, N.; VIDAL, D.; FITO, P. Functional foods development: Trends and Technologies, **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, 2011.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. **Rev. Bras. Frutic.** v. 25, p. 38-41, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

CEASA CAMPINAS. **Manga: A rainha das frutas tropicais**. Disponível em: <http://www.ceasacampinas.com.br/novo/Serv_padro_Manga.asp#noticias>, acesso em: 27 nov. 2014.

CHEN, C.; HU, W.; HE, Y.; JIANG, A.; ZHANG, R. Effect of citric acid combined with UV-C on the quality of fresh-cut apples. **Postharvest Biology and Technology**. v. 111, p. 126-131, 2016.

CHEN, G.; ZHANG, B.; ZHAO, J.; CHEN, H. Development and characterization of food packaging film from cellulose sulfate. **Food hydrocolloids**. 2013.

CHIEN, P. J.; SHEU, F.; YANG, F. H. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. **Journal of Food Engineering**. v. 78, p. 225-229, 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2005, 785 p.

CHIUMARELLI, M.; FERRARI, C. C., SARANTÓPOULOS C. I. G. L.; HUBINGER, M. D. Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v. 12, p. 381- 387, 2011.

- CISSÉ, M.; POLIDORI, J.; MONTET, D.; LOISEAU, G.; DUCAMP-COLLIN, M. N. Preservation of mango quality by using functional chitosan- lactoperoxidase systems coatings. **Postharvest Biology and Technology**. v. 101, p. 10-14, 2015.
- COUSIN, M. A.; JAY, J. M.; VASAVADA, P. C. Psychrotrophic microorganisms. In: DOWNES, F. P., and K. ITO (ed.), **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 4^a ed. American Public Health Association, Washington, D. C., 2001. Cap. 13, p. 159-166.
- DANALACHE, F.; CARVALHO, C. Y.; ALVES, V. D.; MOLDÃO-MARTINS, M.; MATA, P. Optimisation of gellan gum edible coating for ready-to-eat mango (*Mangifera indica* L.) bars. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 84, p. 43-53, 2016.
- DEA, S.; BRECHT, J. K.; NUNES, M. C. N.; BALDWIN, E. A. Occurrence of chilling injury in fresh-cut 'Kent' mangoes. **Postharvest Biology and Technology**. v. 57, 61-71, 2010.
- Dick, M.; Costa, T. M. H.; Gomaa, A.; Subirade, M.; Rios, A. O.; Flôres, S. H. Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 13, p. 198–205, 2015.
- DJIOUA, T.; CHARLES, F.; LOPEZ-LAURI, F., FILGUEIRAS, H.; COUDRET, A.; JÚNIOR, M. F.; DUCAMP-COLLIN, M. N.; SALLANON, H. Improving the storage of minimally processed mangoes (*Mangifera indica* L.) by hot water treatments. **Postharvest Biology and Technology**. v. 52, p. 221–226, 2009.
- DUAN, J.; WU, R.; STRIK, B. C.; ZHAO, Y. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**. v. 59, 71-79, 2011.
- ESPITIA, P. J. P.; DU, W. X.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; SOARES, N. F. F.; MCHUGH, T. H. Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review. **Food Hydrocolloids**. p. 1-10, 2013.
- FALGUERA, V.; QUINTERO, J. P.; JIMÉNEZ, A.; MUÑOZ, J. A.; IBARZ, A. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science & Technology**. v. 22, 292-303, 2011.
- FAMA, L.; GOYANES, S.; GERSCHENSON, L. Influence of storage time at room temperature on the physicochemical properties of cassava starch films. **Carbohydrate Polymers**. v. 70, 265-273, 2007.
- GALUS, S.; LENART, A. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectina. **Journal of Food Engineering**. v. 115, p. 459-465, 2013.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; RUIZ-CRUZ, S.; CRUZ-VALENZUELA, R.; RODRÍGUEZ-FÉLIX, A.; WANG, C. Y. Physiological and quality changes of fresh-cut pineapple treated with antibrowning agentes. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.** v. 37, p. 369-376, 2004.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; WANG, C. Y.; BUTA, J. G. Maintaining Quality of Fresh-Cut Mangoes Using Antibrowning Agents and Modified Atmosphere Packaging. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 48, p. 4204-4208, 2008.
- GOYENECHEA, R., AGUËRO, M. V., ROURA, S., SCALA, K. Application of citric acid and mild heat shock to minimally processed sliced radish: Color evaluation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 93, 2014.

