

LAIANE TORRES SILVA

**REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS À BASE DE PURÊ DE MANGA
E ALGINATO DE SÓDIO PARA RETENÇÃO DE COMPOSTOS
VOLÁTEIS EM MANGAS MINIMAMENTE PROCESSADAS.**

**MOSSORÓ-RN
2011**

LAIANE TORRES SILVA

**REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS À BASE DE PURÊ DE MANGA
E ALGINATO DE SÓDIO PARA RETENÇÃO DE COMPOSTOS
VOLÁTEIS EM MANGAS MINIMAMENTE PROCESSADAS.**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal Rural do Semiárido como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Agronomia: Fitotecnia, Linha
de Pesquisa: Tecnologia Pós-Colheita.

ORIENTADOR:
Prof. Dr. EBENÉZER DE OLIVEIRA SILVA

MOSSORÓ-RN
2011

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e catalogação da
Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFRSA.**

S586r Silva, Laiane Torres.

Revestimentos comestíveis à base de purê de manga e alginato de sódio para retenção de compostos voláteis em mangas minimamente processadas. / Laiane Torres Silva. -- Mossoró, 2011.

83 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Área de concentração: Agricultura Tropical. - Universidade Federal Rural do Semiárido.

Orientador: Prof. Ebenézer de Oliveira Silva.

1. *Mangifera indica*. 2. Processamento mínimo. 3. Alginato de sódio. 4. Compostos voláteis. I.Título.

Bibliotecária: Vanessa de Oliveira Pessoa
CRB15/453

LAIANE TORRES SILVA

REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS À BASE DE PURÊ DE MANGA E ALGINATO DE SÓDIO PARA RETENÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS EM MANGAS MINIMAMENTE PROCESSADAS.

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia, Linha de Pesquisa: Tecnologia Pós-Colheita.

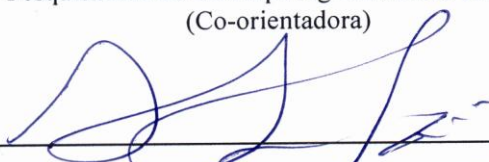
APROVADA EM: 25/02/2011



D. Sc. Ebenézer de Oliveira Silva
Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical/ Professor da UFERSA
(Orientador)



D. Sc. Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo
Pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical
(Co-orientadora)



D. Sc. Men de Sá Moreira de Souza Filho
Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical
(Conselheiro)



D. Sc. Kirley Marques Canuto
Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical
(Conselheiro)

DEDICO

Ao nosso maravilhoso DEUS, o qual nos momentos de dificuldade veio ao meu encontro e me disse:

"Tu, a quem tomei desde os confins da terra, e chamei dos seus cantos mais remotos, e a quem disse: Tu és o meu servo, eu te escolhi e não te rejeitei, não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou o teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a minha destra fiel. Porque eu, o Senhor, teu Deus, te tomo pela tua mão direita e te digo: Não temas, que eu te ajudo." (Isaías 41.9-10,13)

Ao meu avô materno José Torquato Torres (*in memoriam*) que sempre me incentivou a estudar, e tinha o maior orgulho por eu ter aprendido a ler com quatro anos. Vôzinho, sempre me lembro do seu carinho, das minhas melhores férias em Afrânio-PE e sei que lá do alto estais sempre torcendo por minha vitória.

Ao meu avô paterno José Agostino Silva pelo amor e carinho. Não posso esquecer o que me disse: "Estude e seja uma mulher de bem".

Ao meu paizinho José Milton Silva, homem do campo, que sempre se orgulhou dos estudos de suas quatro filhas.

A pessoa mais importante de minha vida, minha mãezinha Ildete Coelho Torres Silva, que é e sempre foi minha fortaleza e socorro presente na hora da angústia.

AMO VOCÊS COM TODA MINHA FORÇA!

AGRADECIMENTOS

A Deus por sua infinita bondade e misericórdia, pois muitos foram os obstáculos e dificuldades que enfrentei desde a seleção do mestrado até a defesa da dissertação, mas posso dizer com convicção como disse o profeta Samuel: “Até aqui me ajudou o Senhor Jesus”.

Ao departamento de Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), pela oportunidade de obter o título de mestre. Especialmente ao professor Francisco Cláudio e Socorro Amorim.

A CAPES pela concessão da bolsa.

A Embrapa Agroindústria Tropical por disponibilizar suas instalações para execução dos trabalhos, em particular aos analistas Hilton Magalhães e Márcia Régia.

Ao professor Dr. Ebenézer de Oliveira Silva pela orientação e confiança.

A pesquisadora Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo pela co-orientação, ensinamentos e por toda atenção.

Ao pesquisador Kirley Marques Canuto, por sua valiosa contribuição nas análises dos compostos voláteis e por ter sido sempre muito prestativo e amigo.

Ao pesquisador Fernando Aragão pelo apoio e incentivo nas análises estatísticas.

Ao pesquisador Men de Sá pelas sugestões pertinentes.

Aos professores da Pós-graduação em Fitotecnia, pelos ensinamentos, apoio, carinho e amizade, em especial aos professores Jeferson Dromboski, Manoel Abílio, Vander Mendonça e Edna Aroucha.

Ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) pela oportunidade de realizar parte das disciplinas do curso de mestrado na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

A professora Maria Zuleide de Negreiros, pela oportunidade e apoio na minha ida para a UFV.

Ao departamento de Fitotecnia da UFV, em especial aos professores Luís Carlos Salomão e Dalmo Lopes pela imensa contribuição nos ensinamentos em Fruticultura Tropical.

Ao querido professor Fernando Luiz Finger, por todo apoio durante minha permanência em Viçosa-MG e pelo exemplo de vida de dedicação ao ensino e à pesquisa. Você me mostrou o maravilhoso mundo da Pós-colheita com “outros olhos”, e sem dúvida é minha maior fonte de inspiração nessa área.

A Nazareth Lopes, por ter me recebido em sua casa com muito amor durante o período que residi em Viçosa-MG.

A Segunda Igreja Batista de Mossoró-RN e Primeira Igreja Batista de Viçosa-MG, por serem o melhor lugar para meu encontro com Deus e por me acolherem tão bem. Aos meus amigos Isaías Neto e Isaías Porfírio, meus irmãos em Cristo.

A todos os professores da graduação do IF Sertão Pernambucano, em especial Cícero Antônio, Flávia Cartaxo e Ana Elisa, por acreditarem em mim e sempre me apoiarem.

As minhas eternas orientadoras, Kátia Siqueira e Rita Mércia Borges por todo apoio e incentivo desde a graduação.

Aos meus pais, José Milton e Ildete Torres pelo dom da vida e por serem essas pessoas tão especiais e insubstituíveis.

A toda minha família, em especial a família TORRES. Minhas tias Ivanite e Ivonete, minhas primas Indinara, Cícera e Geiciane, por sempre estarem orando e torcendo por minha vitória.

A Brunno Oliveira Pinto, pela presença marcante em minha vida desde o início do curso. Obrigada pelo apoio, carinho e orações. Mesmo à distância você sempre esteve presente em meu coração e pensamentos, e isso será inesquecível.

As minhas amigas, Lediane Bagagi, Cibele Pontes, Morgana Frota, Dinara Aires, Laíse Costa, Andréia Amariz, Thalita Ribeiro, Ana Paula Guimarães, Auxiliadora Freitas, Fabrícia Nascimento, Maria do Socorro Freitas, Valéria Borges e Mary Guedes, pela força, amizade e carinho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho. O meu sincero gesto de carinho e gratidão.

RESUMO

SILVA, Laiane Torres. **Revestimentos comestíveis à base de purê de manga e alginato de sódio para retenção de compostos voláteis em mangas minimamente processadas.** 2011. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN, 2011.

As respostas aos danos mecânicos provocados pelo processamento mínimo podem acelerar a perda de qualidade e modificar os atributos sensoriais. Além da refrigeração, que é considerada a principal técnica disponível para retardar os efeitos indesejáveis do processamento mínimo, o uso de barreiras ao O₂/CO₂ e vapor d'água pode contribuir no controle dos processos de senescência, na manutenção da qualidade e no prolongamento da vida útil o suficiente para a distribuição, comercialização e consumo. O objetivo desse trabalho foi elaborar um revestimento comestível à base de purê de manga e alginato de sódio com mínima permeabilidade ao vapor d'água e com potencial para formar uma fina camada de gel capaz de controlar as trocas gasosas e a perda de água pelo produto, visando manter a qualidade e principalmente reter os compostos voláteis em manga 'Tommy Atkins' minimamente processada (MMP) por maior período de tempo. Foram elaborados onze filmes, de acordo com um delineamento composto central, com duas variáveis, a saber, concentração de alginato nos filmes e tempo de imersão em cloreto de cálcio. Mangas 'Tommy Atkins', compradas no mercado, foram lavadas, sanitizadas, descascadas e cortadas em fatias. A MMP foi imersa na solução filmogênica, por 30 segundos, e em seguida, em cloreto de cálcio (1%), por 15 segundos, sendo posteriormente disposta, por 60 minutos, em peneira de inox para drenagem. Após esse processamento, 200g de MMP foram acondicionadas em bandejas PET com tampa e armazenadas sob refrigeração (10±2°C), por seis dias. A cada três dias foram retiradas amostras para a quantificação da perda de massa, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação SS/AT, vitamina C, açúcares totais, atividade da polifenoloxidase e compostos voláteis. O experimento foi instalado usando DIC em esquema fatorial 3 x 3, com três tratamentos (controle mais dois filmes) em três tempos de armazenamento (1, 3, e 6 dias). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias da análise dos compostos voláteis foram comparadas entre si pelo método de Scott-Knott à 5% de probabilidade, e as médias das demais análises foram comparadas entre si pelo teste de Tukey à 5%. Os filmes confeccionados apresentaram diferentes taxas de permeabilidade ao vapor d'água (PVA) em função das variáveis analisadas. A menor PVA dentro das condições utilizadas foi de 0,31 mm kPa⁻¹ m⁻², com 1% de alginato e 15 segundos de imersão em

CaCl₂, portanto, foi adotada como referência para a elaboração de revestimentos comestíveis. Análises em cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas revelaram δ -3-careno como constituinte majoritário no aroma da manga, e o mesmo foi utilizado nesse trabalho como indicativo para avaliar a retenção dos compostos voláteis dos revestimentos comestíveis. As mangas revestidas com purê de manga + alginato de sódio (1%) exibiram os maiores teores desse composto (64,47 %). O revestimento comestível (purê de manga + alginato de sódio) se mostrou eficiente em manter a qualidade e em reter o δ -3-careno, em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas, armazenadas à 10°C, por seis dias.

Palavras-chave: *Mangifera indica*, processamento mínimo, alginato de sódio, compostos voláteis.

ABSTRACT

SILVA, Laiane Torres. **Edible coatings of mango pulp and sodium alginate for retention of volatile compounds of minimally processed mangoes.** 2011. 83f. Dissertation (Master in Agronomy: Crop science) – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN, 2011.

The responses to mechanical damage caused by minimal processing can accelerate the loss of quality and modify the sensory attributes. Besides cooling, which is considered the main technique available to retard the undesirable effects of minimal processing, the use of barriers to O₂/CO₂ and water vapor can contribute in controlling senescence, maintaining the quality and extending the shelf-life. The objective of this study was to develop an edible coating based on mango puree and sodium alginate with minimal permeability to water vapor and the potential to form a thin gel layer around 'Tommy Atkins' minimally processed mango slices (MPM), capable of controlling gas exchange and water loss by the product, in order to maintain its quality and retain volatile compounds for a longer time. Eleven films were prepared, according to a central composite design with two variables, namely alginate concentration in the coatings and immersion time in calcium chloride. In a second part of the experiment, 'Tommy Atkins' mangoes, bought in the market, were washed, sanitized, peeled and cut into slices. MPM were immersed in the film forming solution for 30 seconds, and then in calcium chloride (1%) for 15 seconds, subsequently being disposed for 60 minutes on stainless steel sieve to drain. After this processing, 200g MPM were packed in polyethylene terephthalate trays with lids and stored under refrigeration (10 ± 2°C) for six days. Every three days samples were collected to quantify the mass loss, pH, titratable acidity (TA), soluble solids (SS), SS/TA ratio, vitamin C, total sugars, polyphenoloxidase activity and volatile compounds. The experiment was conducted using CRD in 3 x 3 factorial design, with three treatments (control plus two coatings) in three storage times (1, 3, and 6 days). Data was subjected to analysis of variance; means of analysis of volatile compounds were compared by the method of Scott-Knott at 5% probability, and the average remaining analyses were compared by Tukey test at 5%. The edible films resulted in different water vapor permeabilities (WVP) as a function of the variables analyzed. The lowest WVP under the conditions used was 0.31 kPa mm⁻¹ m⁻², for 1% alginate and 15 seconds of immersion in CaCl₂, and was therefore adopted as reference for the preparation of edible coatings. Analyses in gas chromatography-mass spectrometry revealed δ-3-carene as major constituent in mango aroma, and the same was

used in this study as an indicator to assess the retention of volatile compounds of edible coatings. The mangoes coated with mango puree + sodium alginate (1%) exhibited the highest levels of this compound (64.47%). The edible coating (mango puree + sodium alginate) was efficient in maintaining the quality and retaining the δ -3-carene in mangos 'Tommy Atkins', stored at 10°C for six days.

Keywords: *Mangifera indica*, minimal processing, sodium alginate, volatile compounds.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Tratamentos com diferentes concentrações de alginato de sódio (%) e tempo de imersão no CaCl_2 (s).....	14
Tabela 2-	Permeabilidade ao vapor d'água de tratamentos com diferentes concentrações de alginato de sódio (%) e tempo de imersão no CaCl_2 (s).....	26
Tabela 3 -	Avaliações físicas e rendimento da manga 'Tommy Atkins'	29
Tabela 4 -	Médias das características químicas da manga 'Tommy Atkins'	30
Tabela 5 -	Médias das características químicas do revestimento comestível à base de purê de manga e alginato de sódio (1%).....	31
Tabela 6 -	Composição química volátil do revestimento comestível à base de purê de manga e alginato de sódio (1%).....	32
Tabela 7 -	Características físicas, químicas e bioquímicas de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas, tratadas com diferentes tipos de revestimentos comestíveis e tempos de armazenamento.....	35
Tabela 8 -	Composição química volátil de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas, tratadas com diferentes revestimentos comestíveis e tempos de armazenamento.....	42
Tabela 9 -	Constituintes majoritários presentes em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas e tratadas com diferentes revestimentos comestíveis e tempos de armazenamento.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma das operações de processamento mínimo de manga.....	17
Figura 2 - Resultados da permeabilidade ao vapor de água em função da concentração de alginato (%) e do tempo de imersão no CaCl ₂ (s). Valores de permeabilidade em g.mm/kPa.h.m ²	28
Figura 3 - Estruturas químicas dos constituintes majoritários presentes em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas, δ -3-careno (1), α -pineno (2), β -pineno (3), limoneno (4), α -terpinoleno (5), <i>trans</i> - β -cariofileno (6), acetato de isobutila (7).....	46
Figura 4 - Cromatogramas dos compostos voláteis de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas armazenadas por um dia, e tratada com alginato de sódio (1%) (A), purê de manga + alginato de sódio (1%) (B) e controle (C).....	48
Figura 5 - Cromatogramas dos compostos voláteis de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas armazenadas por três dias, e tratadas com alginato de sódio (1%) (A), purê de manga + alginato de sódio (1%) (B) e controle (C).....	50
Figura 6 - Cromatogramas dos compostos voláteis de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas armazenadas por seis dias, e tratadas com alginato de sódio (1%) (A), purê de manga + alginato de sódio (1%) (B) e controle (C).....	52

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Desenvolvimento dos filmes comestíveis	14
3.2 Processamento mínimo	16
3.2.1 Rendimento e qualidade da matéria-prima	19
3.2.2 Caracterização do revestimento comestível	20
3.2.3 Avaliação das características físicas, químicas e bioquímicas	20
3.2.3.1 Perda de massa	20
3.2.3.2 pH	21
3.2.3.3 Sólidos solúveis (SS)	21
3.2.3.4 Acidez titulável (AT)	21
3.2.3.5 Relação SS/AT	21
3.2.3.6 Vitamina C	21
3.2.3.7 Açúcares totais	22
3.2.3.8 Atividade da Polifenoloxidase (PPO)	22
3.2.4 Análises cromatográficas	23
3.2.4.1 Preparo da amostra	23
3.2.4.2 Microextração em fase sólida (SPME)	23
3.2.4.3 Extração dos compostos voláteis	24
3.2.4.4 Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM).....	24
3.2.4.5 Identificação dos compostos voláteis.....	25
3.2.5 Análise estatística	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Desenvolvimento dos filmes comestíveis	26
4.2 Rendimento e qualidade da matéria-prima	28
4.3. Caracterização do revestimento comestível	31
4.4 Avaliação das características físicas, químicas e bioquímicas	32
4.4.1 Perda de massa	32
4.4.2 pH.....	33
4.4.3 Sólidos solúveis (SS)	34
4.4.4 Acidez titulável (AT)	36
4.4.5 Relação SS/AT	36
4.4.6 Vitamina C	37
4.4.7 Açúcares totais	37
4.4.8 Atividade da Polifenoloxidase (PPO)	38

4.4.9 Análises cromatográficas	39
5 CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as mudanças de gênero na população economicamente ativa brasileira, com a valorização do trabalho feminino e a conseqüente redução do tempo para a elaboração de refeições no ambiente doméstico, aliadas à busca por alimentação mais saudável, com frutas e hortaliças frescas, têm apontado para o consumo de frutas minimamente processadas. Dentre elas, a manga se destaca pelo seu valor nutricional, sendo rica nas vitaminas A e C, e pelos inúmeros compostos voláteis responsáveis pelo seu aroma característico (THOMAZINI; FRANCO, 2000) que, no caso dessa fruta, é uma das sensações mais apreciadas (IBÁÑEZ et al., 1998).

