



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS



**AVALIAÇÃO DA VIDA ÚTIL DE MANGA (*Mangifera indica* CV  
'TOMMY ATKINS') MINIMAMENTE PROCESSADA PRÉ-TRATADA  
COM ÁCIDO CÍTRICO E COBERTURAS COMESTÍVEIS**

**Marcela Chiumarelli**

**Engenheira Agrícola**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Miriam Dupas Hubinger**

**Orientadora**

Dissertação de mestrado apresentada à  
Faculdade de Engenharia de Alimentos  
da Universidade Estadual de Campinas  
para a obtenção do título de Mestre em  
Engenharia de Alimentos.

Campinas - SP

Maio de 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

C449a Chiumarelli, Marcela  
Avaliação da vida útil de manga (*Mangifera indica* cv 'Tommy Atkins') minimamente processada pré-tratada com ácido cítrico e coberturas comestíveis / Marcela Chiumarelli. -- Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Miriam Dupas Hubinger  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Manga. 2. Fécula de mandioca. 3. Ácido cítrico. 4. Alginato de sódio. 5. Processamento mínimo. I. Hubinger, Miriam Dupas. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

(cars/fea)

Título em inglês: Evaluation of the shelf-life of minimally processed mango (*Mangifera indica* cv 'Tommy Atkins' ) pre-treated with citric acid and edible coatings

Palavras-chave em inglês (Keywords): Mango, Cassava starch, Citric acid, Sodium alginate, Minimal processing

Titulação: Mestre em Engenharia de Alimentos

Banca examinadora: Miriam Dupas Hubinger

Celso Costa Lopes

Leila Mendes Pereira Rodrigues

Marcos David Ferreira

Programa de Pós-Graduação: Programa em Engenharia de Alimentos

## **BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Miriam Dupas Hubinger**

(Orientadora – DEA/FEA – UNICAMP)

---

**Prof. Dr. Celso Costa Lopes**

(Membro – DEA/FEA – UNICAMP)

---

**Dr<sup>a</sup>. Leila Mendes Pereira Rodrigues**

(Membro – Pós-Doutorado/FEA – UNICAMP)

---

**Prof. Dr. Marcos David Ferreira**

(Membro – CNPDIA/Embrapa)



*“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”*  
*Chico Xavier*

*“São as nossas escolhas que revelam o que realmente somos, muito mais do que as nossas qualidades.”*  
*J. K. Rowling*



## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais, João e Vita, ao meu irmão, João Henrique, e ao meu namorado, Carlos Eduardo, que sempre me apoiaram, incentivaram e compartilharam comigo todas as etapas desta caminhada.*



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por iluminar meus caminhos, guiar meus passos e abençoar minhas escolhas.

Aos meus pais, João e Vita, e meu irmão, João Henrique, pelo apoio, carinho e paciência em todos os momentos desta caminhada.

À Profa. Dra. Miriam Dupas Hubinger pela orientação, paciência e oportunidade de aprendizado.

À banca examinadora, composta pelos professores Dr. Celso e Dr. Marcos David Ferreira e pela Dr. Leila, por enriquecer este trabalho com suas sugestões.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelo apoio financeiro.

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) por autorizar a utilização do Laboratório de Análise Sensorial e do colorímetro.

À Renata, técnica do laboratório de Instrumentação do DTA, pela colaboração na realização dos ensaios de determinação de cor.

À Claire Isabel Grigoli de Luca Sarantópoulos e à técnica Ana Paula Hitomi Oshiro do Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA – ITAL) pela colaboração na realização dos ensaios de determinação da taxa respiratória e composição gasosa da embalagem.

Ao Centro de Microbiologia do ITAL pela colaboração na realização das análises microbiológicas.

À Casa da Uva Ltda – CEASA/Campinas pelo fornecimento das mangas utilizadas nas análises.

A Carlos Eduardo, pelo apoio, carinho, paciência, empréstimo da câmera digital, ajuda com os textos em inglês e correção ortográfica da dissertação.

À Cristhiane, pela amizade, apoio, paciência, grande colaboração para a conclusão deste trabalho, por ser companheira de “escondidinho” e me fornecer vários emoticons do MSN.

À Aninha, pela amizade, dicas e por sua sensacional habilidade culinária.

À Ana Ito, pelos conselhos e dicas, pela paciência quando foi monitora de cálculo numérico e pela companhia nos almoços.

À Carolina, pela companhia, caronas, pela grande amizade e por gostar de doces tanto quanto eu.

À Fabiana, pela amizade, caronas, apoio e por ser modelo de eficiência na realização dos trabalhos de laboratório.

À Louise, pela amizade, paciência, pelos cafés e pela rara companhia no almoço.

À Nenis, pelo apoio, caronas, almoços, cafés, conversas, amizade e por ser dona de uma ótima risada.

À Renata, pela companhia no almoço, cafés, conversas, caronas, amizade e por ser sempre muito zen.

Aos meus companheiros de mestrado e laboratório: Andrea, César, Bia, Lorena, Marcos Bruno, Rosana, Juliana, Margarita, Poliana, Felipe, Wagner, Vitor e Follegatti.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho de alguma forma.

Muito obrigada!