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

GUERREIRO, A. C.; GAGO, C. M. L.; FALEIRO, M. L.; MIGUEL, M. G. C.; ANTUNES, M. D. C. Raspberry fresh fruit quality as affected by pectin- and alginate-based edible coatings enriched with essential oils. **Scientia Horticulturae**. v. 194, p. 138-146, 2015.

HENRIETTE M.C. AZEREDO, H. M. C.; MORRUGARES-CARMONA, R.; WELLNER, N.; CROSS, K.; BAJKA, B.; WALDRON, K. W. Development of pectin films with pomegranate juice and citric acid. **Food Chemistry**. v. 198, p. 101-106, 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1: Métodos Químicos e Físicos para análise de alimentos**, 3. ed., São Paulo: IMESP, p. 288, 1985.

ISO 6579. Microbiology of food and animal feeding stuff- **Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp.**, 4^a ed. 2002. The International Organization for Standardization, amendment 1: 15 / 07 / 2007.

JÚNIOR, L. S.; FONSECA, N.; PEREIRA, M. E. C. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga 'surpresa'. **Rev. Bras. Frutic.** v. 29, n. 1, p. 067-071, 2007.

KIRTIL, E.; OZTOP, M. H.; SIRIJARIYAWAT, A.; NGAMCHUACHIT, P.; BARRETT, D. M.; MCCARTHY, M. J. Effect of pectin methyl esterase (PME) and CaCl₂ infusion on the cell integrity of fresh-cut and frozen-thawed mangoes: an NMR relaxometry study. **Food Research International**. v. 66, p. 409-416, 2014.

KRISHNA, H.; SINGH, S. K. Biotechnological advances in mango (*Mangifera indica* L.) and their future implication in crop improvement — A review. **Biotechnology Advances**. v. 25, p. 223-243, 2007.

LANCETTE, G. A.; BENNETT, R. W. *Staphylococcus aureus* and staphylococcal enterotoxins. In: DOWNES, F. P., na K. ITO (ed.), **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 4^a ed. American Public Health Association, Washington, D. C., 2001. Cap. 39, p. 387-403.

LEEA, J.Y.; PARKA, H.J.; LEE, C.Y.; CHOIA, W.Y., Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. **Lebensmittel – Wissenschaft und- Technologie**. v. 36, 2003.

LIMBO, S.; PIERGIOVANNI, L. Shelf life of minimally processed potatoes Part 1. Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning. **Postharvest Biology and Technology**. v. 39, p. 254-264, 2006.

LIU, X.; REN, J.; ZHU, Y.; HAN, W.; XUAN, H.; GE, L. The preservation effect of ascorbic acid and calcium chloride modified chitosan coating on fresh-cut apples at room temperature. **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects**. v. 502, 102-106, 2016.

MANOLOPOULOU, E.; VARZAKAS, T. Effect of Storage Conditions on the Sensory Quality, Colour and Texture of Fresh-Cut Minimally Processed Cabbage with the Addition of Ascorbic Acid, Citric Acid and Calcium Chloride **Food and Nutrition Sciences**. v. 2, p. 956-963, 2011.

MEDEIROS, B. G. S.; PINHEIRO, A. C.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G.; VICENTE, A. A. Development and characterization of a nanomultilayer coating of pectina and chitosan – Evaluation of its gas barrier properties and application on ‘Tommy Atkins’ mangoes. **Journal of Food Engineering**. v. 110, p. 457-464, 2012.

MILLER G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, v. 31, p. 426, 1959.

NAMBI, V. E.; THANGAVEL, K.; RAJESWARI, K. A.; MANICKAVASAGAN, A.; GEETHA, V. Texture and rheological changes of Indian mango cultivars during ripening. **Postharvest Biology and Technology**. v. 117, p. 152-160, 2016.

OLIVAS, G.I.; MATTINSON, D.S.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Alginate coatings for preservation of minimally processed ‘Gala’ apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 89-96, 2007.