No entanto, as etapas de descascamento e corte, durante o processamento mínimo, danificam o produto, reduzindo a sua vida útil em relação à manga não processada (CANTWELL, 1992). Esses danos induzem comportamento fisiológico típico de tecidos vegetais submetidos a condições de estresse (BRECHT, 1995), com ênfase para o aumento da produção de etileno, da atividade respiratória e da perda de água, os quais estão inversamente relacionados com a vida útil do produto minimamente processado (WATADA et al., 1990), pois podem acelerar a perda de qualidade e modificar os atributos sensoriais (WILEY, 1994), incluindo a perda do aroma característico (DONADON et al., 2003). Muitos fatores podem afetar a intensidade destas respostas, tais como a espécie e a variedade utilizada, o estágio de maturidade fisiológica, a extensão dos danos mecânicos e o déficit de pressão de vapor d'água. Mas em minimamente processados, o abaixamento da temperatura e o manejo na atmosfera de acondicionamento, das pressões parciais de oxigênio (O₂) e de dióxido de carbono (CO₂) são os principais fatores que contribuem para o

controle dos processos de senescência e para a extensão da vida útil (BRECHT, 1995).

Esses procedimentos, no entanto, não têm sido eficientes na manutenção dos compostos voláteis em manga minimamente processada (DONADON et al., 2003), sendo essa perda de aroma um dos maiores problemas à comercialização desse produto, pois mesmo que apresente excelentes qualidades visuais pode apresentar combinação de gosto e aroma, que resultam no sabor (FRANCO; JANZANTTI, 2003), diferente da manga in natura (BEAULIEU; GORNY, 2004).

Nesse contexto, o entrave tecnológico reside na identificação de uma matéria-prima, para ser utilizada como matriz na confecção de um revestimento, com potencial para controlar essas perdas de compostos voláteis. No processamento mínimo, o rendimento da manga é muito baixo, pois se utiliza no produto final apenas trinta por cento (30%) da fruta, o que remete para a grande perda de polpa. A alternativa mais apropriada seria então o desenvolvimento de um revestimento comestível – à base de purê de manga – associado a outros compostos responsáveis por conferir as propriedades funcionais necessárias a um revestimento para frutas minimamente processadas (RHIM, 2004; OLIVEIRA, 2004).

Com base no exposto acima, esse trabalho parte da hipótese que é possível desenvolver um revestimento comestível à base de purê de manga, associado ao alginato de sódio e ao cloreto de cálcio, com baixa permeabilidade ao vapor d'água e capaz de conservar, por maior período de tempo, a qualidade e, principalmente, reter os principais compostos voláteis em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A manga (*Mangifera indica* L.), oriunda do sudeste asiático e introduzida no Brasil pelos portugueses no século XVI, é o segundo fruto tropical mais cultivado no mundo (HOJO, 2005; PINTO, 2008). O Brasil, atualmente um dos principais produtores e exportadores mundiais (FAO, 2011), tem o seu cultivo concentrado nas regiões Nordeste e Sudeste, que juntas responderam, em 2009, por 98% de toda a produção nacional (IBGE, 2011). Em 2009, a produção nacional foi de aproximadamente 1.200.000 toneladas, colhidas numa área cultivada de 75.416 hectares, com rendimento médio de 16 Mg por hectare (IBGE, 2011).

A manga ‘Tommy Atkins’, originária da Flórida, nos Estados Unidos da América, é a cultivar que representa 90% das exportações brasileiras dessa fruta, em razão da sua alta produtividade, resistência à antracnose e boa vida útil pós-colheita (TODA FRUTA, 2003; SILVA; CORREIA, 2004). Os seus frutos são ovais e apresentam em média 12 centímetros (cm) de comprimento, 10 cm de largura e 500 gramas (g) de peso. A casca é espessa, bastante cerosa e muito aderente à polpa. Na colheita, no estágio de maturação “de vez”, os frutos apresentam coloração arroxeada-púrpura, e depois, quando maduros, vermelha-amarelada brilhante. A polpa, de coloração amarela-escura, tem textura firme e consistente, o que torna essa cultivar apropriada para o processamento (DONADON et al.; 2007, SOUZA et al., 2006; SOUZA NETO et al., 2006; BERNIZ, 1984).

Devido às suas excelentes qualidades de sabor e aroma, a manga ‘Tommy Atkins’ pode ser consumida de várias formas: *in natura*, sucos, geléias, doces, molho agridoce ou minimamente processada (SUGAI, 2002; SCHIEBER, 2003).

Tomando como base a definição de produtos minimamente processados da International Fresh Produce Association (IFPA, 2010), que leva em consideração apenas as frutas e hortaliças, Silva et al. (2011) expandiram a definição para os produtos hortícolas (hortaliças, frutas, raízes e tubérculos). Assim, produtos minimamente processados podem ser definidos como sendo hortaliças, frutas, raízes ou tubérculos, ou combinação destes, que tenham sido modificados apenas por processos físicos e, posteriormente, comercializados de forma conveniente e ainda frescos. Em resumo, minimamente processados são produtos hortícolas frescos prontos para o consumo ou preparo (JACOMINO et al., 2004, SILVA et al., 2011).

Conforme mencionado anteriormente, as etapas do processamento mínimo, principalmente o descascamento e o corte, provocam diversos danos ao produto, com destaque para o rompimento das membranas celulares (SHEWFELT, 1987). Essa perda de integridade celular na superfície cortada leva à descompartimentalização de enzimas e substratos (ROLLE; CHISM, 1987), favorecendo as reações de escurecimento e de formação dos metabólitos secundários, que afetam o sabor, o aroma (BEAULIEU; BALDWIN, 2002) e reduzem a sua vida útil (WATADA, QI, 1999; BURNS, 1995). Mas é possível, mesmo diante desses problemas, produzir e comercializar produtos minimamente processados de alta qualidade nutricional e sensorial.

A manutenção de uma cadeia de frio, desde o processamento até a comercialização é, sem dúvida, a principal técnica disponível para retardar os efeitos indesejáveis do processamento mínimo (WATADA; QI, 1999). O abaixamento da temperatura reduz os processos enzimáticos, como a atividade respiratória e a produção de etileno (WILLS et al., 1998) e, conseqüentemente, retarda os processos de senescência. No produto

acionado em embalagens plásticas, o abaixamento na pressão parcial de O₂, pela atividade respiratória do produto embalado, também reduz o metabolismo respiratório (WILLS et al., 1998) e a produção do etileno (ABELES et al., 1992). Por outro lado, o CO₂ acumulado nas embalagens, por razão da atividade respiratória, atua como inibidor da própria respiração (WILLS et al., 1998) e da ação do etileno (ABELES et al., 1992). Assim, se tem simultaneamente o efeito da redução da atividade respiratória e da produção de etileno aliada à menor ação desse hormônio, fazendo com que os produtos tenham o seu período de comercialização ampliado consideravelmente. Nesse caso, a atmosfera desejável, denominada de atmosfera modificada passiva, pode ser associada facilmente ao produto refrigerado, se tomando os cuidados para que o aumento na pressão parcial de CO₂ não atinja patamares indesejáveis e que nem a redução da pressão de O₂ facilite a respiração anaeróbica.

Mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas à 5°C conservaram a sua boa aparência e o seu aroma característico por cinco dias (RATTANAPANONE, WATADA, 2000). A elevação da temperatura para 10°C, porém, reduziu consideravelmente o período de retenção do aroma (ALLONG et al., 2000; DEA et al., 2010), sendo essa perda relacionada com a oxidação dos compostos voláteis ou com a migração através da embalagem (AZEREDO, 2003). Por outro lado, mangas ‘Parwin’, também minimamente processadas e armazenadas a 3°C, conservaram o aroma de fruta fresca por 11 dias (DONADON et al.; 2003). Em termos de logística, no entanto, a manutenção de uma cadeia de frio à 3°C ou à 5°C é bem mais complexa e, portanto, mais onerosa do que uma cadeia à 10°C. Além disso, nos supermercados, é mais factível encontrar uma cadeia de frio próxima de 10°C, do que abaixo de 5°C.

Nesse contexto, o desenvolvimento de um revestimento, aplicável diretamente as fatias de manga e capaz de reter os seus compostos voláteis característicos, mesmo sob uma cadeia de frio à 10°C, resultaria em uma alternativa tecnológica interessante. No entanto, esse revestimento não pode modificar a base conceitual da manga minimamente processada de ser um produto “pronto para consumo”. Essa premissa direciona as possíveis alternativas tecnológicas para os materiais desenvolvidos para acondicionar alimentos, mas com propriedades que permitam a sua ingestão junto com o produto revestido (PAVLATH, ORTS, 2009; OLIVAS, BARBOSA-CÁNOVAS, 2005). Esses materiais, quando formados separadamente do alimento e depois aplicados sobre o mesmo, são denominados de filmes; já as coberturas são formadas sobre a superfície do próprio alimento como, por exemplo, por aspensão ou imersão, sendo denominados, neste caso, também de revestimentos comestíveis (KESTER, FENNEMA, 1986).

Historicamente, o uso de revestimentos comestíveis para prolongar a vida útil dos alimentos é um procedimento antigo. Na China, no século XII e XIII, já eram utilizadas ceras como revestimento em laranjas e limões para retardar a perda d'água (DONHOWE; FENNEMA, 1994). Mas o primeiro revestimento comestível comercial foi uma micro-emulsão à base de água e cera, usada desde 1930, para aumentar o brilho e a cor das frutas. Esses revestimentos podem, também, atuar como transportadores de fungicidas capazes de inibir o crescimento de bactérias aeróbias, fungos e bolores (GONZALEZ-AGUILAR et al., 2008), além de estender a vida útil e conservar a qualidade de frutas minimamente processadas (ROJAS-GRAÜ et al., 2007).

O propósito do revestimento comestível para as frutas minimamente processadas é basicamente imitar a barreira cuticular natural removida pelas

etapas do processamento (FREIRE JÚNIOR, 2008; BALDWIN et al., 1999; BALDWIN et al., 1995a), reduzindo as trocas gasosas (KROCHTA, MULDER-JOHNSTON, 1997; WHISTLER et al.; 1984) e, conseqüentemente, favorecendo a formação de uma atmosfera modificada passiva (OLIVAS; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005) com potencial para conservar a sua qualidade e prolongar a sua vida útil (ARVANITOYANNIS, 1999; THARANATHAN, 2003).

Os materiais mais utilizados na composição de recobrimentos comestíveis são os lipídeos (óleo ou cera de parafina, cera de abelhas, cera de carnaúba, óleo vegetal e óleo mineral), proteínas (caseína, gelatina, colágeno e albumina de ovo) e polissacarídeos (alginatos, amido, celulose, gomas, pectina, quitosana) (FREIRE JÚNIOR, 2008; PLOTTO et al., 2004; CUQ et al., 1995). Mas segundo Azeredo et al. (2003), Fontes (2005) e Wang et al. (2007), os alginatos têm se destacado entre os polissacarídeos, devido a sua capacidade de formar excelentes barreiras ao oxigênio, retardando a oxidação lipídica dos alimentos e, conseqüentemente, conservando a textura e o sabor (WHISTLER et al.; 1984). Alginatos são polímeros de cadeia linear composta por resíduos de monômeros dos ácidos β -D-manurônico (M) e α -L-gulurônico (G) associados por ligações 1,4-glicosídicas (KING, 1983). Extraídos de algas marinhas marrons, tais como *Laminara digitata* e *Macrocystis pyrifera*, esses polímeros agem como componente estrutural da parede celular, promovendo resistência e flexibilidade (KING, 1983).

A utilização desses distintos compostos (lipídeos, polissacarídeos ou proteínas), bem como as suas concentrações, produz revestimentos comestíveis com diferentes taxas de permeabilidades às trocas gasosas e ao vapor d'água (BALDWIN et al., 1995b). Os revestimentos à base de lipídeos possuem excelentes propriedades de barreira ao vapor d'água; mas

são opacas, com pouca flexibilidade e apresentam sabor residual, que pode influenciar as características sensoriais do produto (GALLO et al., 2000). Por outro lado, os revestimentos à base de polissacarídeos ou proteínas possuem excelentes propriedades mecânicas e ópticas; porém, são sensíveis à umidade e altamente permeáveis ao vapor d'água (GALLO et al., 2000). O ácido algínico, porém, possui solubilidade limitada, o que pode ser melhorado pela incorporação de sais, como de magnésio, potássio ou sódio, visando à formação dos alginatos. O alginato de sódio é a forma mais hidrofílica e, por isso, a mais utilizada comercialmente. Os filmes de alginato de sódio, em razão dessa transformação, são solúveis em água, ácidos e soluções alcalinas (OLIVEIRA, 2004; ONSOYEN, 1997; WANG et al., 2007).

A diminuição da taxa de permeabilidade ao vapor d'água (PVA) de revestimentos como, por exemplo, à base de alginato, pode ser obtida adicionando-se cálcio à solução filmogênica (RHIM, 2004; ALLEN et al., 1963). O íon sódio do alginato sofre permutação pelo cálcio bivalente (Ca^{+2}), que têm por função manter as cadeias destes polissacarídeos juntas, por meio de interações iônicas após a formação de pontes de hidrogênio (ligações cruzadas), produzindo um gel (BALDWIN et al., 1995a) com estrutura de rede tridimensional (KING, 1983). Esta permutação permite a formação de uma estrutura com maior coesão e elasticidade, promovendo a fixação da película na superfície do alimento (GLICKSMAN, 1982). A propriedade de geleificação do alginato, na presença de cátions polivalentes, é útil na formação dessa película, sendo o sal de cálcio o agente geleificante mais efetivo. Pavlath et al. (1999), em estudo com filmes à base de polissacarídeo, constataram diminuição da PVA quando os filmes foram imersos, por cinco minutos, em solução contendo $5\text{g } 100\text{ mL}^{-1}$ de cloreto de cálcio (CaCl_2). Por fim, as propriedades do alginato como, por exemplo,

agente de gelatinização, o torna semelhante à pectina, sendo bastante utilizado como estabilizante em sorvetes, queijos e molhos; como espessante, em sucos naturais (BOBBIO; BOBBIO, 2001) ou como revestimento, na conservação pós-colheita de frutas *in natura* (LIU, 2009; MIGUEL et al., 2009, MENEGHEL et al.; 2008).

Em uva ‘Itália’, por exemplo, os cachos revestidos com alginato a 1% apresentaram melhor conservação pós-colheita, pois o tratamento foi eficiente em proporcionar aos cachos tratados menor perda de massa e em manter a firmeza e os teores de sólidos solúveis quando comparados aos cachos não tratados. Efeitos benéficos semelhantes foram observados em amora preta (MENEGHEL et al.; 2008) e em manga (LIU; 2009) revestidas em pós-colheita com películas à base de alginato de sódio. Esses autores constataram que essas frutas revestidas apresentaram maior vida útil, sendo, segundo eles, uma alternativa para a produção de frutas minimamente processadas.