## SUMÁRIO

Lista de Figuras _____	xiii
Lista de Tabelas _____	xv
Resumo _____	xvii
Abstract _____	xix
1. Introdução _____	1
2. Revisão Bibliográfica _____	3
2.1. Manga _____	3
2.2. Produtos Minimamente Processados _____	6
2.3. Coberturas Comestíveis _____	9
2.3.1. Coberturas a Base de Fécula de Mandioca _____	10
2.3.2. Coberturas a Base de Alginato de Sódio _____	12
2.3.3. Uso de Plasticizantes em Coberturas _____	14
2.4. Ácido Cítrico na Conservação de Alimentos _____	15
2.5. Avaliação da Qualidade _____	17
3. Material e Métodos _____	21
3.1. Material _____	21
3.2. Métodos _____	22
3.2.1. Caracterização da Matéria-Prima e das Amostras _____	22
3.2.2. Processamento Mínimo e Pré-Tratamento _____	23
3.2.3. Ensaio Preliminares _____	24
3.2.4. Comparação entre Coberturas e Adição de Glicerol _____	24
3.2.5. Determinação da Taxa Respiratória do Produto _____	25
3.2.6. Composição Gasosa da Embalagem _____	25
3.2.7. Estudos de Vida Útil _____	26
3.2.8. Métodos Analíticos _____	26
3.2.9. Análise Sensorial _____	32
3.2.10. Análise Estatística _____	33
4. Resultados e Discussão _____	35

<b>4.1. Caracterização da Matéria-Prima</b>	<b>35</b>
<b>4.2. Ensaio Preliminares</b>	<b>37</b>
<b>4.2.1. Perda de peso</b>	<b>37</b>
<b>4.2.2. Propriedades Mecânicas – Tensão de Ruptura e Deformação</b>	<b>39</b>
<b>4.2.3. Avaliação da Cor</b>	<b>44</b>
<b>4.2.3. Escolha das Concentrações Ótimas</b>	<b>50</b>
<b>4.3. Comparação entre Coberturas e Adição de Glicerol</b>	<b>51</b>
<b>4.3.1. Perda de Peso</b>	<b>51</b>
<b>4.3.2. Atividade de água</b>	<b>52</b>
<b>4.3.3. Propriedades Mecânicas – Tensão e Deformação na Ruptura</b>	<b>53</b>
<b>4.3.4. Avaliação da Cor</b>	<b>56</b>
<b>4.4. Taxa Respiratória e Composição Gasosa</b>	<b>59</b>
<b>4.5. Estudo de Vida Útil do Produto</b>	<b>63</b>
<b>4.5.1. Perda de Peso</b>	<b>63</b>
<b>4.5.2. Propriedades Mecânicas – Tensão na Ruptura e Deformação</b>	<b>65</b>
<b>4.5.3. Avaliação da Cor</b>	<b>68</b>
<b>4.5.4. pH, Acidez Total Titulável e Sólidos Solúveis Totais</b>	<b>71</b>
<b>4.5.5. Atividade de Água e Umidade</b>	<b>74</b>
<b>4.5.6. Carotenóides Totais</b>	<b>77</b>
<b>4.5.7. Análise Sensorial</b>	<b>79</b>
<b>4.5.8. Análise Microbiológica</b>	<b>86</b>
<b>5. Conclusões</b>	<b>89</b>
<b>6. Referências Bibliográficas</b>	<b>91</b>
<b>Anexo A</b>	<b>99</b>
<b>Anexo B</b>	<b>100</b>
<b>Apêndice A – Ficha de Análise Sensorial</b>	<b>101</b>
<b>Apêndice B – Padrões de Coloração dos Ensaio Preliminares</b>	<b>102</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Manga variedade 'Tommy Atkins' (Fonte: <a href="http://www.hormel.com">www.hormel.com</a> ). _____	4
<b>Figura 2.2.</b> Taxa respiratória e produção de etileno de mangas inteiras em função da temperatura de armazenagem (Fonte: KADER, 2007). _____	6
<b>Figura 2.3.</b> Unidade estrutural do alginato, onde as moléculas de ácido $\alpha$ -L-gulurônico são representadas pelas letra G e as de ácido $\beta$ -D-manurônico, pela letra M. _____	13
<b>Figura 2.4.</b> Estrutura química e representação em 3D da molécula de glicerol. (Fonte: <a href="http://pt.wikipedia.org">http://pt.wikipedia.org</a> ) _____	15
<b>Figura 2.5.</b> Reações catalisadas pela enzima tirosinase (polifenol oxidase – PFO) - oxidação tanto de monofenóis (fenol) como difenóis (catecol). (Fonte: FATIBELLO-FILHO & VIEIRA, 2002). ____	16
<b>Figura 3.1.</b> Geometria do corte utilizado no trabalho: fatias de manga com 9mm de espessura. _	23
<b>Figura 3.2.</b> Recipientes herméticos utilizados nos ensaios para determinação da taxa respiratória. _____	25
<b>Figura 4.1.</b> Perda de peso de fatias de manga em função do tempo de armazenagem e da concentração de ácido cítrico. _____	38
<b>Figura 4.2.</b> Perda de peso de fatias de manga em função do tempo de armazenagem e da concentração de fécula de mandioca na cobertura. _____	39
<b>Figura 4.3.</b> Variação da tensão na ruptura durante a armazenagem de fatias de manga pré-tratadas com ácido cítrico em diferentes concentrações. _____	40
<b>Figura 4.4.</b> Variação da deformação na ruptura durante a armazenagem de fatias de manga pré-tratadas com ácido cítrico em diferentes concentrações. _____	41
<b>Figura 4.5.</b> Variação da tensão na ruptura durante a armazenagem de fatias de manga com cobertura a base de fécula de mandioca em diferentes concentrações. _____	42
<b>Figura 4.6.</b> Variação da deformação na ruptura durante a armazenagem de fatias de manga com cobertura a base de fécula de mandioca em diferentes concentrações. _____	43
<b>Figura 4.7.</b> Variação da luminosidade ( $L^*$ ) durante a armazenagem de fatias de manga pré-tratadas com ácido cítrico em diferentes concentrações. _____	45
<b>Figura 4.8.</b> Variação da luminosidade ( $L^*$ ) durante a armazenagem de fatias de manga com cobertura a base de fécula de mandioca em diferentes concentrações. _____	46
<b>Figura 4.9.</b> Perda de peso de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura em função do tempo de armazenagem. _____	52
<b>Figura 4.10.</b> Variação da tensão na ruptura durante a armazenagem de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura. _____	54
<b>Figura 4.11.</b> Variação da deformação na ruptura durante a armazenagem de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura. _____	55