OLIVEIRA, B. G.; COSTA, H. B.; VENTURA, J. A.; KONDRATYUK, T. P.; BARROSO, M. E. S.; CORREIA, R. M.; PIMENTEL, E. F.; PINTO, F. E.; ENDRINGER, D. C.; ROMÃO, W. Chemical profile of mango (*Mangifera indica* L.) using electrospray ionisation mass spectrometry (ESI-MS). **Food Chemistry**. v. 204, p. 37-45, 2016.

OMS-OLIU, G.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; GONZALEZ, L. A.; VARELA, P.; SOLIVA-FORTUNY, R.; HERNANDO, M. I. H.; MUNUERA, I. P.; FISZMANC, S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. **Postharvest Biology and Technology**. v. 57, p. 139-148, 2010.

OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. **Postharvest Biology and Technology**. v. 50, p. 87-94, 2008.

ORNELLAS, L. H. **Técnica dietética – Seleção e preparo de alimentos**. 7.ed. São Paulo: Atheneu, 2007.

PAIVA, E. P.; LIMA, M. S.; PAIXÃO, J. A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Ibero-americana de Polímero**, v.10, p. 196-211, 2009.

PALAFOX-CARLOS, H.; YAHIA, E.; ISLAS-OSUNA, M. A.; GUTIERREZ-MARTINEZ, P.; ROBLES-SÁNCHEZ, M.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Effect of ripeness stage of mango fruit (*Mangifera indica* L., cv. Ataulfo) on physiological parameters and antioxidant activity. **Scientia Horticulturae**. v. 135, p. 7-13, 2012.

PARK, H. J. Development of advanced edible coatings for fruits **Trends in Food Science & Technology**. v. 10, 254-260, 1999.

PIMENTEL, J. D. R.; SOUZA, D. S.; OLIVEIRA, T. V.; OLIVEIRA, M. C.; BASTOS, V. S.; CASTRO, A. A. Estudo da conservação de mamão Havaí utilizando películas comestíveis a diferentes temperaturas. **Scient Plena**, v.7, n. 10, 2011.

PINA, M. G. M; MAIA, G. A.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, R. W.; MONTEIRO, J. C. S. Processamento e conservação de manga por métodos combinados. **Rev. Bras. Frutic**. v. 25, p. 63-66, 2003.

RIBEIRO, S. M. R.; BARBOSA, L. C. A.; QUEIROZ, J. H.; KNÖDLER, M.; SCHIEBER, A. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. **Food Chemistry**. v. 110, p. 620-626, 2008.

ROBLES-SÁNCHEZ, R. M.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; ODRIOZOLA-SERRANO, I.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; MARTÍN-BELLOSO, O. Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut 'Kent' mango (*Mangifera indica* L.). **Postharvest Biology and Technology**. v. 51, p. 384- 390, 2009.

ROBLES-SÁNCHEZ, R. M.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; ODRIOZOLA-SERRANO, I.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.; MARTÍN-BELLOSO, O. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. **LWT - Food Science and Technology**. v. 50, p. 240-246, 2013.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**. v. 20, 438-447, 2009.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; TAPIA, M. S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. **LWT- Food Science and Technology**. v. 41, 139-147, 2008.

ROJAS-GRAÜ, M.A.; TAPIA, M.S.; RODRÍGUEZ, F.J.; CARMONA, A.J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. **Food Hydrocolloids**, v. 21, p. 118-127, 2007.

ROSA, D. S.; FRANCO, B. L.; CALIL, M. R. Biodegradabilidade e propriedades mecânicas de novas misturas poliméricas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. v. 11, p. 82-88, 2001.

SABA, M. K.; SOGVAR, O. B. Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. **LWT - Food Science and Technology**. v. 66, p. 165-171, 2016.

SALINAS-ROCA, B.; SOLIVA-FORTUNY, R.; WELTI-CHANES, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Combined effect of pulsed light, edible coating and malic acid dipping to improve fresh-cut mango safety and quality. **Food Control**. v. 66, p. 190- 197, 2016.

SANTOS, T. B. A.; SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; PEREIRA, J. L. Microrganismos indicadores em frutas e hortaliças minimamente processadas. **Braz. J. Food Technol.** v. 13, p. 141-146, 2010.