Em trabalho com maçã ‘Royal Gala’ minimamente processada, o uso de revestimento comestível à base de alginato de sódio foi mais eficiente na manutenção das características físicas e químicas da fruta (FONTES, 2005). Groppo (2007) revestiu laranjas ‘Pêra’ minimamente processadas com uma solução filmogênica formada a partir de alginato de sódio (1%) mais cloreto de cálcio (1%) e observou que a película formada se destacou na manutenção da qualidade sensorial (aparência) e na extensão da vida útil. Miguel (2008), avaliando o efeito da utilização de película comestível à base de alginato de sódio, ácido ascórbico e cloreto de cálcio na conservação de melão ‘Amarelo’ minimamente processado, verificou que em todos os tratamentos houve redução da atividade respiratória e da produção de etileno. O uso dessa película resultou em produtos com menores teores de acidez, sólidos solúveis e grau de solubilização da pectina, além de melhor sabor.

O melão amarelo, todavia, pertence ao grupo *inodorus* e, portanto, ele não é uma fruta aromática como, por exemplo, a manga, que tem em seu aroma um forte apelo sensorial. Assim, se acredita que as películas de alginato de sódio, associadas ao cloreto de cálcio, em manga minimamente processada, surtiriam efeitos contrários, ou seja, os aromas ficariam retidos no interior do revestimento, não ficando perceptíveis ao olfato das pessoas antes do consumo.

No caso específico da manga minimamente processada, altamente aromática e rica em pectina, a alternativa seria desenvolver uma solução filmogênica a partir da polpa da própria fruta não utilizada no produto final (SOTHORNVIT, RODSAMRAN, 2008). Os revestimentos comestíveis formados a partir de purês de frutas (MCHUGH et al., 1996; MCHUGH & SENESI, 2000; ROJAS-GRAÜ et al., 2007) associam as propriedades mecânicas e de barreira, atribuídas aos polissacarídeos (no caso da manga, a pectina), às propriedades sensoriais da fruta. McHugh et al. (1996) desenvolveram os primeiros filmes comestíveis feitos a partir de purês de damasco, pêra, pêssego e maçã.

Maçãs ‘Golden’ minimamente processadas e recobertas com revestimentos comestíveis, a base de purê da própria fruta, apresentaram menor escurecimento, menor perda de umidade e mantiveram o sabor, o aroma e a textura característicos por maior tempo (McHUGH; SENESI, 2000). No entanto, esses autores constataram que os filmes comestíveis à base de purê de maçã foram excelentes barreiras ao oxigênio, mas não ao vapor d’água. A sensibilidade à umidade pode ser explicada pelo fato das películas elaboradas a partir de polissacarídeos serem hidrofílicas com alta polaridade e, conseqüentemente, com alto coeficiente de permeabilidade ao vapor d’água. A adição de um hidrocolóide, como por exemplo, o alginato, pode melhorar as

propriedades de barreira nos filmes à base de purê de frutas (MANCINI; McHUGH, 2000).

Conforme mencionado na introdução, a hipótese desse trabalho parte da premissa que é possível desenvolver um revestimento comestível, à base de purê de manga, associado ao alginato de sódio e ao cloreto de cálcio, e com capacidade para, dentre outros efeitos, reter os principais compostos voláteis da manga ‘Tommy Atkins’ minimamente processada.

A síntese de compostos voláteis ocorre por meio de diferentes vias metabólicas durante o desenvolvimento dos frutos e depende de fatores relacionados à espécie, variedade e sistema de produção (RIZZOLO et al., 1992). Por isso, apresenta uma grande variedade de estruturas químicas, tais como álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres alifáticos e aromáticos, lactonas, pirazinas, terpenos, compostos sulfurados, pironas e furanos (PINHEIRO; PASTORE, 2003). Na manga, os compostos voláteis variam de acordo com a cultivar, estágio de maturação, armazenamento, procedência (diferentes regiões geográficas) e, até mesmo, pela metodologia de extração. Assim, o aroma da manga tem sido identificado como uma mistura de monoterpenos, sesquiterpenos e compostos voláteis oxigenados (aldeídos, álcoois, ésteres e cetonas) (SINGH et al., 2004; BENDER et al., 2000). Dessa mistura complexa, alguns autores consideram os terpenos, especialmente o δ -3-careno, como o constituinte mais importante do aroma, devido à alta percentagem na fração volátil (50 – 60%) (ANDRADE et al., 2000).

Os monoterpenos, segundo Engel e Tressl (1983), são a classe de compostos voláteis que mais contribuem para o sabor das variedades de manga cultivadas nos Estados Unidos (Flórida), na Venezuela e no Brasil; enquanto as variedades indianas, notadamente, têm o seu aroma caracterizado por compostos voláteis oxigenados, tais como ésteres, furanonas e lactonas.

A análise de compostos voláteis se inicia pela extração, que pode ser realizada se utilizando de várias técnicas, com destaque para a microextração em fase sólida ‘SPME’ (ROCHA, 2010). A microextração em fase sólida é uma técnica bastante utilizada devido à grande facilidade de manipulação, rapidez, elevada sensibilidade e reprodutibilidade. E com base no princípio da partição entre a fase gasosa da amostra e uma fase estacionária (coluna cromatográfica), essa técnica permite – segundo demonstrado por Pawliszyn (2000) – a identificação dos compostos voláteis através de um cromatógrafo gasoso convencional. Essa combinação – SPME com cromatografia gasosa – tem sido utilizada para identificar a composição volátil de frutas *in natura* (não processadas), como por exemplo, a manga (CANUTO et al., 2009; FRANCO et al., 2004; BEAULIEU; LEA, 2003; SHANG, 2002), o cupuaçu, o cajá, a siriguela e a graviola (AUGUSTO et al., 2000). O conhecimento do padrão cromatográfico característico das frutas *in natura* pode contribuir para a identificação das mudanças na composição volátil durante ou após o processamento (IBÁÑEZ et al., 1998).

MacLeod e Snyder (1988) observaram que a composição volátil de fatias de manga ‘Tommy Atkins’, armazenadas sob temperatura baixa, foi similar à dos frutos frescos, apesar do principal constituinte, o δ -3-careno, ter sido levemente reduzido. Beaulieu e Lea (2003), avaliando a composição de voláteis em mangas ‘Keit’ e ‘Palmer’ minimamente processadas, observaram que o δ -3-careno foi o terpeno dominante em ambas as variedades e que as mangas processadas, no estágio “maduro-firme”, apresentaram maiores teores de terpenos que as mangas processadas no estágio “maduro-macio”. Os autores relataram ainda que nos cubos armazenados em atmosfera modificada passiva, as concentrações de CO₂ e de O₂, após sete dias de armazenamento, não foram adequadas à

conservação da manga minimamente processada, principalmente pela baixa pressão parcial de oxigênio. Essa condição de hipoxia pode resultar na respiração anaeróbica, com conseqüente formação de aroma desagradável (GONZALEZ-AGUILAR et al., 2008).

Testes preliminares mostraram que o rendimento do processamento mínimo de manga é muito baixo, se aproveitando, em média, apenas 30% da matéria-prima como produto final acabado, pois são perdidos 33% na forma de casca e sementes e 37% na forma de sobras de polpa, provenientes dos cortes aparadores na formação dos cubos ou fatias. Essas sobras de polpa, no entanto, podem ser reutilizadas como matriz (purê de manga) para a elaboração de filmes comestíveis, os quais poderão ser utilizados no acondicionamento da própria manga minimamente processada

Resumindo, as mangas minimamente processadas são mais susceptíveis aos processos de senescência do que as não processadas (ínteiras) e as respostas aos danos mecânicos geralmente aceleram a perda de qualidade e modificam os atributos sensoriais, incluindo a perda de aroma – um dos atributos essenciais na decisão de compra. Portanto, a utilização de barreiras aos gases, tais como ao oxigênio e ao dióxido de carbono, pode também contribuir para a retenção dos compostos voláteis, principalmente, se essas barreiras forem desenvolvidas à base de purê da própria manga. O objetivo desse trabalho foi, então, elaborar um filme comestível à base de purê de manga, alginato de sódio e cloreto de sódio, com baixa permeabilidade ao vapor de água (PVA) e com capacidade para reter os principais compostos voláteis em manga ‘Tommy Atkins’ minimamente processada, além de conservar a qualidade desse produto por um período de tempo suficiente para a distribuição, comercialização e consumo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Desenvolvimento dos filmes comestíveis

Para a definição dos procedimentos para a elaboração dos filmes, bem como para a seleção do melhor filme, com base na sua permeabilidade ao vapor d'água (PVA), foram utilizadas polpas de mangas industrializadas (Marca Frutã, Jaguaribe, CE), alginato de sódio (Danisco, Grinsted FD 175) e cloreto de cálcio (Vetec, Brasil). Foram elaborados onze filmes, de acordo com um delineamento composto central, com duas variáveis, a saber, concentração de alginato e tempo de imersão em cloreto de cálcio (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos com diferentes concentrações de alginato de sódio (%) e tempo de imersão em CaCl₂ (s)

Tratamento	Concentração de Alginato (%)	Tempo de imersão em CaCl ₂ (s)
1	0,60	2,00
2	0,90	2,00
3	0,60	13,0
4	0,90	13,0
5	0,50	7,50
6	1,00	7,50
7	0,75	0,00
8	0,75	15,0
9	0,75	7,50
10	0,75	7,50
11	0,75	7,50

Todo o procedimento foi realizado no Laboratório de Embalagens da Embrapa Agroindústria Tropical, localizado em Fortaleza (CE, Brasil) sob temperatura ambiente (25°C). A solubilização do alginato de sódio em 50 mL de água destilada foi conseguida utilizando-se um homogeneizador

Ultra-turrax T25 digital (IKA[®] WERKE, Alemanha), equipado com dispersor Modelo S25N-18G, na velocidade angular de 9.000 rotações por minuto (rpm), durante cinco minutos. À solução de alginato foram acrescentados 100 gramas de polpa de manga, previamente descongelada, e homogeneizada por mais quinze minutos à mesma velocidade angular. A solução filmogênica obtida foi degaseificada em bomba de vácuo até a completa extinção das bolhas de ar. Foram separadas, por tratamento, duas placas de vidro (30 x 30 cm), previamente higienizadas com detergente neutro e álcool, e duas amostras de filmes de acetato de celulose com dimensões de aproximadamente 28 x 28 cm. As placas de vidro foram colocadas sobre uma superfície plana e sobre as mesmas foram aderidos os filmes de acetato, com o auxílio de água (aspergida entre a placa e o filme de acetato), espátula (para garantir uma boa adesão entre as superfícies) e fita adesiva (para fixar as bordas do filme de acetato sobre as placas). Os filmes de acetato tiveram sua superfície higienizada com álcool e foram identificados com o número do tratamento e a data de elaboração. Foram depositados aproximadamente 50 gramas da solução filmogênica por placa e a espessura (1,2 mm) foi uniformizada com o auxílio de uma barra de alumínio. Em seguida, os filmes foram imersos na solução de cloreto de cálcio (1%) em diferentes tempos, e colocados para secar a temperatura ambiente (25°C) durante dois dias.

Para cada tratamento, foram cortadas oito amostras circulares dos filmes (4,9 cm de diâmetro), sendo a espessura de cada amostra aferida com o auxílio de um micrômetro IP 65 (Mitutovo Manufacturing Tokyo, Japão), com precisão de 0.001 mm. As medições foram feitas em oito posições aleatórias em torno da amostra e o valor médio foi utilizado para calcular a permeabilidade ao vapor de água (PVA), que foi determinada por meio do método gravimétrico modificado (McHUGH et al, 1996) com base no método padrão E96-80 (ASTM, 1989). Os filmes foram inseridos em

células de permeação, feitas a partir de polimetilmetacrilato contendo 6 mL de água destilada. As células foram vedadas com graxa de silicone e quatro parafusos ao redor da circunferência. Após o preparo, em ambiente com temperatura controlada ($24 \pm 1^\circ\text{C}$), as células foram colocadas em dessecadores contendo sílica gel e pesadas oito vezes ao longo de 24 horas.

Para construir um modelo referente à PVA dos filmes, foi utilizado o programa Minitab Solutions em um delineamento composto central com onze tratamentos e oito replicatas das medidas de PVA, sendo submetidos à análise de regressão.

O cálculo da PVA foi feito por meio da seguinte equação:

$$(1) \quad \text{PVA} = \frac{m \cdot e}{(p_1 - p_2) \cdot t \cdot A}$$

sendo: m = massa de vapor de água permeado através do filme (g); e = espessura do filme (mm); $p_1 - p_2$ = diferença entre as pressões de vapor de água no interior e no exterior da célula de permeação (kPa); t = tempo (h); A = área da amostra de filme (m^2).

3.2. Processamento Mínimo

Mangas ‘Tommy Atkins’, adquiridas em junho de 2010, no mercado local de Fortaleza, Ceará, foram selecionadas quanto ao tamanho e cor, descartando-se aquelas com defeitos aparentes ou atacadas por patógenos. Imediatamente após a aquisição, as mangas foram cuidadosamente transportadas para a Embrapa Agroindústria Tropical, onde foram refrigeradas a 10°C por 18 horas, para estabilização da temperatura interna.

Após esse período, as mangas foram minimamente processadas seguindo o fluxograma apresentado na Figura 1.

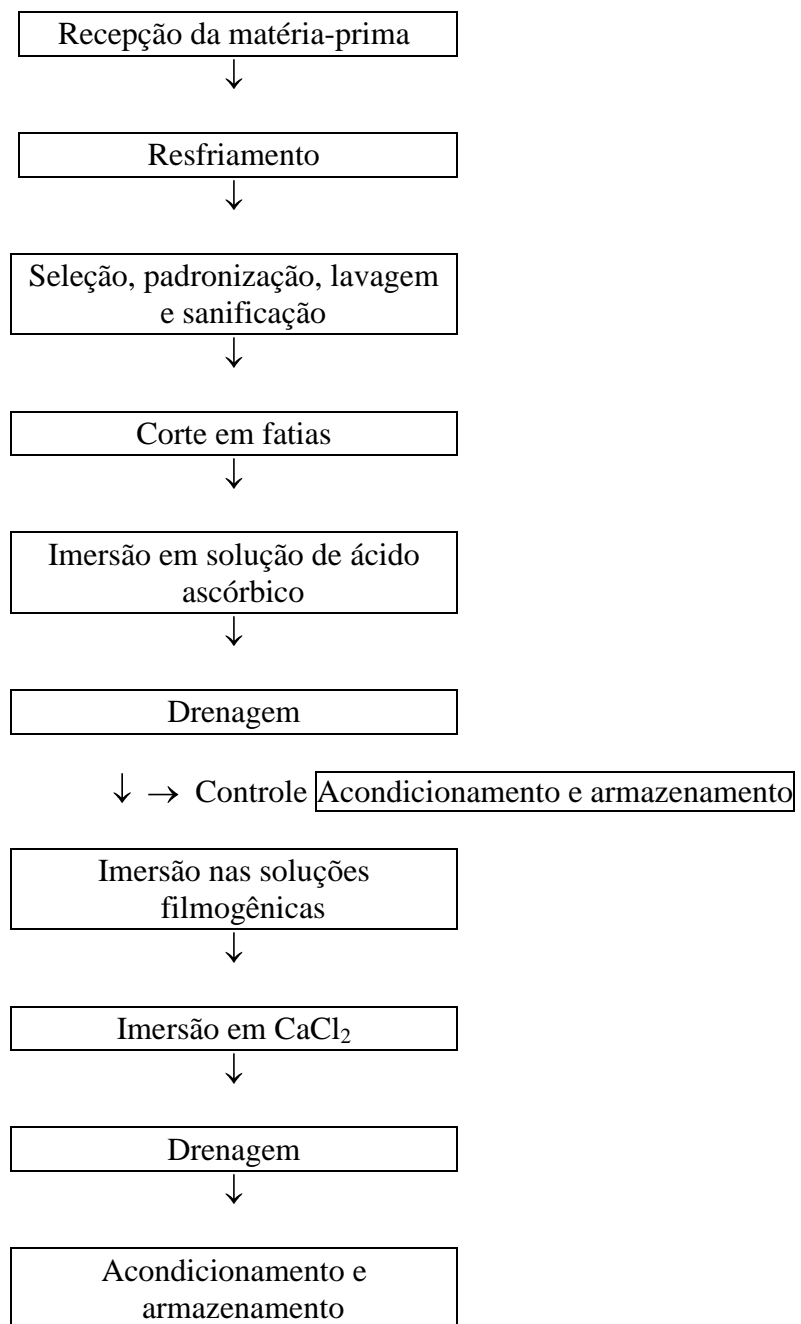


Figura 1: Fluxograma das operações de processamento mínimo de manga.