<b>Figura 4.12.</b> Variação da luminosidade ( $L^*$ ) durante a armazenagem de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura. _____	<b>56</b>
<b>Figura 4.13.</b> Aparência e coloração de fatias de manga submetidas à imersão em ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura durante o armazenamento. _____	<b>59</b>
<b>Figura 4.14.</b> Teores de $O_2$ e $CO_2$ no interior das embalagens de poliestireno expandido e filme de PVC 20 $\mu m$ contendo fatias de mangas submetidas a diferentes tratamentos, armazenadas a 5°C por 16 dias. _____	<b>62</b>
<b>Figura 4.15.</b> Perda de peso de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto. _____	<b>64</b>
<b>Figura 4.16.</b> Variação da tensão na ruptura de fatias de manga frescas e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto. _____	<b>65</b>
<b>Figura 4.17.</b> Variação da deformação na ruptura de fatias de manga frescas e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto. _____	<b>66</b>
<b>Figura 4.18.</b> Ajuste de equação linear aos dados de tensão na ruptura para fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto. _____	<b>68</b>
<b>Figura 4.19.</b> Variação da luminosidade $L^*$ de fatias de manga frescas e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto. _____	<b>69</b>
<b>Figura 4.20.</b> Variação da umidade de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto. _____	<b>76</b>
<b>Figura 4.21 .</b> Ajuste de equação linear às quantidades de $\beta$ -caroteno em fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto. _____	<b>78</b>
<b>Figura 4.22.</b> Correlação entre teores de $\beta$ -caroteno e valores de tom $H^*$ de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto. _____	<b>79</b>
<b>Figura 4.23.</b> Intenção de compra das fatias de manga avaliadas sensorialmente durante a vida útil do produto. _____	<b>85</b>
<b>Figura 4.24.</b> Fatias de manga frescas e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca, durante o estudo de vida útil do produto. _____	<b>86</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1.</b> Composição centesimal e informação nutricional da manga variedade 'Tommy Atkins'.5	
<b>Tabela 2.2.</b> Composição físico-química centesimal e informação nutricional da fécula de mandioca.	
	<b>11</b>
<b>Tabela 4.1.</b> Composição química centesimal da manga ' <i>in natura</i> '. Valores médios expressos em porcentagem (%) e seus respectivos desvios padrão.	<b>35</b>
<b>Tabela 4.2.</b> Caracterização física da manga ' <i>in natura</i> '. Valores médios e seus respectivos desvios padrão.	<b>35</b>
<b>Tabela 4.3.</b> Composição físico-química centesimal da fécula de mandioca Tapioca Starch. Valores médios e seus desvios padrão.	<b>36</b>
<b>Tabela 4.4.</b> Valores do croma C* durante a armazenagem de fatias de manga pré-tratadas com ácido cítrico.	<b>47</b>
<b>Tabela 4.5.</b> Valores do croma C* durante a armazenagem de fatias de manga com cobertura a base de fécula de mandioca.	<b>48</b>
<b>Tabela 4.6.</b> Valores do tom H* durante a armazenagem de fatias de manga pré-tratadas com ácido cítrico.	<b>49</b>
<b>Tabela 4.7.</b> Valores do tom H* durante a armazenagem de fatias de manga com cobertura a base de fécula de mandioca.	<b>50</b>
<b>Tabela 4.8.</b> Valores de atividade de água de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura em função do tempo de armazenagem.	<b>53</b>
<b>Tabela 4.9.</b> Valores do croma C* durante a armazenagem de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura.	<b>57</b>
<b>Tabela 4.10.</b> Valores do tom H* durante a armazenagem de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura.	<b>58</b>
<b>Tabela 4.11.</b> Taxa respiratória (ml CO <sub>2</sub> /kg.h) de fatias de manga submetidas a diferentes tratamentos a temperatura de 5°C.	<b>60</b>
<b>Tabela 4.12.</b> Valores do croma C* de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.	<b>70</b>
<b>Tabela 4.13.</b> Valores do tom H* de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.	<b>71</b>
<b>Tabela 4.14.</b> Valores médios de pH de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.	<b>71</b>
<b>Tabela 4.15.</b> Valores médios de acidez total titulável (g de ácido cítrico/100 g de produto) de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.	<b>72</b>

<b>Tabela 4.16.</b> Valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix) de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.	<b>73</b>
<b>Tabela 4.17.</b> Valores médios de atividade de água ( $a_w$ ) a 25°C de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.	<b>75</b>
<b>Tabela 4.18.</b> Quantidade média de $\beta$ -caroteno ( $\mu\text{g/g}$ ) em fatias de manga 'in natura', fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.	<b>77</b>
<b>Tabela 4.19.</b> Avaliação sensorial da aparência das fatias de manga durante a vida útil do produto.	<b>80</b>
<b>Tabela 4.20.</b> Avaliação sensorial do aroma das fatias de manga durante a vida útil do produto.	<b>81</b>
<b>Tabela 4.21.</b> Avaliação sensorial do sabor das fatias de manga durante a vida útil do produto.	<b>82</b>
<b>Tabela 4.22.</b> Avaliação sensorial da textura das fatias de manga durante a vida útil do produto.	<b>82</b>
<b>Tabela 4.23.</b> Avaliação sensorial da impressão global das fatias de manga durante a vida útil do produto.	<b>83</b>
<b>Tabela 4.24.</b> Valores máximos encontrados para contagem microbiológica de fatias de manga durante a vida útil.	<b>87</b>