SCHIEBERU, A.; ULLRICH, W.; CARLE, R. Characterization of polyphenols in mango puree concentrate by HPLC with diode array and mass spectrometric detection. **Innovative Food Science & emerging Technologies**. v. 1, p. 161-166, 2000.

SIDDIQ, M; SOGI, D. S.; DOLAN, K. D. Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh-cut 'Tommy Atkins' mangoes as affected by different pre-treatments. **LWT - Food Science and Technology**. v. 53, p. 156-162, 2013.

SILVA, M. A.; BIERHALZ, A. C. K.; KIECKBUSCH, T. G. Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca²⁺ ions: Effect of the plasticizer concentration. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, p. 736- 442, 2009.

- SIPAHI, R. E.; CASTELL-PEREZ, M. E.; MOREIRA, R. G.; GOMES, C.; CASTILLO, A. Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*). **LWT - Food Science and Technology**. v. 51, 9-15, 2013.
- SIVAKUMAR, D.; JIANG, Y.; YAHIA, E. M. Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain. **Food Research International**. v. 44, p. 1254-1263, 2011.
- SON, S. M.; MOON, K. D.; LEE, C. Y. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. **Food Chemistry**, v. 73, p.23-30, 2001.
- SOTHORNVIT, R.; RODSAMRAN, P. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. **Postharvest Biology and Technology**. v. 47, p. 407-415, 2008.
- SOUZA FILHO, M. S. M.; NASSU, R. T.; LIMA, J. R.; BORGES, M. F. **Conservação de manga por métodos combinados**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001, p.7. Disponível em: <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigos_1912.pdf>, acesso em: 27 nov. 2014.
- STRAWN, L. K.; DANYLUK, M. D. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. on fresh and frozen cut mangoes and papayas. **International Journal of Food Microbiology**. v. 138, p. 78-84, 2010.
- TAPIA, M. S.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; CARMONAC, A.; RODRÍGUEZ, F. J.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. **Food Hydrocolloids**. v.22, p. 1493-1503, 2008.
- THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Trends in Food Science & Technology**. v. 14, p. 71-78, 2003.
- TOVAR, B.; GARCÍA, H. S.; MATA, M. Physiology of pre-cut mango II. Evolution of organic acids. **Food Research International**. v. 34, p. 705-714, 2001.
- VALERO, D., DÍAZ-MULA, H. M.; ZAPATA, P. J.; GUILLÉN, F., MARTÍNEZ-ROMERO, D.; CASTILLO, S.; SERRANO, M. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**. v. 77, p. 1-6, 2013.
- VAZ, C. S. **Alimentação de Coletividade: uma abordagem gerencial – manual prático do gestor de serviços de refeições coletivas**. Brasília, 2003. 208 p.
- WALKENSTRÖM, P.; KIDMAN, S.; HERMANSSON, A. M.; RASMUSSEN, P. B.; HOEGH, L. Microstructure and rheological behaviour of alginate/pectina mixed gels. **Food Hydrocolloids**. v. 17, p. 593-603, 2003.

ANEXOS

Food Hydrocolloids only publishes original and novel research that is of high scientific quality. Research areas include basic and applied aspects of the characteristics, properties, functionality and use of macromolecules in food systems. Hydrocolloids in this context include polysaccharides, modified polysaccharides and proteins acting alone, or in mixture with other food components, as thickening agents, gelling agents, film formers or surface-active agents. Included within the scope of the journal are studies of real and model food colloids - dispersions, emulsions and foams - and the associated physicochemical stability phenomena - creaming, sedimentation, flocculation and coalescence.

In particular, *Food Hydrocolloids* covers: the full scope of hydrocolloid behaviour, including isolation procedures, chemical and physicochemical characterization, through to end use and analysis in finished food products; structural characterization of established food hydrocolloids and new ones ultimately seeking food approval; gelling mechanisms, syneresis and polymer synergism in the gelation process; rheological investigations where these can be correlated with hydrocolloids functionality, colloid stability or organoleptic properties; theoretical, computational or simulation approaches to the study of colloidal stability, provided that they have a clear relationship to food systems; surface properties of absorbed films, and their relationship to foaming and emulsifying behaviour; phase behaviour of low-molecular-weight surfactants or soluble polymers, and their relationship to food colloid stability; droplet and bubble growth, bubble nucleation, thin-film drainage and rupture processes; fat and water crystallization and the influence of hydrocolloids on these phenomena, with respect to stability and texture; direct applications of hydrocolloids in finished food products in all branches of the food industry, including their interactions with other food components; and toxicological, physiological and metabolic studies of hydrocolloids.