As instalações e os utensílios utilizados no processamento mínimo foram lavados com água corrente, detergente e, posteriormente, higienizados com solução contendo 200 mg L^{-1} de cloro ativo. Depois da higienização, a sala foi mantida a 15°C , dando início à cadeia do frio.

As mangas foram inicialmente lavadas com detergente neutro (2 mg L^{-1}) e depois sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio (200 mg L^{-1}) por cinco minutos, descascadas e cortadas em fatias ($4 \times 3 \text{ cm}$ de aresta e 2 cm de espessura), com o auxílio de facas de aço inoxidável bem afiadas. Depois de processadas e visando prevenir o escurecimento enzimático e outras reações oxidativas, após o corte, todas as fatias foram imersas em solução de ácido ascórbico (1%) durante 3 minutos, drenadas por 2 minutos e submetidas a um dos seguintes tratamentos:

Tratamento 1: Alginato de sódio (1%) e CaCl_2 (1%)

As fatias foram inicialmente imersas na solução de alginato de sódio (1%), por 30 segundos, e depois imersas em solução de cloreto de cálcio (1%), por 15 segundos.

Tratamento 2: Purê de manga + Alginato de sódio (1%) e CaCl_2 (1%)

Ao alginato de sódio (1%) foi adicionado purê de manga e homogeneizado por mais 15 minutos. Essa solução filmogênica foi submetida a 65°C durante 30 minutos em banho-maria, sendo logo em seguida imersa em um recipiente com gelo até atingir a temperatura de 25°C , visando à inativação das enzimas envolvidas no escurecimento dos tecidos vegetais. As fatias foram inicialmente imersas na solução filmogênica, por 30 segundos, e depois imersas em solução de cloreto de cálcio (1%), por 15 segundos.

Tratamento 3: Controle

Fatias sem aplicação de revestimento comestível.

As mangas tratadas com as soluções filmogênicas seguiram para secagem, realizada com auxílio de um ventilador em ambiente refrigerado (15°C) por 60 minutos.

Todo material foi, então, acondicionado em embalagens de Polietileno Tereftalato (PET) com tampa, resultando em peso médio de 200 gramas de produto por embalagem (2 fatias em cada embalagem). Concluído o procedimento, as amostras foram mantidas sob refrigeração ($10 \pm 1^\circ\text{C}$), por um período de seis (6) dias. Durante o armazenamento refrigerado, a cada três dias foram retiradas amostras para as análises físicas, químicas, bioquímicas e cromatográficas descritas a seguir.

É importante ressaltar que, logo após o processamento mínimo e antes da confecção do filme comestível usado no tratamento 2, foram retiradas amostras para as estimativas de rendimento, bem como para uma avaliação simples da qualidade da matéria-prima. De forma semelhantemente, após a confecção do revestimento comestível (solução filmogênica à base de purê de manga e alginato de sódio), foram retiradas amostras para a caracterização do revestimento a ser aplicado na manga minimamente processada. Essas avaliações foram realizadas conforme a seguir:

3.2.1 Rendimento e qualidade da matéria-prima

As características físicas da manga foram determinadas pelas medidas de massa total das frutas (g), massa das cascas (%), massa das polpas utilizadas para o processamento mínimo (%), massa das aparas de corte (%) e massa das sementes (%). Foram determinados ainda o pH,

sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável (% de ácido cítrico), relação SS/AT, vitamina C (mg 100g⁻¹) e açúcares totais (%).

3.2.2 Caracterização do revestimento comestível

O revestimento comestível, à base de purê de manga e alginato de sódio, foi caracterizado quanto ao pH, sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável (% de ácido cítrico), relação SS/AT, açúcares totais (%) e compostos voláteis.

3.2.3 Avaliação das características físicas, químicas e bioquímicas

Após a avaliação da perda de massa, as amostras foram processadas em uma centrífuga doméstica. Parte do material processado foi, imediatamente, utilizada para análise de vitamina C, e a outra parte foi armazenada em freezer para posteriores análises. As avaliações realizadas foram perda de massa, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação entre sólidos solúveis e acidez, vitamina C, açúcares totais e atividade da polifenoloxidase.

3.2.3.1 Perda de massa

A perda de massa foi determinada por gravimetria por meio da pesagem das amostras em balança semi-analítica, marca BEL, modelo Mark 3.100, e posteriormente transformada em porcentagem (%), considerando-se a diferença entre a massa inicial e a final após cada período de armazenamento, utilizando-se da fórmula a seguir:

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{(\text{massa inicial} - \text{massa final}) \times 100}{\text{massa inicial}}$$

3.2.3.2 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado diretamente no suco, utilizando-se um potenciômetro digital (Mettler Modelo DL 12) com eletrodo de membrana de vidro (AOAC, 1995), previamente calibrado com solução tampão 4,0 e 7,0.

3.2.3.3 Sólidos solúveis (SS)

Após filtragem da polpa com papel de filtro, o teor de sólidos solúveis (SS) foi obtido por meio de refratômetro digital (Atago modelo PR-101), escala de 0 a 45° Brix, com compensação de temperatura automática (AOAC, 1995).

3.2.3.4 Acidez titulável (AT)

A acidez titulável foi determinada por diluição de 1 g de polpa em 50 mL de água destilada, titulando-se com solução de NaOH 0,1N, previamente padronizada, usando indicador fenolftaleína para verificação do ponto de viragem de incolor para róseo claro permanente (AOAC, 1995). Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico.

3.2.3.5 Relação SS/AT

A relação SS/AT foi obtida por meio do quociente entre as duas variáveis.

3.2.3.6 Vitamina C

Foi determinada imediatamente após o processamento da polpa, por titulometria com solução de DFI (2,6-diclorofenolindofenol 0,02%) até coloração rósea clara permanente, utilizando 1 grama de polpa diluída em 100 mL de ácido oxálico 0,5%, de acordo com Strohecker e Henning

(1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100g^{-1} de polpa.

3.2.3.7 Açúcares totais

Os açúcares totais foram determinados segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). O extrato foi obtido da diluição de 1 g da amostra em 50 mL de álcool etílico a 80% durante 15 minutos e em seguida filtrado. Alíquotas de 10 mL do extrato foram diluídas em 100 mL de água destilada. Em tubos de ensaio contendo 0,1 mL do filtrado diluído, foram adicionados 0,9 mL de água destilada e 2 mL do reativo antrona a 0,1%, sendo logo em seguida agitados e aquecidos em banho-maria à 100°C por 8 minutos e imediatamente resfriados em banho de gelo. Realizou-se a leitura das amostras por meio de um espectrofotômetro em comprimento de onda igual a 620 nm, e os resultados foram expressos em percentagem.

3.2.3.8 Atividade da polifenoloxidase (PPO)

A extração da polifenoloxidase foi realizada de acordo com o método proposto por Wissemann e Lee (1980), com algumas adaptações. Foram homogeneizados 6 g da polpa em 6 mL de tampão fosfato 0,05 M pH 7,0 contendo 0,1 M de KCl e 1% de polivinilpirrolidona (PVP). O homogenato foi centrifugado a 10.000 g por 10 minutos, e o sobrenadante resultante constituiu a fonte enzimática. Até aqui, todo o procedimento foi realizado a 4°C . Para a determinação da atividade enzimática, tubos de ensaio contendo alíquotas de 0,03 mL do extrato, 0,27 mL de água destilada, e 1,85 mL de tampão fosfato 0,1 M pH 6,0, contendo 0,1 M de KCl e 0,1 M de catecol, foram agitados e incubados durante 30 minutos, à 30°C . A reação foi interrompida pela adição de 0,8 mL de HClO_4 2 N, e os tubos foram mantidos em repouso por 15 minutos para que houvesse

sedimentação. Os sobrenadantes foram colocados em cubetas e as leituras de absorvância foram realizadas a 395 nm e expressas em unidade de atividade enzimática (UAE).min⁻¹.g⁻¹. Considerou-se uma UAE como a quantidade de atividade da enzima que produziu uma mudança de 0,001 na absorvância.

3.2.4 Análises cromatográficas

3.2.4.1 Preparo da amostra

Foram homogeneizados 4,4 gramas da polpa em 10 mL de solução saturada de cloreto de sódio (NaCl), com o auxílio de um homogeneizador Ultra-Turrax T25 digital (IKA[®] WERKE, Alemanha), na velocidade angular de 5.000 rpm, durante três minutos. O NaCl foi utilizado com o objetivo de favorecer a liberação dos compostos voláteis do fruto. Imediatamente após esse procedimento foi transferida uma alíquota de 8 mL do homogenato para frascos hermeticamente fechados com tampas rosqueáveis, contendo septo de silicone, e capacidade de 40 mL. Para cada tratamento foram utilizadas três repetições de amostras compostas.

3.2.4.2 Microextração em fase sólida (SPME)

Na extração, empregou-se a técnica de SPME com fibra de sílica fundida Supelco (Bellefonte, EUA), 10 mm de comprimento, revestida com recobrimento polimérico 50/30 µm divinilbenzeno/Carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS). Neste estudo, o polímero foi previamente condicionado no injetor do cromatógrafo, à 270°C durante 1 hora, de acordo com o manual de instruções do fabricante.

3.2.4.3 Extração dos compostos voláteis

A extração dos compostos voláteis foi realizada com base nas condições descritas por Canuto et al. (2009), os quais adaptaram as condições de captação de voláteis para a manga 'Tommy Atkins', através do uso de fibras de SPME com recobrimento de DVB/CAR/PDMS. A partição foi realizada em agitador magnético TECNAL TE-0853 (Piracicaba-SP) durante cinco minutos e sob aquecimento à temperatura constante de 50°C no interior do frasco. Em seguida, a agitação foi interrompida e a fibra foi introduzida. Após 20 minutos de exposição no *headspace*, a fibra foi imediatamente levada ao injetor do cromatógrafo, no qual os compostos voláteis foram dessorvidos à 250°C, durante 3 minutos e analisada por CG-EM durante 54 minutos.

3.2.4.4 Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM)

Os compostos voláteis foram analisados em um cromatógrafo a gás, Shimadzu QP-2010 (Kioto, Japão), com voltagem de ionização de 70 eV. As condições cromatográficas empregadas foram coluna DB-5MS polidimetilssiloxano (30 m x 0,25 mm x 10 µm; J & W Scientific Inc., Folsom, EUA), modo de injeção com divisão de fluxo de 1:50, durante toda a corrida, hélio como gás de arraste com fluxo de 1,05 mL min⁻¹ (53,5 Kpa) e velocidade linear constante de 37 cm s⁻¹, 250°C de temperatura do injetor e da linha de transferência. Programação do forno cromatográfico: temperatura inicial 40°C por 10 min, rampa de aquecimento de 10°C.min⁻¹ até 130°C e de 4°C.min⁻¹ até 160°C, isoterma de 10 min, rampa de aquecimento de 4°C.min⁻¹ até 180°C, sendo mantida a temperatura durante 15 minutos.

3.2.4.5 Identificação dos compostos voláteis

A identificação dos compostos voláteis foi baseada em espectros obtidos na espectrometria de massas, e estes foram comparados com dados da biblioteca de espectros NIST (147.198 compostos) do equipamento, bem como através dos índices de Kovats, obtidos por injeção de uma mistura de padrões de alcanos C₇-C₂₂, e por dados encontrados na literatura (NIST, 2011; CANUTO et al., 2009). Os compostos foram quantificados a partir da área relativa de seus respectivos picos, sendo expressos em termos percentuais (%).

3.2.5 Análise estatística

Os resultados obtidos nas determinações físicas, químicas e bioquímicas da matéria-prima e da composição química volátil do revestimento comestível à base de purê de manga e alginato de sódio (1%) foram estatisticamente analisados pelo programa Microsoft Office[®] Excel 2003, obtendo-se as médias e os desvios padrões.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3. Os fatores estudados foram: tratamentos (alginato de sódio [1%], purê de manga mais alginato de sódio [1%] e controle) e tempo de armazenamento (1, 3 e 6 dias). Para as análises físicas, químicas e bioquímicas foram utilizadas cinco repetições em cada tratamento. Já para a análise dos compostos voláteis foram utilizadas três repetições por tratamento.

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa MSTATC. As médias da análise dos compostos voláteis foram comparadas entre si pelo método de Scott-Knott a 5% de probabilidade, e as médias das demais análises foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, adotando o nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Desenvolvimento dos filmes comestíveis

Os onze filmes confeccionados apresentaram diferentes taxas de permeabilidade ao vapor d'água (PVA), de acordo com as duas variáveis estipuladas, a saber, concentração de alginato nos filmes e tempo de imersão em cloreto de cálcio (Tabela 2).

Tabela 2. Permeabilidade ao vapor d'água de tratamentos com diferentes concentrações de alginato de sódio (%) e tempo de imersão no CaCl_2 (s)

Tratamento	Concentração de Alginato (%)	Tempo de imersão em CaCl_2 (s)	PVA (g.mm/kPa.h.m ²)
1	0,60	2,00	0,762
2	0,90	2,00	0,572
3	0,60	13,0	0,650
4	0,90	13,0	0,395
5	0,50	7,50	0,658
6	1,00	7,50	0,458
7	0,75	0,00	0,704
8	0,75	15,0	0,362
9	0,75	7,50	0,533
10	0,75	7,50	0,511
11	0,75	7,50	0,559

O modelo resultante (Equação 2, representado graficamente na Figura 2) resultou em teste F significativo ($F = 10,36$; $p = 0,011$), com coeficiente de determinação igual a 0,91 ($R^2 = 0,91$).

$$\text{PVA} = 0,53 - 0,09x - 0,10y + 0,02x^2 + 0,01y^2 - 0,02xy \quad (2)$$

Onde: x é a concentração de alginato (valores codificados entre -1,41 e 1,41); e y é o tempo de imersão em CaCl_2 (valores codificados entre -1,41 e 1,41).

Em função das variáveis analisadas, a PVA tendeu a diminuir à medida que aumentava a concentração de alginato e o tempo de imersão em CaCl_2 (Figura 2). Do ponto de vista da otimização do processo, seria interessante aumentar ainda mais a concentração de alginato e o tempo de imersão em CaCl_2 . No entanto, do ponto de vista tecnológico, tal procedimento não foi adotado porque o aumento da concentração de alginato implicaria em redução percentual da polpa de manga. Como o objetivo do trabalho era obter um filme à base de polpa de manga, o alginato foi adicionado apenas para melhorar as propriedades de barreira do filme. Por outro lado, o aumento do tempo de imersão em CaCl_2 além dos 15 segundos resultaria em sabor salgado, como foi detectado em testes preliminares.

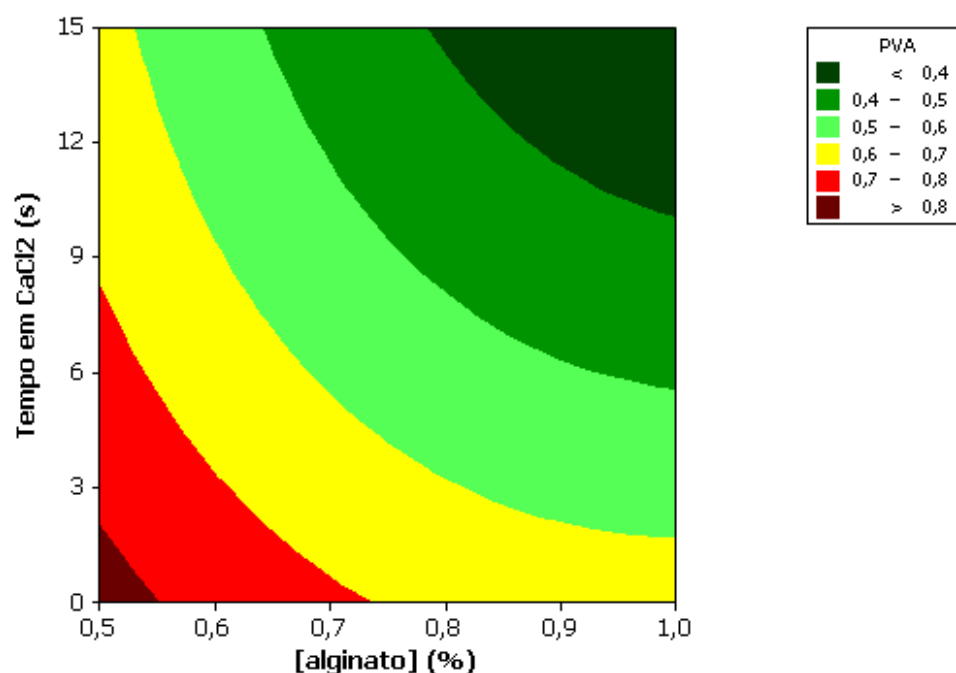


Figura 2. Resultados da permeabilidade ao vapor de água em função da concentração de alginato (%) e do tempo de imersão no CaCl_2 (s). Valores de permeabilidade em g.mm/kPa.h.m^2 .