## RESUMO

A manga é uma fruta largamente cultivada e consumida no Brasil, sendo exportada também '*in natura*' para diversos países. Na forma minimamente processada, apesar da grande praticidade, as fatias podem apresentar escurecimento enzimático e mudanças desagradáveis de textura. Neste contexto, este trabalho visou estudar a vida útil de fatias de manga (*Mangifera indica* cv 'Tommy Atkins') pré-tratadas com ácido cítrico e/ou recobertas com fécula de mandioca ou alginato de sódio e estocadas a 5°C. Em testes preliminares, concentrações de 0,5% a 2% (p/v) de ácido cítrico e 1% a 3% (p/v) de fécula de mandioca foram analisadas quanto a: perda de peso, propriedades mecânicas (tensão e deformação na ruptura) e cor (L\*, C\* e H\*). As concentrações de 0,5% de ácido cítrico e 1% de fécula de mandioca foram definidas como as melhores condições de tratamento. Na etapa subsequente, foram analisadas as condições ótimas de tratamento associadas (ácido cítrico e cobertura de fécula de mandioca), fatias de manga imersas em solução de ácido cítrico (0,5%) com cobertura a base de alginato de sódio (concentração de 2% p/v) e a adição de 1% (p/v) de glicerol nos tratamentos com recobrimentos. As amostras com cobertura de alginato apresentaram maior perda de textura e escurecimento enzimático. As películas de fécula de mandioca foram mais eficientes na conservação dos parâmetros de qualidade das fatias de manga. Embora todas as coberturas tenham reduzido a taxa respiratória do produto, a adição de glicerol permitiu maior troca gasosa. Para o estudo de vida útil do produto, foram selecionados os tratamentos com cobertura de fécula, com e sem glicerol. O tratamento com película de fécula sem glicerol foi mais eficiente na manutenção da textura e coloração. Devido à imersão em ácido cítrico, essas amostras apresentaram maiores valores de acidez total titulável e menores valores de sólidos solúveis totais. As fatias com película de fécula de mandioca sem glicerol apresentaram boa aceitação sensorial e sua vida útil foi atestada em 15 dias. As fatias com película de fécula contendo glicerol apresentaram sabor amargo e, devido ao crescimento microbiano, obtiveram uma vida útil de 10 dias.

Palavras-chave: manga, fécula de mandioca, ácido cítrico, alginato de sódio, processamento mínimo.



## ABSTRACT

### **Evaluation of the shelf-life of minimally processed mango (*Mangifera indica* cv. 'Tommy Atkins') pre-treated with citric acid and edible coatings**

Mango is a widely grown and consumed fruit in Brazil, being also exported 'in natura' to many different countries. Fresh-cut mangoes, in spite of their practicality, may have enzymatic browning and unpleasant changes of texture. Thus, this work aimed to study the shelf-life of mango slices (*Mangifera indica* cv 'Tommy Atkins') pre-treated with citric acid and/or covered with cassava starch or sodium alginate and stored at 5°C. Preliminary tests with citric acid concentrations between 0.5% and 2% (w/v) and cassava starch from 1% to 3% (w/v) were made to quantify weight loss, mechanical properties (stress and strain at failure) and color ( $L^*$ ,  $C^*$  and  $H^*$ ). The 0.5% citric acid and the 1% cassava starch concentrations were considered the best treatment conditions. In the following procedures, the best conditions for associated treatments (citric acid and cassava starch coating), mango slices dipped in citric acid solution (0.5%) with sodium alginate coating (2% w/v) and the addition of 1% (w/v) of glycerol on the coated treatments were analyzed. The samples with alginate coating showed the higher texture loss and enzymatic browning. Cassava starch coatings were more efficient in maintaining the quality parameters of the mango slices. Although all coatings have reduced the respiration rate of the product, the addition of glycerol promoted higher gas exchange. The treatments with cassava starch, with and without glycerol, were selected to the shelf-life study. The non-glycerol cassava starch treatment was more efficient in maintaining the texture and color. Due to the citric acid dipping, these samples presented higher values of titratable acidity and lower values of total soluble solids. The cassava starch coating slices without glycerol had a good sensorial acceptance and their shelf-life was attested to be of 15 days. The cassava starch coating slices containing glycerol presented a bitter taste and, due to microbiological growth, had a shelf-life of 10 days.

Keywords: mango, cassava starch, citric acid, sodium alginate, minimal processing.



## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, é crescente a busca por dietas balanceadas, ricas em alimentos vegetais, acarretando aumento no consumo de frutas, legumes e verduras. Este aumento, por sua vez, cria a necessidade de estudos, cujos tratamentos e processos resultantes permitam a disponibilidade destes alimentos, em quantidade e com qualidade adequadas. Paralelamente, o estilo de vida dos grandes centros urbanos faz com que as pessoas tenham menos tempo disponível para preparar suas próprias refeições.

O mercado de frutas e hortaliças frescas está em profunda alteração e vem crescendo rapidamente no Brasil. Apesar do expressivo volume e faturamento, o manuseio pós-colheita não é totalmente sustentável, pois cerca de 30% da produção sofre danos, desde a colheita até a comercialização, tornando o produto impróprio para o consumo. Em todo o mundo, são realizadas pesquisas para se encontrar alternativas de conservação de alimentos sem que haja alterações nutricionais, de cor, sabor, aroma e textura (RODRIGUES, 2005).