Audience

Food scientists and technologists, R&D managers, concerned with the application of science in the use, development and manufacture of food hydrocolloids.

Impact factor

2015: 3.858 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2016.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name (s) and family name (s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author (s) and year (s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

The abstract should not exceed 250 words.

Graphical abstract

A Graphical abstract is mandatory for this journal. It should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view [example Highlights](#) on our information site.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Chemical compounds

You can enrich your article by providing a list of chemical compounds studied in the article. The list of compounds will be used to extract relevant information from the NCBI PubChem Compound database and display it next to the online version of the article on ScienceDirect. You can include up to 10 names of chemical compounds in the article. For each compound, please provide the [PubChem CID](#) of the most relevant record as in the following example: Glutamic acid (PubChem CID:611). Please position the list of compounds immediately below the 'Keywords' section. It is strongly recommended to follow the exact text formatting as in the example below:

Chemical compounds studied in this article

Ethylene glycol (PubChem CID: 174); Plitidepsin (PubChem CID: 44152164); Benzalkonium chloride (PubChem CID: 15865)

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Formulae

1. Formulae should be typewritten. Leave ample space around the formulae.
2. Subscripts and superscripts should be clear.
3. Greek letters and other non-Latin or handwritten symbols should be explained where they are first used. Take special care to show clearly the difference between zero (0) and the letter O, and between one (1) and the letter I.
4. Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used.
5. For simple fractions use the solidus (/) instead of a horizontal line.
6. Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.
7. The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Also powers of *e* are often more conveniently denoted by exp.
8. Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are **p*<0.05, ***p*<0.01 and ****p*<0.001.
9. In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca²⁺ and CO²⁻₃, not as Ca⁺⁺ or CO⁻₃.
10. Isotope numbers should precede the symbols, e.g. ¹⁸O.
11. The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g. phosphate as P₂O₅).

Conventions

In general, the journal follows the conventions of the *CBE Style Manual* (Council of Biology Editors, Bethesda, MD, 1983, 5th edn). Follow *Chemical Abstracts* and its indexes for chemical names. For guidance in the use of biochemical terminology follow the recommendations issued by the IUPAC-IUB Commission on Biochemical Nomenclature, as given in *Biochemical Nomenclature and Related Documents*, published by the Biochemical Society, UK. (see the website <http://www.iupac.org/publications/compendium/index/html>) .For enzymes use the recommended name assigned by the IUPAC-IUB Commission on Biochemical Nomenclature, 1978, as given in *Enzyme Nomenclature*, published by Academic Press, New York, 1980. Where possible, use the recommended SI (Systeme International) units.

Artwork

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

References

Citation in Text; Proof of 'in press' required

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication

date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication and a copy of the title page of the relevant article must be submitted.

All citations in the text should refer to:

1. **Single author:** the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication (Smith, 2003).
2. **Two authors:** both authors' names and the year of publication (Smith & Jones, 2004).
3. **Three, four or five authors:** all authors names and year of publication (Smith, Jones, & Brown, 2005). For all subsequent citations of this work use et al. (Smith et al., 2005).
4. **Six or more authors:** first author's name followed by et al. and the year of publication (Black et al., 2007).

Citations may be made directly or parenthetically. Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically. Examples: "as demonstrated (Allan, 1996a, b, 1999; Allan & Jones, 1995; Allen et al., 1994). Kramer et al. (2000) have recently shown..."

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley and Zotero, as well as EndNote. Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:<http://open.mendeley.com/use-citation-style/food-hydrocolloids> When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference style

Text: Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Sixth Edition, ISBN 978-1-4338-0561-5, copies of which may be ordered online or APA Order Dept., P.O.B. 2710, Hyattsville, MD 20784, USA or APA, 3 Henrietta Street, London, WC3E 8LU, UK.

List: references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author (s) in the same

year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication: Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59.

Reference to a book: Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style*. (4th ed.). New York: Longman, (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book: Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281–304). New York: E-Publishing Inc.

Reference to a website: Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK. (2003). <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> Accessed 3.03.03.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.