Dessa forma, a menor PVA predita pelo modelo, dentro das condições utilizadas, foi de $0,31 \text{ g.mm/kPa.h.m}^{-2}$, com 1% de alginato e 15 segundos de imersão em CaCl_2 . Portanto, a definição do filme com a menor PVA foi adotada como referência para a elaboração de revestimentos comestíveis em mangas minimamente processadas.

4.2 Rendimento e qualidade da matéria-prima

As mangas ‘Tommy Atkins’ utilizadas neste experimento apresentaram-se bastante uniformes quanto ao tamanho, formato e coloração da casca. As mangas apresentaram massa média de aproximadamente 500 g, indicando que foram utilizadas frutas classificadas como grandes.

No entanto, verifica-se que o processamento mínimo apresentou um rendimento de $29,39 \pm 3,78\%$, sendo considerados descartes os $17,02 \pm 2,42\%$ de cascas mais os $14,15 \pm 1,04\%$ de sementes (Tabela 3). Parte dessa polpa oriunda das aparas de corte foi utilizada para produção do revestimento comestível à base de alginato de sódio (1%) e purê de manga.

Tabela 3: Avaliações físicas e rendimento da manga ‘Tommy Atkins’

Características	Valores Médios
Massa da fruta (g)	$498,89 \pm 51,29$
Massa da casca (%)	$17,02 \pm 2,42$
Massa da polpa para o processamento (%)	$29,39 \pm 3,78$
Massa da polpa das aparas de corte (%)	$39,44 \pm 4,72$
Massa da semente (%)	$14,15 \pm 1,04$

A manga é considerada um fruto ácido, apresentando valores de pH abaixo de 4,5 na maior parte das variedades (BERNIZ, 1984). Nesse estudo o valor médio de pH (Tabela 4) está de acordo com os valores médios de pH encontrados para manga ‘Tommy Atkins’ de 3,23 a 4,51, nos estádios de maturação de 1 a 5 (ROCHA, 2001).

O teor de sólidos solúveis é muito variável, pois depende – dentre outros fatores – de práticas culturais, destacando-se a nutrição das plantas. O valor médio de $13,76^\circ\text{Brix}$ (Tabela 4) está abaixo dos $16,6^\circ\text{Brix}$ (BATISTA, 2010), mas encontra-se acima do valor mínimo estipulado pela legislação brasileira para polpa de manga (BRASIL, 2000).

Tabela 4: Médias das características químicas da manga ‘Tommy Atkins’

Características	Valores Médios
pH	3,8 ± 0,28
Sólidos solúveis (°Brix)	13,76 ± 0,97
Acidez titulável (% de ácido cítrico)	0,58 ± 0,20
Relação SS/AT	23,72 ± 11,00
Vitamina C (mg.100 g ⁻¹)	58 ± 3,18
Açúcares totais (%)	10,75 ± 1,36

A acidez da matéria-prima, 0,58 % (Tabela 4), apresentou média próxima a determinada por Souza et al. (2006) em manga ‘Tommy Atkins’ MP (0,54%). A relação entre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) indicou que as mangas apresentaram uma relação próxima do ideal que é vinte (Tabela 4).

Com relação à vitamina C, a média obtida de 58 mg.100g⁻¹ (Tabela 4) está acima do encontrado por Rodrigues et al., (2008) de 19,32 mg.100g⁻¹ e Carvalho et al., (2004) de 31,7 mg.100g⁻¹. Já os valores de açúcares totais (10,75 %) apresentam-se próximo do obtido por Martim (2006) em estudo com a mesma variedade, e abaixo do encontrado por Rodrigues et al., (2008) de 13,17 mg.100g⁻¹.

Beaulieu e Lea (2003) afirmam que a caracterização do material inicial usado para o processamento da manga minimamente processada é essencial para obter um excelente sabor e vida de prateleira. A manga ‘Tommy Atkins’ utilizada neste experimento encontrava-se dentro dos padrões de qualidade estabelecidos para a comercialização no mercado interno, apresentando médias próximas aos resultados dos demais estudos. Vale ressaltar que mesmo sendo uma mesma variedade de manga, pode

apresentar variações nestes parâmetros devido às diferenças nas condições edafoclimáticas, tipo de manejo, procedimentos de colheita e pós-colheita.

4.3 Caracterização do revestimento comestível

As médias das características químicas e cromatográficas do revestimento comestível utilizado neste estudo se encontram nas tabelas 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5: Médias das características químicas do revestimento comestível à base de purê de manga e alginato de sódio (1%)

Características	Valores Médios
pH	4,09
Sólidos solúveis (°Brix)	7,7
Acidez titulável (% de ácido cítrico)	0,28
Relação SS/AT	27,5
Açúcares totais (%)	4,6

De acordo com os dados das características químicas do revestimento comestível (tabela 5), o mesmo não interferiu na qualidade da manga minimamente processada.

Tabela 6: Composição química volátil do revestimento comestível à base de purê de manga e alginato de sódio (1%).

Compostos voláteis	Valores Médios (%)
α -pineno	11,16 \pm 0,76
β -pineno	1,71 \pm 0,19
δ -3-careno	72,90 \pm 1,13
Limoneno	3,35 \pm 0,46
α -terpinoleno	1,82 \pm 0,22
<i>trans</i> - β -cariofileno	0,76 \pm 0,34
Outros/não identificados	8,30 \pm 1,09

A análise da composição química volátil do revestimento comestível (Tabela 6) permitiu caracterizar o aroma como sendo constituído principalmente por monoterpenos, sendo o δ -3-careno o composto majoritário (72,90 \pm 1,13), o qual está presente na manga ‘Tommy Atkins’ em alta percentagem 65,5% (LOPES et al., 1999).

4.4 Avaliação das características físicas, químicas e bioquímicas

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 7, não houve interação significativa entre os tratamentos e os tempos de armazenamento refrigerado para nenhuma das características avaliadas.

4.4.1 Perda de massa

Para essa variável, foram encontradas diferenças significativas a 5% de probabilidade apenas entre os tratamentos. A maior perda de massa foi observada no tratamento controle (Tabela 7), confirmando que os filmes de polissacarídeos, a exemplo do alginato de sódio, podem retardar a perda de

massa de alguns alimentos quando aplicados na forma de gel, pois o mesmo evapora antes da desidratação do alimento (KESTER; FENNEMA, 1986). A contribuição química do alginato em diminuir a perda de massa pode ser devido às ligações cruzadas com os íons Ca^{+2} , os quais têm por função manter as cadeias de alginato juntas através de interações iônicas após a formação de pontes de hidrogênio entre as cadeias, produzindo gel com estrutura de rede tridimensional (KING, 1983).

Apesar de ter sido observada diferença estatística entre os tratamentos, é possível afirmar que todos os valores obtidos nesse experimento estão abaixo dos valores limites de perda de massa, pois de acordo com Finger e Vieira (1997), a perda de massa máxima para os produtos hortícolas, sem aparecimento de murchamento ou enrugamento da superfície oscila entre 5% e 10%, variando em função da espécie e do nível de exigência dos consumidores. Em estudo com goiabas minimamente processadas, Pereira et al. (2004) observaram que o uso de atmosfera modificada, utilizando embalagens de polietileno tereftalato (PET), foi eficiente em prevenir a perda de peso.

Miguel et al. (2009) observaram que a utilização de película a base de alginato de sódio (1%) mostrou-se eficiente na conservação da uva Itália por ter proporcionado uma menor perda de massa, dentre outras características avaliadas.

4.4.2 pH

Apesar de diferirem estatisticamente ($p \leq 5$), as amostras dos três tratamentos apresentaram valores semelhantes de pH (Tabela 7), os quais oscilaram durante o período de armazenamento refrigerado.

As fatias de manga revestidas com alginato de sódio diferiram dos demais tratamentos, indicando estarem menos ácidas ($\text{pH} = 4,04$). Os demais

tratamentos não diferiram entre si, apresentando médias de pH semelhantes (3,73).

As médias de pH observadas nos três tratamentos foram inferiores às encontradas por Souza et al. (2006), quando trabalharam com mangas ‘Tommy Atkins’ MP amadurecidas naturalmente.

Houve distinção entre os períodos de três e seis dias, mas ambos não diferiram do tempo um. Rattanapanone e Watada (2000) observaram aumento nos valores de pH em mangas ‘Tommy Atkins’ MP armazenadas sob diferentes concentrações de oxigênio durante cinco dias à 5°C.

4.4.3 Sólidos solúveis (SS)

Para sólidos solúveis não houve diferenciação tanto para tratamento quanto para tempo de armazenamento (Tabela 7). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Fontes (2005), quando observaram que maçãs ‘Royal Gala’ minimamente processadas revestidas com películas de alginato de sódio (1%) apresentaram teor de sólidos solúveis semelhantes ao da testemunha. Leon et al. (2000) relataram pequena variação ou ausência de influência do período de armazenamento nos teores de sólidos solúveis de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas sob atmosfera modificada.

Rattanapanone e Watada (2000) constataram que os teores de SS em mangas ‘Tommy Atkins’ MP não foram influenciados pela composição da atmosfera presente na câmara, temperatura ou tempo de armazenamento.

Apesar de não haver diferença estatística nessa variável analisada, o valor mínimo encontrado para os tratamentos foi de 13,34°Brix e o máximo de 13,71°Brix, estando acima do mínimo aceitável pela legislação brasileira, que estabelece os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) para polpa de manga de 11°Brix (BRASIL, 2000).

Tabela 7. Características físicas, químicas e bioquímicas de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas, tratadas com diferentes tipos de revestimentos comestíveis e tempo de armazenamento.

Fatores ¹	Perda de Massa (%)	Sólidos Solúveis (°Brix)	Acidez Titulável (% ac. cítrico)	SS/AT	pH	Vitamina C (mg.100 g ⁻¹)	Açúcares Totais(%)	PPO (UAE.min.g)	
Revestimento²	I	0,08 c	13,71 a	0,50 b	29,22 a	4,04 a	38,56 a	8,84 a	614,18 a
	II	0,19 b	13,34 a	0,65 b	22,34 b	3,73 b	38,23 a	8,93 a	624,81 a
	III	0,28 a	13,49 a	0,57 ab	24,70 ab	3,73 b	41,39 a	9,05 a	630,96 a
Tempo (dias)	1	0,22 a	13,46 a	0,66 a	22,64 a	3,83 ab	51,26 a	8,95 a	602,70 b
	3	0,20 a	13,71 a	0,54 a	26,46 a	3,94 a	37,11 b	8,98 a	632,00 a
	6	0,13 b	13,38 a	0,52 b	27,17 a	3,73 b	29,81 c	8,89 a	635,26 a
Média	0,18	13,52	0,57	25,42	3,83	39,39	8,94	623,32	
CV (%)	29,13	6,64	23,37	27,67	4,70	15,24	10,98	4,31	

¹/ Tratamentos seguidos da mesma letra na coluna, dentro de cada fator, não diferem estatisticamente entre si, pelo método de Tukey, a 5% de probabilidade.

²/ Revestimentos: I – Alginato (1%); II – purê de manga + Alginato (1%) e III - Controle.

4.4.4 Acidez titulável (AT)

De acordo com Manica (2001), em manga a acidez deve-se principalmente a presença de ácido cítrico, variando de 0,17 a 3,66%, quando verde e de 0,11 a 0,56% quando madura. Nesse trabalho, os teores de acidez titulável das mangas revestidas não diferiram estatisticamente do tratamento controle (Tabela 7).

Os valores da acidez apresentaram variação durante o armazenamento, com tendência de decréscimo até o terceiro dia e estabilização até o último período de avaliação. Este comportamento também foi observado por Donadon et al., (2004) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas, em decorrência do consumo dos ácidos orgânicos pela atividade respiratória ao longo do armazenamento.

4.4.5 Relação SS/AT (*ratio*)

Um dos importantes parâmetros de qualidade dos frutos é a relação sólidos solúveis e acidez titulável, também conhecida por *ratio*. Ele é consequência do balanço entre os constituintes do sabor doce e ácido do produto (MATTIUZ et al., 2003).

Na presente pesquisa, a relação sólidos solúveis/acidez titulável das mangas minimamente processadas tratadas com revestimentos comestíveis não diferiram estatisticamente do tratamento controle (Tabela 7).

Durante todo o período de armazenamento não houve alteração significativa no valor de ‘ratio’, obtendo-se no 6º dia média semelhante à encontrada no primeiro dia de armazenamento. Isso demonstra que houve manutenção da qualidade organoléptica ao longo do tempo. Miguel (2008) avaliou a conservação do melão ‘amarelo’ minimamente processado tratado com alginato de sódio (1%), e observou que não houve diferença significativa no ‘ratio’ ao longo dos 12 dias de estocagem.

4.4.6 Vitamina C

Não foram encontradas diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos (Tabela 7). Contudo, foi detectado somente efeito do período de armazenamento em reduzir o teor desse ácido em aproximadamente 42% no final da avaliação. Elevadas perdas nos teores de ácido ascórbico foram observadas por Allong et al. (2000) durante o armazenamento de mangas ‘Graham’ e ‘Julie’ MP.

Gonzalez-Aguilar et al. (2008) observaram que dois filmes comestíveis comerciais (Gustec e SemperFresh) aplicados em mangas ‘Kent’ e Keit’ minimamente processadas não foram eficientes em proteger contra a degradação da vitamina C.

Embora não tenha sido constatada diferença significativa entre os tratamentos, os valores encontrados variaram de 38,23 a 41,39 mg.100g⁻¹, sendo superiores aos encontrados na literatura, 19,32 mg.100 g⁻¹ por Rodrigues et al., (2008).

Grosso (2007) estudando laranjas ‘Pêra’ MP observou que os frutos tratados com alginato de sódio (1%) apresentaram redução de 15,6% do teor de ácido ascórbico, após 12 dias de armazenamento à 5°C.

Vários fatores levam à redução nos teores de vitamina C. Isso ocorre porque o ácido ascórbico sofre degradação pelo calor, oxidação, dessecação, entre outros. Em produtos minimamente processados, as injúrias provocadas pelo processamento estimulam reações anti-oxidativas de defesa nos produtos o que pode consumir o ácido ascórbico (FRANCO, 1998).

4.4.7 Açúcares totais

Os açúcares são componentes essenciais nas propriedades organolépticas da manga, e têm uma importância maior no sabor e aceitação do fruto (GONZALEZ-AGUILAR et al., 2008).

As alterações nos teores de açúcares totais foram pequenas e não significativas (Tabela 7), tanto para tratamentos quanto para período de armazenamento. Os açúcares tiveram o mesmo comportamento dos SS, isso pode ser explicado pelo fato dos mesmos (glicose, frutose e sacarose) constituírem cerca de 65 - 85% do conteúdo de SS dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Comportamento semelhante foi relatado por Miguel (2008), utilizando alginato de sódio, cloreto de cálcio e ácido ascórbico em melão ‘Amarelo’ minimamente processado, onde não foi observada diferença significativa nos teores de açúcares totais entre os tratamentos ao longo do armazenamento.

Embora não tenha havido diferença significativa durante o armazenamento, as médias de AST (8,94%) foram inferiores às encontradas por Souza et al. (2006), durante o mesmo período de armazenamento de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas (12,24%).

4.4.8 Atividade da polifenoloxidase (PPO)

Em frutas e hortaliças MP, o corte permite o acesso do oxigênio aos tecidos e há oxidação dos compostos fenólicos pela ação da enzima polifenoloxidase. Como consequência da descompartimentação celular ocorre o escurecimento dos produtos (JACOMINO et al., 2004).

No presente trabalho, não foram constatadas diferenças significativas na atividade da PPO entre os tratamentos. Com relação ao armazenamento, a atividade da enzima aumentou com o tempo, não havendo distinção entre os períodos de três e seis dias após as mangas serem MP. O valor médio obtido foi de 623,32 UAE.min⁻¹.g⁻¹ (Tabela 7).