Assim, surgiram os alimentos minimamente processados, que se destacam e atingem um público diferenciado que valoriza a qualidade e a segurança do alimento (NANTES & LEONELLI, 2000). Os vegetais minimamente processados são produtos de consumo imediato submetidos apenas a tratamentos brandos, que assegurem a qualidade e estendam a vida útil.

O processamento mínimo inclui operações de corte, que aceleram o metabolismo do produto vegetal, levando a uma deterioração mais rápida. Por isso, é importante que haja tratamentos adequados e condições favoráveis de armazenamento (LUENGO & LANA, 1997).

A manga (*Mangifera indica* L.), originária da Índia, é uma das frutas tropicais mais populares do mundo, se destacando por seu sabor e aroma agradáveis, aliados ao seu valor nutritivo. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de manga (FAOSTAT, 2008), pois dispõe de condições edafoclimáticas ideais para o desenvolvimento dos pomares. Dentre as muitas variedades, a

manga 'Tommy Atkins' corresponde a 80% dos pomares comerciais do país (ALMEIDA & SILVA SOUZA, 2006).

Muitos estudos realizados mostram que o processamento mínimo, especialmente em mangas, faz com que ocorram mudanças fisiológicas e químicas no produto (BEAULIEU & LEA, 2003). O amolecimento e o escurecimento enzimático das fatias de manga são os maiores problemas, pois causam perda na textura sensorial e na aparência do produto (RODRIGUES, 2005).

Neste contexto, este estudo visou avaliar a qualidade da manga minimamente processada submetida a alguns métodos de preservação, como o uso de ácido cítrico e coberturas comestíveis a base de fécula de mandioca ou alginato de sódio.

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver manga minimamente processada utilizando, como métodos de preservação, a imersão do produto em solução de ácido cítrico e/ou cobertura a base de fécula de mandioca ou alginato de sódio e refrigeração para assegurar uma maior vida útil do produto final, mantendo as características sensoriais da manga fresca. Os objetivos específicos deste estudo foram:

- Determinar a concentração de ácido cítrico que iniba o escurecimento enzimático das fatias de manga, assegurando uma maior vida útil do produto;
- Avaliar o efeito das coberturas a base de fécula de mandioca ou alginato de sódio na manutenção das características do produto;
- Avaliar o efeito dos tratamentos escolhidos como condições ótimas na vida útil do produto;
- Verificar a aceitação do produto final pelo consumidor.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Manga

A manga (*Mangifera indica*, L.) é uma das frutas tropicais mais populares, rica em vitaminas A e C, podendo ser consumida 'in natura' ou na forma de sucos, compotas, gelatinas, geléias e sorvetes (CUNHA et al., 1994).

A mangueira, pertencente à família Anacardiaceae, é originária da Índia, de onde se disseminou para diversas partes do mundo. A árvore é frondosa, de porte médio a grande, com copa arredondada, simétrica e de folhas sempre verdes. O fruto da mangueira varia muito em termos de tamanho, peso, forma e cor (CUNHA et al., 1994).

O mercado potencial para exportação é muito exigente quanto à qualidade dos frutos. Observa-se uma ascensão mundial na demanda, ampliando as perspectivas para os países produtores, pois nota-se uma mudança nos hábitos alimentares, em consequência do reconhecimento da necessidade de uma alimentação sadia (SILVA & MENEZES, 2001).

O Brasil está entre os nove principais países produtores de manga do mundo, sendo o terceiro exportador mundial da fruta, com uma área de 84 mil hectares e uma produção, em 2006, de 1,35 milhão de toneladas. A produção mundial de manga é de 30,5 milhões de toneladas e o México é o maior exportador da fruta (FAOSTAT, 2008).

Uma das variedades mais cultivadas para fins comerciais no Brasil é a 'Tommy Atkins', ocupando 80% dos pomares comerciais (ALMEIDA & SILVA SOUZA, 2006). Segundo CUNHA et al. (1994), esta variedade produz frutos grandes (400g a 600g), resistentes ao manuseio e ao transporte, de casca grossa, lisa e de coloração que vai do amarelo ao vermelho brilhante. A polpa é amarelo-escura, de sabor agradável, doce e com poucas fibras (Figura 2.1).

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (2006), elaborada pelo Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação (NEPA) da UNICAMP, traz a composição centesimal e informação nutricional da variedade 'Tommy Atkins'. Pode-se observar na Tabela 2.1 que a manga é rica em minerais e vitaminas do

complexo B, importantes para a saúde humana. Os minerais encontrados na fruta participam da regulação de diversas reações enzimáticas e são necessários em sínteses importantes do corpo humano, como a síntese da hemoglobina (OLIGOPHARMA, 2008). A manga possui alto conteúdo de umidade, sendo, portanto, muito perecível, uma vez que a água participa de diversas reações metabólicas que aceleram a deterioração do produto (AGUILERA, 1997).



**Figura 2.1.** Manga variedade 'Tommy Atkins' (Fonte: [www.hormel.com](http://www.hormel.com)).

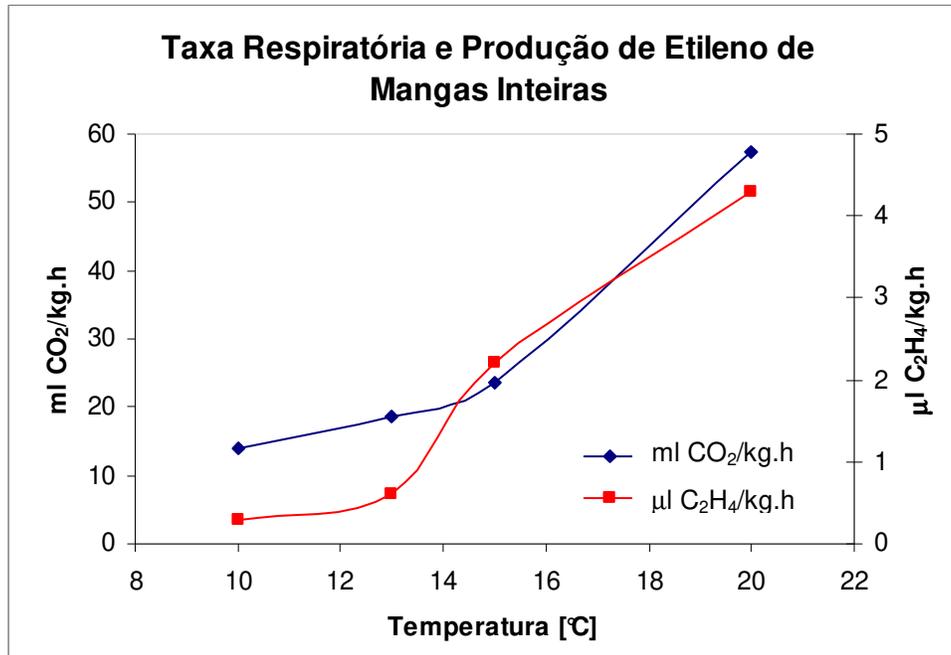
Segundo KADER (2007), a manga possui moderada produção de etileno ( $C_2H_4$ ) e moderada sensibilidade a este gás. A exposição da fruta a 100 ppm de etileno por 12 a 24 horas, à temperatura de 20°C e umidade relativa entre 90 e 95%, resulta em um amadurecimento acelerado e mais uniforme. A manga inteira apresenta elevada taxa de respiração à temperatura ambiente, o que acelera os processos metabólicos e reduz a vida útil do produto. O corte dos tecidos, além de elevar a produção de etileno, também aumenta a taxa respiratória, implicando em uma rápida deterioração. Assim, baixas temperaturas de estocagem reduzem a taxa respiratória, colaborando para que os processos de degradação sejam mais lentos. Após a colheita, é recomendada a armazenagem refrigerada a 13°C para mangas verde-maduras, 10°C para frutos maduros e entre 0°C e 5°C para frutos minimamente processados (KADER, 2007). A Figura 2.2 apresenta a taxa

respiratória e a produção de etileno de manga inteiras em função da temperatura de armazenagem.

**Tabela 2.1.** Composição centesimal e informação nutricional da manga variedade 'Tommy Atkins'.

<b>Componente</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade / 100g do produto</b>
Umidade	%	85,8
Calorias	kcal	51
Proteínas	g	0,9
Lipídeos	g	0,2
Carboidratos	g	12,8
Fibras alimentares	g	2,1
Cinzas	g	0,3
Cálcio	mg	8
Cobre	mg	0,06
Fósforo	mg	14
Ferro	mg	0,1
Magnésio	mg	7
Manganês	mg	0,34
Potássio	mg	138
Sódio	mg	< 0,4
Vitamina B1 / Tiamina	mg / mg	< 0,03
Vitamina B2 / Riboflavina	mg / mg	0,04
Vitamina B6 / Piridoxina	mg / mg	0,03
Zinco	mg	0,1

Fonte: TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2006).



**Figura 2.2.** Taxa respiratória e produção de etileno de mangas inteiras em função da temperatura de armazenagem (Fonte: KADER, 2007).

## 2.2. Produtos Minimamente Processados

O processamento mínimo abrange várias tecnologias e métodos para a preservação de alimentos, os quais modificam o mínimo possível os atributos de qualidade e frescor inerentes aos mesmos (AHVENAINEN, 1996).

Segundo LUENGO & LANA (1997), o processamento mínimo de frutas e vegetais elimina as partes não comestíveis e torna-os prontos para o consumo através do corte e tratamentos, sem que estes produtos percam a condição de frescos ou *'in natura'*. VILAS BOAS et al. (2004) afirmam que a tecnologia *fresh cut* torna o produto vegetal 100% aproveitável e visa oferecer ao consumidor frescor, conveniência e qualidade nutricional. O processamento mínimo permite a avaliação imediata da qualidade interna das frutas e gera um produto de maior valor agregado, porém, de maior perecibilidade (JACOMINO et al., 2004).

De acordo com AHVENAINEN (1996), um produto minimamente processado deve apresentar uma vida útil de, no mínimo, 7 dias. Porém, é desejável que este período seja em torno de 21 dias, pois a vida útil deve ser

suficiente para tornar sua distribuição possível aos consumidores. O autor também ressalta que o processamento mínimo de vegetais e frutas deve manter o produto com características de fresco e fornecê-lo numa forma conveniente, mantendo sua qualidade nutricional. Segundo BLAKISTONE (1998), a vida de prateleira de produtos minimamente processados varia de 5 a 21 dias, dependendo do produto. Embalagem, refrigeração e qualidade inicial do produto são considerados fatores fundamentais para esse tipo de produto.

No Brasil, a utilização de minimamente processados é recente, mas com grande potencial de crescimento. A participação feminina no mercado de trabalho e as grandes distâncias entre o local de trabalho e a moradia têm contribuído para o aumento do consumo de refeições rápidas (LUENGO & LANA, 1997). As frutas e hortaliças minimamente processadas atendem ao apelo de alimento mais saudável e substituem os fast-foods e outros alimentos prontos para o consumo (PEREIRA, 2007).