Pilon (2007) avaliando o uso de cloreto de cálcio, e revestimentos comestíveis à base de glúten e alginato de sódio como coadjuvantes na conservação do abacaxi ‘Pérola’ MP, observou que a menor atividade da PPO

foi detectada nas fatias tratadas com película de glúten e que a maior atividade enzimática ocorreu no sexto dia de armazenamento para todos os tratamentos.

Miguel (2008) detectou diminuição da atividade enzimática durante o armazenamento de melão ‘Amarelo’ minimamente processado tratado com cloreto de cálcio, e redução mais acentuada nos revestimentos com alginato de sódio (1%), devido à propriedade do alginato em formar uma barreira ao redor do produto dificultando o acesso de oxigênio nos tecidos, fundamental para a atividade desta enzima (WHISTLER; BEMILLER, 1997).

4.4.9 Análises cromatográficas

O uso de CG-EM para a extração dos compostos voláteis da manga ‘Tommy Atkins’ MP, tratada com diferentes tipos de revestimentos comestíveis e tempo de armazenamento, permitiram a detecção de 68 compostos, sendo identificados 21 componentes nas mangas revestidas com alginato de sódio (1%), 20 nas revestidas com alginato de sódio (1%) + purê de manga e 19 no tratamento controle, correspondendo cerca de 97% da constituição química volátil, em termos de área relativa dos picos. Na tabela 8 são apresentados os compostos identificados com seus respectivos índices de retenção e teores registrados. Foi observado que independente do tratamento, o aroma foi constituído basicamente por ésteres (7) e terpenos (16), predominando entre eles os monoterpenos (14), cuja presença abundante é uma característica das variedades de mangas americanas (MALUNDO et al., 1997). Inicialmente, a proporção de monoterpenos variou de 89,07-95,87 %, decaindo para 37,6 % ao sexto dia, a partir do qual os ésteres se tornaram os principais componentes (40,18 - 58,32 %).

Na Tabela 9 e Figura 3 estão relacionados, respectivamente, os constituintes químicos majoritários identificados no *headspace* de extratos da

manga ‘Tommy Atkins’ MP, e suas estruturas químicas. Todos esses compostos voláteis identificados, com exceção do acetato de isobutila, também foram relatados por Malundo et al. (1997) em manga ‘Tommy Atkins’, utilizando o método de *headspace* estático. Os perfis cromatográficos de todos os tratamentos nos tempos de armazenamento podem ser visualizados nas Figuras 4, 5 e 6.

A análise estatística revelou interação entre os fatores avaliados (revestimento x tempo de armazenamento) para todos os compostos selecionados (Tabela 9), exceto para o composto limoneno. O teor deste monoterpeno foi praticamente constante em todos os tratamentos e tempos de armazenamento, apresentando apenas uma queda significativa no sexto dia de avaliação.

Com relação aos revestimentos comestíveis utilizados, não houve diferença significativa para os seguintes compostos: α -pineno, β -pineno e α -terpinoleno. Já com relação ao *trans*- β -cariofileno, além das mangas tratadas com revestimentos comestíveis não diferirem estatisticamente do tratamento controle, esse composto foi o único que não apresentou diferenças estatísticas entre os tempos de armazenamento (Tabela 9).

De acordo com Malundo et al. (1997) e Andrade et al. (2000), o aroma da manga é formado principalmente por uma mistura complexa de compostos, mas alguns autores apontam os hidrocarbonetos terpênicos como os mais importantes contribuintes para o sabor de variedades de manga da Flórida, incluindo a ‘Tommy Atkins’. Em virtude de sua alta proporção na fração volátil (50-60%), o δ -3-careno é comumente considerado um dos constituintes mais importantes do aroma, tendo sido por isso adotado nesse trabalho como indicativo para avaliar a retenção dos compostos voláteis dos revestimentos comestíveis em mangas MP. Apesar de que, análises olfatométricas já tenham revelado o butanoato de etila

como o composto de maior impacto no aroma de ‘Tommy Atkins’, mesmo quando presente em quantidades ínfimas (Lopes et al., 1999). Em nosso estudo, o butanoato de etila esteve presente apenas nos tratamentos 1 e 2 nos períodos de armazenamento de 6 e 3 dias, respectivamente.

Tabela 8: Composição química volátil de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas, tratadas com diferentes tipos de revestimentos comestíveis e tempo de armazenamento.

Tempo de armazenamento (días)	IR	IR ^a _{lit}	Tempo 1			Tempo 3			Tempo 6		
Tratamento			T1 ^b	T2 ^b	T3 ^b	T1 ^b	T2 ^b	T3 ^b	T1 ^b	T2 ^b	T3 ^b
Componente											
Butanol	< 800	661					0,38		0,3		
2-metil-butanol	< 800	730				2,47	0,53		1,40	0,23	0,28
Acetato de isobutila	< 800	788				2,5	0,98	1,27	56,03	39,07	50,98
Butanoato de etila	802	803					0,04		0,51		
Etil-benzeno	856	849	2,33					0,05	0,76		0,19
Acetato de isoamila	881	876	2,21	8,3							
α-pineno	934	935	11,50	10,78	12,22	10,49	11,88	9,55	3,53	5,49	4,5
Butanoato de isobutila	957	958							1,28	1,11	1,09
β-pineno	978	979	1,76	1,47	1,79	1,51	1,74	1,36	0,48	0,82	0,6
β-mirceno	990	990	0,16	0,18	0,21			0,67	0,13		
δ-3-careno	1006	1009	69,48	70,1	74,41	71,84	75,85	76,41	30,67	47,47	37,12
α-terpineno	1017	1017	0,37		0,61		0,26	0,62	0,11	0,16	0,22
ρ-cimeno	1025	1026			0,19			0,16			0,1
Limoneno	1031	1031	4,00	3,68	4,48	4,39	3,69	3,94	1,77	2,25	1,81
γ-terpineno	1062	1062			0,1		0,11	0,25	0,07	0,03	0,03
α-terpinoleno	1089	1089	1,94	1,65	1,78	1,62	1,61	2,23	0,88	1,52	0,89
Isobutirato de hexila	1100	-	0,18			0,14					0,15
p-Menth-1,5-dien-8-ol	1161	1159	0,27					0,08			
Terpinen-4-ol	1185	1185		0,05	0,08			0,16			
2-metil-butirato de hexila	1182	1190	0,46		0,38	0,35		0,34	0,1		0,24
α-terpineol	1198	1199		0,51							
3-metil-butirato de hexila	1182	-	1,77		1,71	1,65		1,15	0,4		1,24
Verbenone	1192	1188		0,29			0,34				
Eucarvona	1251	1245		0,36							
trans-β-cariofileno	1428	1427	0,39	0,44	0,42	0,11	0,45	0,52	0,28	0,54	0,07

Tabela 8: Continuação

α -cariofileno	1464	1463	0,16		0,11			0,13	0,06	0,09	
Monoterpenos			89,48	89,07	95,87	89,85	95,48	95,43	37,64	57,74	45,27
Sesquiterpenos			0,55	0,44	0,53	0,11	0,45	0,65	0,34	0,63	0,07
Ésteres			4,62	8,3	2,09	4,64	1,02	2,76	58,32	40,18	53,7
Alcoóis			0	0	0	2,47	0,91	0	1,7	0,23	0,28
Hidrocarbonetos aromáticos			2,33	0	0	0	0	0,05	0,76	0	0,19
Não identificados			2,83	2,14	1,22	3,06	2,08	1,09	1,05	0,97	0,44

^a Índice de retenção exibidos pelos compostos em coluna DB-5MS ou similar, segundo dados disponíveis na base NIST. ^b Área relativa do pico no cromatograma obtido por CG-EM.

Em todos os tratamentos, o monoterpeneo δ -3-careno foi o constituinte majoritário da manga ‘Tommy Atkins’ MP com média superior a 57 %. Entretanto, ao longo do tempo, houve um declínio estatisticamente significativo nos seus teores em todas as amostras armazenadas por 6 dias. MacLeod e Snyder (1988), em estudo com mangas ‘Tommy Atkins’ MP armazenadas à -15°C por quatorze meses, verificaram que a composição química de frutos processados foi similar a dos frutos frescos, apresentando também uma redução no percentual de δ -3-careno. Lopes et al. (1999) atribuíram ao δ -3-careno a maior contribuição ao aroma verde (lembra o odor de uma folha de mangueira recém-macerada) encontrado na variedade ‘Tommy Atkins’.

As mangas revestidas com purê de manga + alginato de sódio (1%) exibiram os maiores teores desse composto (64,47 %). Diante do exposto, a adição de purê de manga ao alginato de sódio, constitui uma fonte de compostos voláteis, além de favorecer a formação de filmes em razão de a manga conter altos níveis de carboidratos, que são os principais componentes para elaboração de películas comestíveis, as quais formam uma barreira ao redor do produto reduzindo a perda desses compostos (LAKSHMINARAYANA, 1980; HAN; GENNADIOS, 2005). Sothornvit e Rodsaran (2008) constataram que o uso de purê de manga para revestir mangas minimamente processadas foi eficiente por atuar como boas barreiras ao oxigênio e por melhorar as propriedades mecânicas.

Em relação aos ésteres, foram identificados sete compostos, sendo que o acetato de isobutila esteve presente em todos os tratamentos nos dois últimos períodos de avaliação, com ênfase no sexto dia de armazenamento (Tabela 9). Para esse éster não foi observada diferença significativa apenas entre os tratamentos. A presença de ésteres caracteriza o aroma tipicamente frutal, o qual é característico das frutas em geral, não estando diretamente

associado a uma ou outra fruta específica (ROSSITER, 1996). Canuto et al. (2009) e Lalel et al. (2003), em estudos independentes, encontraram evidências de que o surgimento de ésteres ou incremento de suas concentrações em mangas cv. ‘Tommy Atkins’ e ‘Kensington Pride’, respectivamente, estão associados ao amadurecimento do fruto.

Os compostos voláteis majoritários identificados nesse trabalho, com exceção do acetato de isobutila, estiveram presentes em todos os tratamentos e tempos de armazenamento, e representam a constituição básica volátil da manga ‘Tommy Atkins’: α -pineno, β -pineno, δ -3-careno, limoneno, α -terpinoleno e *trans*- β -cariofileno, por estarem presentes no aroma dessa variedade independente da procedência da fruta ou do método de extração utilizado (MACLEOD; SNYDER, 1988; LOPES et al., 1999; FRANCO et al., 2004; CANUTO et al., 2009). O acetato de isobutila está sendo relatado pela primeira vez na literatura como componente da cultivar Tommy Atkins.

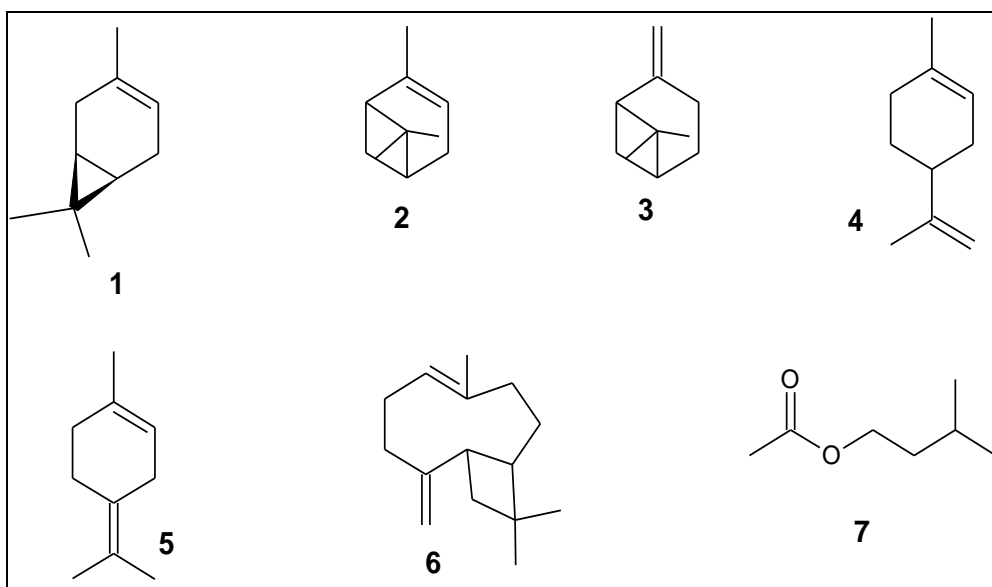


Figura 3. Estruturas químicas dos constituintes majoritários presentes em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas, δ -3-careno (1), α -pineno (2), β -pineno (3), limoneno (4), α -terpinoleno (5), *trans*- β -cariofileno (6), acetato de isobutila (7).

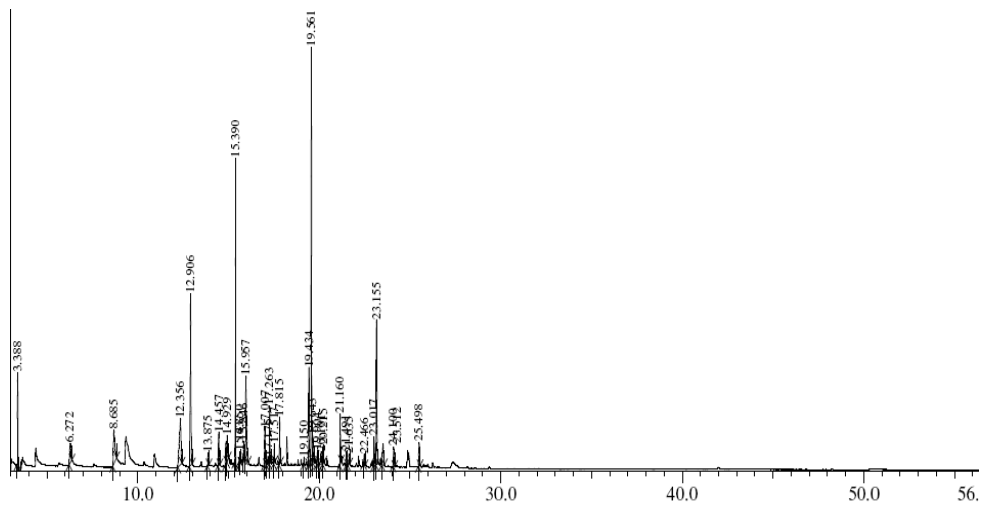
Tabela 9. Constituintes majoritários presentes em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e tratadas com diferentes revestimentos comestíveis e tempos de armazenamento.

Fatores ²	Revestimentos ¹			Média	
	I	II	III		
α-pineno					
Tempo (dias)	1	11,50 aA	10,78 aA	12,23 aA	11,50
	3	10,49 aB	11,88 aA	9,56 aB	10,64
	6	3,53 bC	5,50 bA	4,51 bB	4,51
Média	8,51	9,39	8,77	8,89	
β-pineno					
Tempo (dias)	1	1,76 aA	1,47 aB	1,79 aA	1,67
	3	1,51 aB	1,74 aA	1,36 bB	1,54
	6	0,48 bB	0,82 bA	0,60 cB	0,63
Média	1,25	1,34	1,25	1,28	
δ-3-careno					
Tempo (dias)	1	69,48 aA	70,10 aA	74,42 aA	71,33
	3	71,84 aA	75,85 aA	76,41 aA	74,70
	6	30,68 bB	47,47 bA	37,12 bB	38,42
Média	57,33	64,47	62,65	61,49	
limoneno					
Tempo (dias)	1	4,00 aB	3,68 aB	4,49 aA	4,06
	3	4,39 aA	3,69 aB	3,95 aB	4,01
	6	1,77 aB	2,25 aA	1,82 aB	1,95
Média	3,39	3,21	3,42	3,34	
α-terpinoleno					
Tempo (dias)	1	1,94 aA	1,66 aC	1,78 aB	1,79
	3	1,62 aB	1,62 aB	2,24 aA	1,83
	6	0,88 bB	1,52 aA	0,90 bB	1,10
Média	1,48	1,60	1,64	1,57	
trans-β-cariofileno					
Tempo (dias)	1	0,39 aA	0,44 bA	0,42 aA	0,42
	3	0,11 bB	0,45 bA	0,52 aA	0,36
	6	0,28 aB	0,55 aA	0,07 bC	0,30
Média	0,26	0,48	0,34	0,36	
acetato de isobutila					
Tempo (dias)	1	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA	0,00
	3	2,50 bA	0,98 bB	1,27 bB	1,58
	6	56,03 aA	39,07 aB	50,99 aA	48,70
Média	19,51	13,35	17,42	16,76	

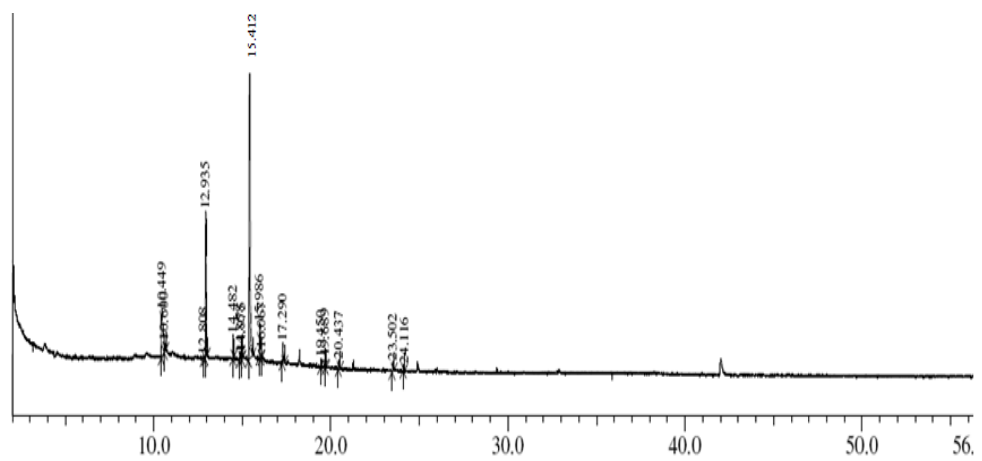
^{1/} Revestimentos: I – Alginato (1%); II - Purê de manga + alginato (1%) e III - Controle.