O crescimento do mercado de minimamente processados se deve, em grande parte, à melhoria das tecnologias empregadas na pós-colheita de vegetais e na qualidade da matéria-prima (BLAKISTONE, 1998). Nos Estados Unidos, a venda anual de produtos minimamente processados movimenta entre US\$ 8 milhões e US\$ 10 milhões, porém, no Brasil, não há estatísticas oficiais sobre o volume comercializado deste tipo de produto (PEREIRA, 2007).

Há poucas empresas que fornecem frutas minimamente processadas. Geralmente, no Brasil, o preparo é feito no próprio supermercado e, às vezes, se constitui no aproveitamento de partes sadias de frutas que apresentam pequenos defeitos (JACOMINO et al., 2004).

Segundo KIM et al. (2006), o uso de alimentos minimamente processados na indústria de serviços, como hospitais e restaurantes institucionais, é interessante, uma vez que há possibilidade de redução de custos com mão-de-obra e equipamentos. PEREIRA (2007) destacou que a tecnologia de processamento mínimo permite maior aproveitamento da produção e agrega valor às frutas.

Em produtos minimamente processados, os tecidos, que continuam a realizar processos metabólicos, são cortados, acarretando desordens fisiológicas (AHVENAINEN, 1996; SOLIVA-FORTUNY & MARTÍN-BELLOSO, 2003). As alterações mais comuns em minimamente processados são o aumento na respiração e na produção de etileno, o aumento na infecção de microorganismos, o escurecimento enzimático, a oxidação de lipídeos, o aumento na perda de água, a perda de vitaminas e, em alguns casos, a indução no processo de cicatrização de injúrias (produção de metabólitos secundários que podem afetar aroma e sabor). A intensidade de tais alterações varia de acordo com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação, o grau de injúria, a temperatura e a concentração de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> nas embalagens de acondicionamento (LUENGO & LANA, 1997; JACOMINO et al., 2004).

Contudo, tais alterações podem ser controladas com adequados processos de sanitização, embalagem e estocagem. BALDWIN et al. (1996) relatam que muitas técnicas são empregadas para minimizar os efeitos deletérios do processamento mínimo, incluindo refrigeração, uso de embalagens com atmosfera controlada ou modificada, aditivos e coberturas comestíveis. Segundo AHVENAINEN (1996), alguns fatores que podem influenciar a qualidade, aumentando a vida útil de produtos minimamente processados são:

- Boa qualidade dos vegetais;
- Higiene adequada e boas práticas de fabricação;
- Baixas temperaturas durante o processamento;
- Limpeza cuidadosa antes e depois do descascamento;
- Boa qualidade da água usada na limpeza;
- Uso de aditivos brandos para sanitização e prevenção do escurecimento;
- Descascamento e corte cuidadosos;
- Embalagens e armazenamento adequados.

Segundo PEREIRA (2007), o grande desafio das frutas minimamente processadas é a falta de conhecimento sobre o comportamento fisiológico, químico e bioquímico do produto, pois tais fatores diferem de acordo com a variedade, local de cultivo, tratamentos culturais e época de colheita.

### 2.3. Coberturas Comestíveis

As películas comestíveis podem ser usadas em frutas e hortaliças, inteiras ou minimamente processadas, para melhorar ou substituir algumas das funções que as camadas da epiderme natural realizam. Segundo SALTVEIT (1998), AHVENAINEN (1996) e BALDWIN et al. (1996), as coberturas possuem as propriedades de redução da perda de água, da difusão de gás, da movimentação de óleos e gorduras e da perda de sabores e aromas; podem melhorar as propriedades estruturais e a aparência, além de possibilitar a incorporação de pigmentos, aromatizantes e aditivos.

COLLA (2004) afirma que as coberturas podem controlar a transferência de massa entre o alimento e o meio ambiente, atuando como barreira ao vapor de água, a gases e a aromas indesejáveis. Em morangos, uma cobertura dupla de amido de amaranto otimizada foi considerada eficiente, retardando a senescência e proporcionando a retenção da textura e a diminuição da perda de peso.

Biofilmes usados como coberturas são aplicados diretamente na superfície dos alimentos. Os principais biopolímeros utilizados para elaboração de biofilmes são os polissacarídeos, dentre os quais se destacam o amido, as proteínas, lipídeos e derivados (COLLA, 2004).

Produtos vegetais cobertos com filmes semipermeáveis apresentam retardo no amadurecimento e aumento da vida útil de produtos frescos, pois as coberturas agem como barreira a elementos externos (umidade, óleos, gases), protegendo o produto (COLLA, 2004; KIM et al., 2006). Segundo BALDWIN et al. (1996), o uso de coberturas comestíveis pode minimizar mudanças indesejáveis devido ao processamento mínimo. As coberturas podem promover uma barreira parcial ao vapor de água e à troca gasosa, diminuindo o encolhimento do produto cortado e criando uma atmosfera modificada em torno do mesmo.

O tratamento com coberturas é um parâmetro que afeta a composição gasosa da embalagem, fato observado em cogumelos. KIM et al. (2006) analisaram a influência do processamento mínimo e do uso de cobertura de quitosana em cogumelos, constatando que o corte e a aplicação da película causaram estresse físico, resultando em mudanças no índice de maturidade.

AYRANCI & TUNC (2004) afirmam que o oxigênio faz parte de muitas reações de degradação em alimentos, mas a permeabilidade dos filmes e coberturas a esse gás é essencial para a respiração dos tecidos vivos, tais como frutas e hortaliças. Assim, a permeabilidade ao oxigênio de filmes comestíveis pode ser controlada pelo uso de antioxidantes na composição dos mesmos. Os autores usaram ácido esteárico (0,6g), ácido ascórbico (0,5g) e ácido cítrico (0,5g) em coberturas para damasco e pimentão verde, o que acarretou em redução da perda de água e de vitamina C.