^{2/} Tratamentos seguidos da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo método de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A



B



C

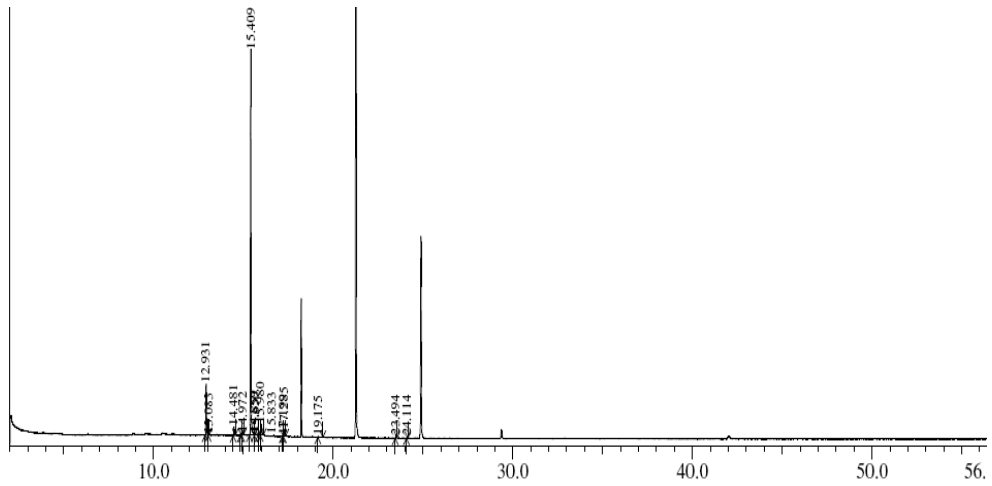
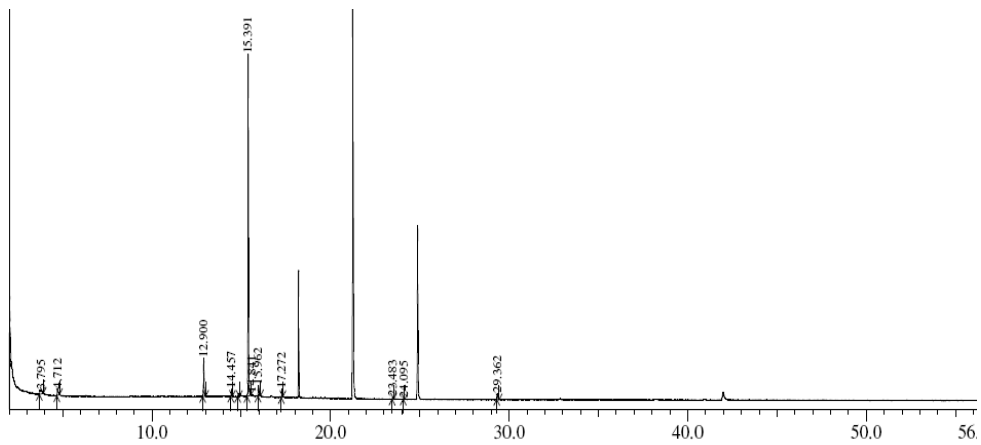
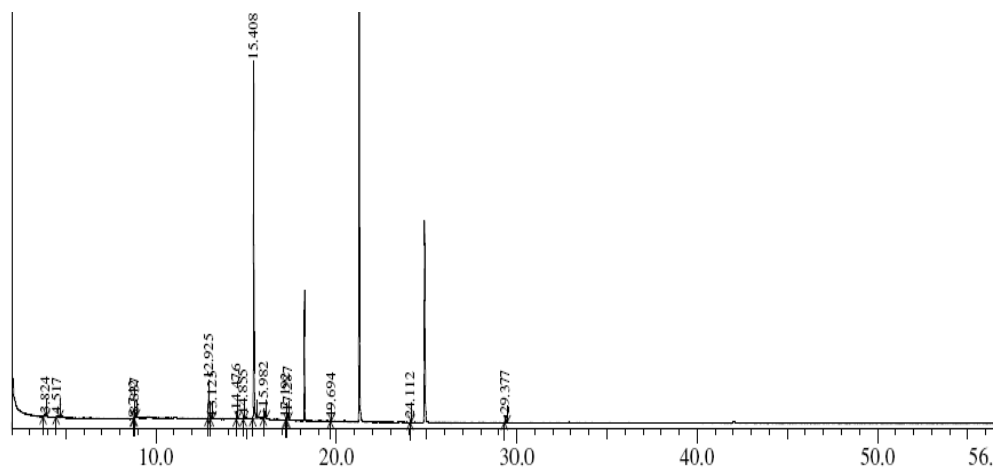


Figura 4. Cromatogramas dos compostos voláteis de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas por um dia, e tratadas com alginato de sódio (1%) (A), purê de manga + alginato de sódio (1%) (B) e controle (C).

A



B



C

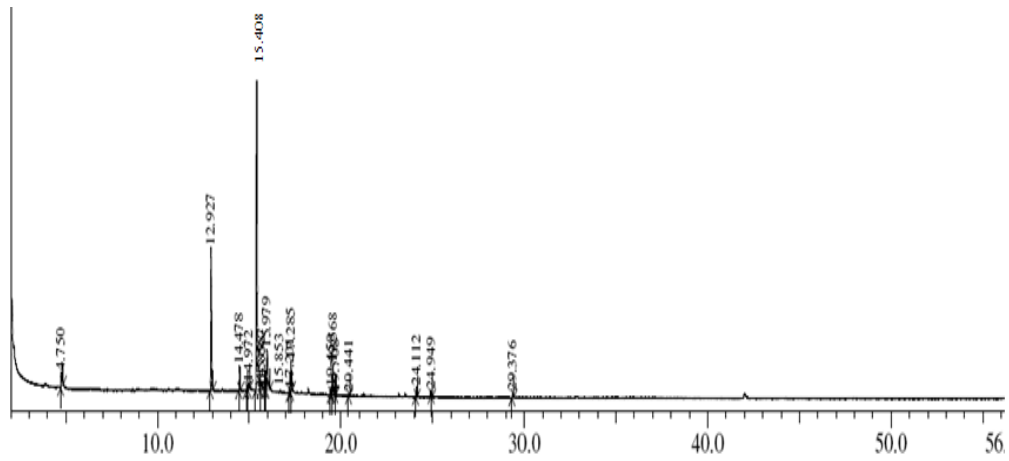
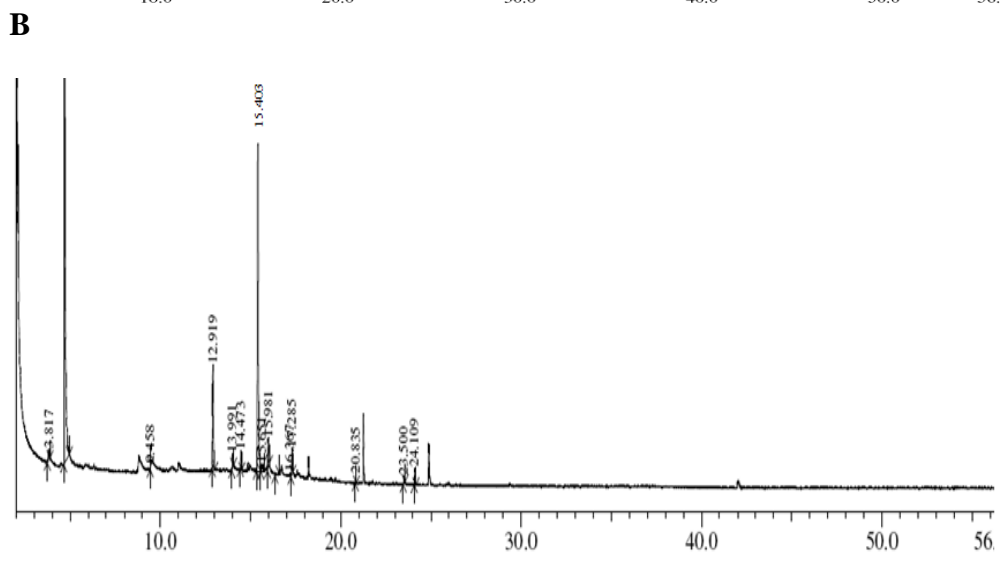
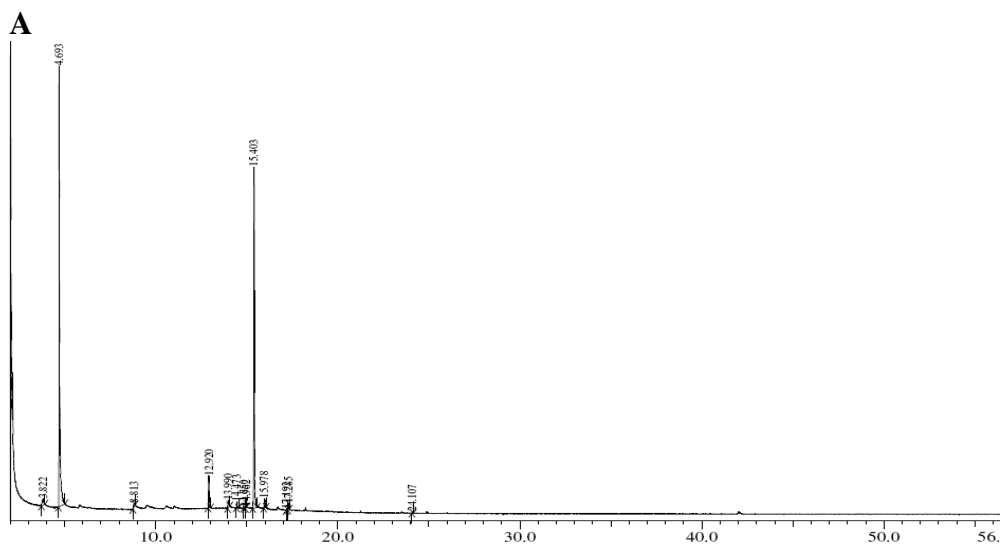


Figura 5. Cromatogramas dos compostos voláteis de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas por três dias, e tratadas com alginato de sódio (1%) (A), purê de manga + alginato de sódio (1%) (B) e controle (C).



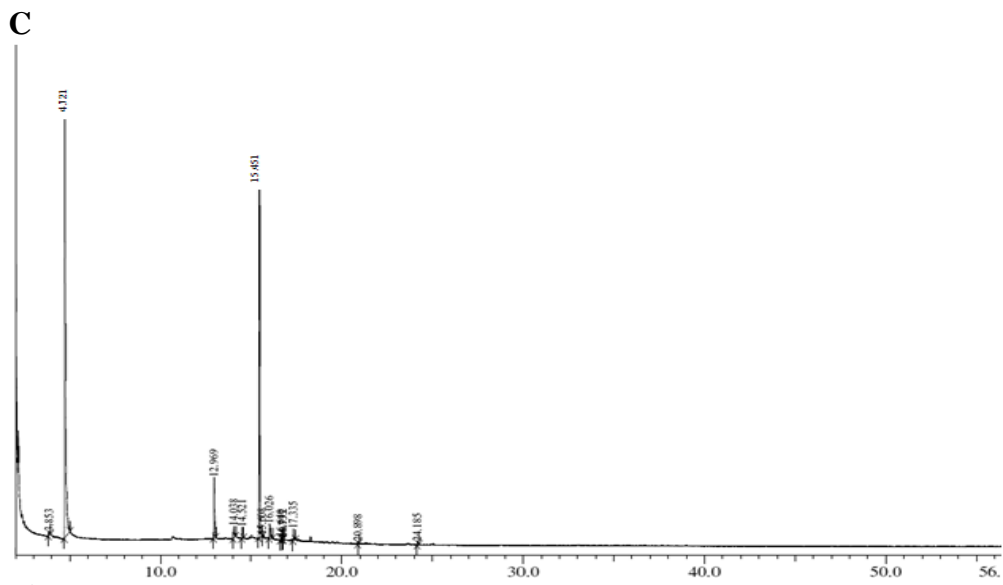


Figura 6. Cromatogramas dos compostos voláteis de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas por seis dias, e tratadas com alginato de sódio (1%) (A), purê de manga + alginato de sódio (1%) (B) e controle (C).

5. CONCLUSÕES

Os filmes confeccionados apresentaram diferentes taxas de permeabilidade ao vapor d'água (PVA) em função das variáveis analisadas (concentração de alginato de sódio nos filmes e tempo de imersão em cloreto de cálcio). A menor PVA dentro das condições utilizadas foi de $0,31 \text{ mm kPa}^{-1} \text{ m}^{-2}$ com 1% de alginato e 15 segundos de imersão em CaCl_2 , portanto, a definição do filme com a menor PVA foi adotada como referência para a elaboração de revestimentos comestíveis em mangas minimamente processadas.

Análises por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas revelaram o δ -3-careno como constituinte majoritário no aroma da manga, e foi utilizado nesse trabalho como indicativo para avaliar a retenção dos compostos voláteis dos revestimentos comestíveis em mangas minimamente processadas. As mangas revestidas com purê de manga + alginato de sódio (1%) exibiram os maiores teores desse composto (64,47 %).

O revestimento comestível (purê de manga + alginato de sódio) se mostrou eficiente em manter a qualidade (perda de massa, sólidos solúveis, acidez titulável, 'ratio', pH, vitamina C, açúcares totais e atividade da polifenoloxidase) e em reter o δ -3-careno, em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas, armazenadas à 10°C , por seis dias.

Para a realização de trabalhos futuros sugere-se:

- Adicionar algum antioxidante ao filme, pois o mesmo escureceu após o sexto dia de aplicação;

- Melhorar a embalagem para ter aplicabilidade mais eficiente, pois o filme é difícil de ser aplicado e hoje não tem retorno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. **Ethylene in plant biology**. 2. ed. San Diego: Academic, 1992.

ALLEN, L. et al. Edible corn-carbohydrate food coatings, I. Development and physical testing of a starch-algin coating. **Food Technology**, v. 17, p. 1437-1441, 1963.

ALLONG, R.D.; WICKHAM, L.D.; MOHAMMED, M. The effect of cultivar, fruit ripeness, storage temperature and duration on quality of fresh-cut mango. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.509, p.478-494, 2000.

ANDRADE, E.; MAIA, J.; ZOGHBI, M. Aroma volatile constituents of Brazilian varieties of mango fruit. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 13, p. 27-33, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC, 1995. 1141p.

ARVANITOYANNIS, I. Totally and partially biodegradable polymer blends based on natural and synthetic macromolecules: preparation, physical properties and potential as food packaging material. **Journal Macromolecules Science**, v. 39, p. 205–271, 1999.

STANDARD TEST METHODS FOR WATER VAPOR TRANSMISSION OF MATERIALS. E96-92. In: **Annual book of American Standard Testing Methods**. Philadelphia:ASTM, 1989.

AUGUSTO, F. et al. Screening of Brazilian fruit aromas using solid-phase microextraction–gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography**, n. 87, p. 117–127, 2000.

AZEREDO, H. M. C. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados: potencial de aplicação. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA)**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 267-278, jul./dez., 2003.

AZEREDO, H. M. C. et al. Evaluation of Stability of Alginate-coated Mango Cubes Preserved by the Combined Methods Technology. **Proceedings Interamerican Society Tropical Horticulture**, n. 47, p. 203-205, 2003.

BALDWIN, E. A. et al. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.17, n.3, p.215-226, 1999.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 35, p. 509-524, 1995a.

BALDWIN, E. A. et al. Effect of coatings and prolonged storage conditions on fresh orange flavors volatiles, degrees Brix and ascorbic acids levels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.43, p.1311 – 1331, 1995b.

BATISTA, P. F. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante em frutas produzidas no submédio do vale do São Francisco**. 2010. 157p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, 2010.

BEAULIEU, J. C.; BALDWIN, E. A. Flavor and aroma of fresh-cut fruits and vegetables. In: LAMIKANRA, O. (Ed.), **Fresh-cut Fruits and Vegetables**. Florida: CRC Press, 2002. p. 391-425.

BEAULIEU, J. C.; LEA, J. M.; Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared from-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. **Postharvest Biology and Technology**, v. 30, p. 15-28, 2003.

BEAULIEU, J.C., GORNY, J.R. Fresh-cut fruit. 2004. In: Gross, K.C., Wang, C.Y., Saltveit, M. E. (Eds.). **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Crops**. Disponível em: <<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/146freshcutfruits.pdf>> .Acesso em: 26 jan. 2010.

BENDER, R. J. et al. Aroma volatiles of mature-green and tree-Ripe 'Tommy Atkins' mangoes after controlled atmosphere vs. air storage. **Horticulture Sciences**, v. 35, n. 4, p. 684-686, 2000.

BERNIZ, P. J. **Avaliação industrial de variedades de manga (*Mangifera indica* L.) para elaboração de néctar**. 1984. 55p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química de processamento de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Valera, 2001. 143p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 1, de 7 de Janeiro de 2000. **Padrões de identidade e qualidade para polpa de manga**. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do/method.>> Acesso em: 04 jan. 2011.

BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, v.30, n.1, p. 18-22, 1995.

BURNS, J.K. Lightly processed fruits and vegetables: Introduction to the colloquium. **HortScience**, v. 30, n. 1, p. 14-17, 1995.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (Ed). **Postharvest Technology Horticulture Crops**. Oakland: University of Califórnia, 1992. p. 277-281.

CANUTO, K. M.; SOUZA-NETO, M. A.; GARRUTI, D. S. Composição química volátil, em diferentes estádios de maturação, de manga ‘Tommy Atkins’ produzida no vale do São Francisco. **Química Nova**, v. 32, n. 9, p. 2377-2381, 2009.

CARVALHO, C. R. L. et al. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo Instituto Agronômico de Campinas comparadas a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 264-271, 2004.

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

CUQ, B.; GONTARD, N.; GUILBERT, S. Edible films and coatings as active layers. In: ROONEY, M.L. (Ed.) **Active food packaging**. London: Blackie Academic & Professional, 1995. p. 111-142.

DEA, S. et al. Occurrence of chilling injury in fresh-cut ‘Kent’ mangoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 57, p. 61–71, 2010.

DONADON, J. R. et al. Produtos minimamente processados de mangas “Parvin” conservados em diferentes embalagens. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.14, n.1, p. 87-92, 2003.

DONADON, J.R. et al. Production and preservation of fresh-cut ‘Tommy Atkins’ mango chunks. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.645, p.257-265, 2004.

DONADON, J. R.; SOUZA, B. S.; DURIGAN, J. F. Processamento mínimo de manga. In: MORETTI, C. L. (Ed). **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa/SEBRAE, 2007. p. 273 – 282.

DONHOWE, I. G.; FENNEMA, O. Edible films and coatings: characteristics, formation, definitions and testing methods. In: KROCHTA, J. M.; BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O. (Ed). **Edible coatings and films to improve food quality**. Lancaster: Technomic Publishing Company, 1994. p- 11-24.

ENGEL, K. H.; TRESSL, R. Studies on the volatile components of two mango varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 31, p. 796-801, 1983.

FAO. **FAOSTAT**: production-crops. Disponível em: < <http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 22 jan. 2011.

FINGER, F.L., VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa: UFV, 1997. 29p.

FONTES, L. C. B. **Uso de solução conservadora e de películas comestíveis em maçãs da cultivar Royal Gala minimamente processadas: efeito na fisiologia e na conservação.** 2005. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, 2005.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos.** 9.ed. São Paulo: Atheneu, 1998. 87p.

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N.S. Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais.** São Paulo: Livraria Varela, 2003. p. 17-28.

FRANCO, M. R. B.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.; LANÇAS, F. M. Compostos voláteis de três cultivares de manga (*Mangifera indica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 165-169, 2004.

FREIRE JUNIOR, M. Uso de revestimentos comestíveis em produtos minimamente processados. In: Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 5., 2008, Lavras. **Palestras, Mini-cursos e Resumos.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. p.38-42.

GALLO, J-A. Q. et al. Lipidic hydrophobic, physical state and distribution effects on the properties of emulsion-based films. **Journal of Membrane Science**, v. 180, p. 37-46, 2000.

GLICKSMAN, M. Origin and classification of hydrocolloids. In: _____. (Ed.) **Food hydrocolloids.** Boca Raton: CRC Press, 1982. p. 3-15.

GONZALEZ-AGUILAR, G. A. et al. Physiological and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5°C. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, p. 91-101, 2008.

GROPPO, V. D. **Laranja ‘Pera’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) minimamente processada: efeito de cloreto de cálcio e película de alginato de sódio na fisiologia e conservação.** 2007. 98p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, 2007.

HAN, J. H.; GENNADIOS, A. Edible films and coatings: a review. In: HAN, J.H. (Ed.), **Innovations in Food Packaging**. London: Elsevier Applied Science Publishing Co., p. 239–262, 2005.

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

IBÁÑEZ, E. et al. Analysis of volatile fruit components by headspace solid-phase micro extracion. **Food Chemistry**, v. 63, p. 281-286, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2009**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 27 jan. 2011.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org>> Acesso em: 05 dez. 2010.

JACOMINO, A.P. et al. Processamento Mínimo de frutas no Brasil. In: SYMPOSIUM ESTADO ACTUAL DEL MERCADOS DE FRUTOS Y VEGETALES CORTADOS EN IBEROAMÉRICA, 2004, "San José" Costa Rica. **Resumos...** “ San José” Costa Rica, 2004. p.79-86.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O.R. Edible films and coatings: a review. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 12, p. 47-59, 1986.

KING, A. H. Brow seaweed extracts (Alginates). In: GLICKSMAN, M. E. D. **Food hydrocolloids**. Boca Raton: CRC Press, 1983. v. 2, chap. 6, p. 115-190.

KROCHTA, J. M.; MULDER-JOHNSTON, C. de. Edible and Biodegradable Polymer films: Challenges and Opportunities. **Food Technology**, Chicago, v. 51, n.2, p. 61-74, 1997.

LAKSHMINARAYANA, S. Mango. In: Nagy, S., Shaw, P.E. (Eds.), **Tropical and Subtropical Fruits**. Westport: AVI, 1980. p. 184–257.

LALEL, H. J. D.; SINGH, Z.; TAN, S. C. Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride' mango. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, p. 323-336, 2003.

LEON, D.M; PESIS, J.C.; GARCIA, H.S. Physiology of Tommy Atkins mango slices stored in modified atmospheres. In: ANNUAL MEETING, IFT., 2000, Dallas. **Anais eletrônicos...** Dallas, 2000. Disponível em: <http://ift.confex.com/ift/2000/techprogram/paper_4367.htm>. Acesso em: 01 fev. 2011.

LIU, JIA-JUN. (Guangdong Industry Technical College-Food and Biology Department, Guangzhou 510030, China) Preserving Effect of Sodium alginate on Fresh Mango. **Modern Food Science and Technology**, v. 06, 2009.

LOPES, D. C.; FRAGA, S. R.; REZENDE, C. M.; Principais substâncias responsáveis pelo aroma de mangas comerciais brasileiras identificadas por cromatografia gasosa de alta resolução/olfatometria/espectrometria de massas. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 31-36, 1999.

MACLEOD, A. J.; SNYDER, C. H. Volatile components of mango preserved by deep freezing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 36, n. 1, p. 137 – 139, 1988.

MALUNDO, T. M. M. et al. Method for the rapid *headspace* analysis of mango (*Mangifera indica* L.) homogenate volatile constituents and factors affecting quantitative results. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 2187-2194, 1997.

MANCINI, F., McHUGH T. H. Fruit-alginate interactions in novel restructured products. **Nahrung**, v.44, n.3, 152–157, 2000.

MANICA, I. Colheita – embalagem - armazenamento. In:____. **Manga: tecnologia, produção, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001, p. 435-543.

MARTIM, N. S. P. P. **Estudo das características de processamento da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins' desidratada**. 2006. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JÚNIOR, O. D. Processamento mínimo em goiabas ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’. Avaliação química, sensorial e microbiológica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 409-413, 2003.

McHUGH, T. H.; SENESI, E. Apple Wraps: A Novel Method to Improve the Quality and Extend the Shelf Life of Fresh-cut Apples. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 3, p.480-485, 2000.

McHUGH, T. H; HUXSOLL, C. C, KROCHTA, J. M. Permeability properties of fruit puree edible films. **Journal of Food Science**, v.61, n.1, p.88-91, 1996.

MENEGHEL, R. F. A.; BENASSI, M. T.; YAMASHITA, F. Revestimento comestível de alginato de sódio para frutos de amora-preta (*Rubus ulmifolius*). **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n.3, p. 609-618, 2008.

MIGUEL, A. C. A. **Uso de película comestível, cloreto de cálcio e ácido ascórbico para a conservação do melão ‘Amarelo’ minimamente processado**. 2008. 196 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, 2008.

MIGUEL, A. C. A. et al. Pós-colheita de uva ‘Itália’ revestida com filmes à base de alginato de sódio e armazenada sob refrigeração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n. 2, p. 277-282, 2009.

NIST. Disponível em: <<http://webbook.nist.gov/chemistry/>>. Acesso em: 10 Jan. 2011.

OLIVAS, G. I.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Edible coating for fresh-cut fruits. **Critical Reviews Food Science and Nutrition**, v. 45, n. 7-8, p. 657–670, 2005.

OLIVEIRA, A. C. de. **Produção e caracterização de partículas de hidrogéis para aplicação em cosméticos**. 2004. 178 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ONSOYEN, E. Alginates. In: IMENSON, A. **Thickening and gelling agents for food**. 2.ed. London: Blackie Academic and Professional, 1997. p. 22-44.

PAVLATH, A. E.; ORTS, W. Edible Films and Coatings: Why, What, and How? In: EMBUSCADO, M. E; HUBER, K. C. **Edible Films and Coatings for Food Applications**. New York: Springer, 2009. p. 1-23.

PAVLATH, A. E.; VOISIN, A.; ROBERTSON, G. H. Pectin-based biodegradable water insoluble films. **Macromolecular Symposium**, n. 140, p. 107–113, 1999.

PAWLISZYN, J. **Journal of Chromatographic Science**, v. 38, p. 270-278, 2000.

PEREIRA, L. M. et al. Influence of Modified Atmosphere Packaging and Osmotic Dehydration on the Quality Maintenance of Minimally Processed Guavas. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 4, p. 172-177, 2004.

PILON, L. **Conservação de abacaxi minimamente processado utilizando como coadjuvantes cloreto de cálcio, película comestível e radiação gama**. 2007. 120p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

PINHEIRO, D.M.; PASTORE, G.M. Produção biotecnológica de compostos de aromas. In: FRANCO, M.R.B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Livraria Varela, 2003. p. 195-206.

PINTO, A. C. Q. O agronegócio da manga. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; DA SILVA, A. G (Ed.). **Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 402.

PLOTTO, A.; GOODNER, K. L.; BALDWIN, E. A. Effect of polysaccharide coatings on quality of fresh cut mangoes (*Mangifera indica*). **Proceeding of the Flórida State Horticultural Society**, v. 117, p. 382-388, 2004.

RATTANAPANONE, N.; WATADA, A. E. Respiration rate and respiratory quotient of fresh-cut mango (*Mangifera indica* L.) in low oxygen atmosphere. **Acta Horticulture**, n.509, p.471-478, 2000.

RHIM, J.-W. Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. **Lebensmittel.-Wissenschaft und-Technologie**, v.37, p.323-330, 2004.

RIZZOLO, A.; POLESELLO, A.; POLESELLO, S. Use of headspace capillary GC to study the development of volatile compounds in fresh fruits. **Journal of High Resolution Chromatography**, v. 15, p. 472-477, 1992.

ROCHA, R. H. C. et al. Uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 302-305, 2001.

ROCHA, S. M. **Porque se estudam os compostos voláteis dos alimentos de origem vegetal?** Disponível em: <http://www.spq.pt/boletim0docs/boletimSPQ_112_049_09>, Acesso em: 12 maio 2009.

RODRIGUES, L. K. et al. Vida útil de fatias de manga armazenadas em embalagem com atmosfera modificada passiva. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 271-278, 2008.

ROJAS-GRAÜ, M.A. et al. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 254–264, 2007.

ROLLE, R., CHISM, G.W., Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**., v.43, p.274-276, 1987.

ROSSITER, K. J. Structure-odor relationships. **Chemical Reviews**, v.96, p.3201-3240, 1996.

SCHIEBER, A.; BERARDINI, N.; CARLE, R. Identification of flavonol and xanthone glycosides from mango (*Mangifera indica* L. cv, .Tommy Atkins.) peels by High-Performance Liquid Chromatography-Electrospray Ionization mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 5006-5011, 2003.

SHANG, C. et al. Headspace Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry Analysis of Free Volatile Compounds in Mango. **Chromatographia**, v. 55, n. 11/12, p. 737-741, 2002.

SHEWFELT, R.L. Quality of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v.10, p.143-156, 1987.

SILVA, E. O. et al. **Processamento Mínimo de Produtos Hortícolas**. Fortaleza (CE): Embrapa Agroindústria Tropical, 2011 (Série Documentos Embrapa, n. 139).

SILVA, P. C. G. da; CORREIA, R. C. Socioeconomia. In: MOUCO, M. A. do C. (Ed.). **Cultivo da Mangueira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. (Sistemas de Produção, 2). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

SINGH, Z.; LALEL, H. J. D.; NAIR, N. A review of mango fruit aroma volatile compounds – State of the art research. **Acta Horticulturae**, v. 645, p. 519-527, 2004.

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 NETO, M. A. et al. **Manga e melão desidratados**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 34p. (Coleção agroindústria familiar).

SOUZA, B. S. et al. Mangas minimamente processadas amadurecidas naturalmente ou com etileno e armazenadas em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 271-275, 2006.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados.** Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.

SUGAI, Á. Y. **Processamento descontínuo de purê de manga (*Mangifera indica* Linn.), variedade haden: estudo da viabilidade do produto pronto para consumo.** 2002. 82p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

THARANATHAN, R.N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Food Science and Technology**, v. 14, p 71-78, 2003.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M.R.B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 34, p. 52-59, 2000.

TODA FRUTA **Características da manga: matéria frutas de A a Z.** 2003. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>>. Acesso em: 27 jan. 2011.

WANG, L. Z. et al. Assessment of thin film-forming potential and properties of protein and polysaccharide-based biopolymer films. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, p. 1128-1138, 2007.

WATADA, A. E.; QI, L. Quality of Fresh-cut Produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 201-205, 1999.

WATADA, A.; ABE, K.; YAMAUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, n.20, p.116-122, 1990.

WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N. **Carbohydrate chemistry for food scientists.** San Diego: Academia Press, 1997. 214p.

WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F. **Starch chemistry and technology.** San Diego: Academic Press, 1984. 718p.

WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables.** New York: Chapman & Hall, 1994. 368p.

WILLS, R. et al. **Postharvest**: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals. 4.ed. Wallingford: New South Wales University Press, 1998. 262p.

WISSEMANN, K.W., LEE, C.Y. Polyphenoloxidase activity during grape maturation and wine production. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.31, n.3, p.206-211, 1980.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508-514, 1954.