A eficácia de uma cobertura comestível depende da capacidade da mesma em manter uma composição gasosa interna apropriada para um produto específico (OLIVAS et al., 2007).

### **2.3.1. Coberturas a Base de Fécula de Mandioca**

Filmes e coberturas de amido são utilizados em diversas aplicações da área alimentícia e farmacêutica. As coberturas a base de amido são isotrópicas, inodoras, insípidas, incolores, atóxicas, biodegradáveis, nutritivas, seguras e econômicas e possuem baixa permeabilidade ao oxigênio. As coberturas comestíveis podem ser preparadas com amidos *'in natura'* ou modificados (VICENTINI et al., 1999; PARETA & EDIRISINGHE, 2006).

A mandioca (*Manihot esculenta crantz*) é o material mais barato para produção de amido. O amido ou fécula de mandioca é constituído, estruturalmente, por dois tipos de moléculas: a amilase e a amilopectina, podendo ser usado na composição de filmes sem tratamentos prévios (BANGYEKAN et al., 2006).

A Legislação (BRASIL, 2005) admite, para amidos em geral, umidade máxima de 14% p/p; máximo para cinzas de 0,75% p/p; mínimo para amido de 80% p/p; pH entre 4,5 e 6,5; máxima acidez titulável de 2,00% p/p e o vazamento, que representa o teor de produto amiláceo pulverizado com granulometria inferior a 0,105mm, deve ser de 99%. A Tabela 2.2 apresenta a composição físico-química da fécula de mandioca comercializada no Brasil (TACO, 2006).

**Tabela 2.2.** Composição físico-química centesimal e informação nutricional da fécula de mandioca.

<b>Componente</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade / 100g do produto</b>
Umidade	%	12,6
Proteínas	g	0,4
Lipídeos	g	Tr
Carboidratos	g	86,8
Fibras alimentares	g	0,2
Cinzas	g	0,2
Cálcio	mg	27
Fósforo	mg	8
Ferro	mg	0,5
Magnésio	mg	4
Potássio	mg	38
Sódio	mg	2

Fonte: TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2006). Tr = Traços

Segundo VICENTINI et al. (1999), a película de fécula de mandioca pode ser obtida através do princípio da geleificação da fécula, que ocorre acima de 70°C, com excesso de água. O aumento da temperatura faz com que ocorra o rompimento da estrutura do grânulo, extravasando os seus constituintes que se transformam em substâncias gelatinosas, originando o gel de amido (FONTES, 2005). A fécula geleificada que se obtém, quando resfriada, forma películas devido às suas propriedades de retrogradação.

Em pimentões inteiros, a película a base de fécula de mandioca na concentração de 3% promoveu redução na perda de peso e manteve a textura dos frutos. A cobertura não alterou as propriedades químicas do produto, como pH e sólidos solúveis e retardou a mudança de coloração dos frutos (VICENTINI et al., 1999).

Em frutos inteiros de mamão, o uso de cobertura de fécula de mandioca se mostrou efetivo na redução da perda de peso. Segundo CEREDA et al. (1992), a utilização de cobertura de fécula de mandioca, além de proporcionar melhor aparência, não ocasiona os efeitos nocivos que o tratamento com ceras comerciais gera, tais como alteração do sabor e colapso interno do fruto.

Em goiabas inteiras armazenadas à temperatura ambiente, a aplicação de películas de fécula de mandioca a 1% e 2% não promoveu mudanças de textura, coloração e teores de vitamina C e reduziu a perda de peso (OLIVEIRA & CEREDA, 2003). Os autores também destacam que em pêssegos 'Biuti' inteiros, a aplicação de microemulsão de fécula de mandioca com cera de abelha proporcionou uma menor perda de água pelos frutos.

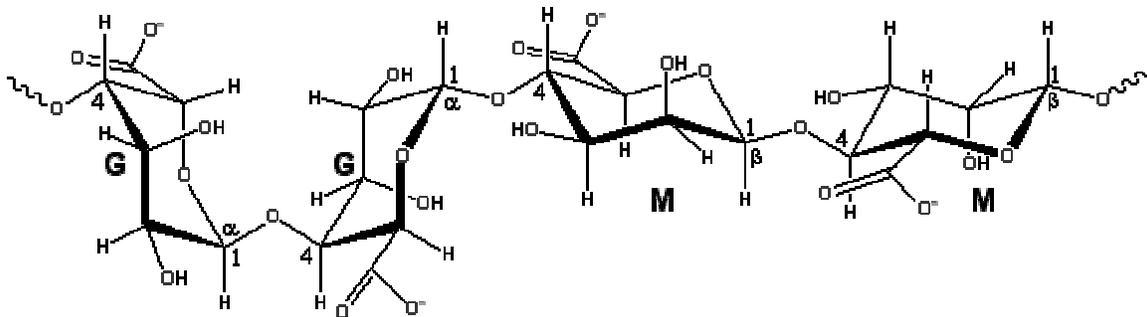
Em abacaxi cortado em pedaços, coberturas de fécula de mandioca a 1, 2 e 3% não apresentaram diferenças significativas de sólidos solúveis, acidez, pH, perda de massa e textura em relação ao tratamento sem cobertura (VIEIRA et al., 2000).

Segundo FONTES (2005), o uso de coberturas de fécula de mandioca, de dextrina e de alginato de sódio proporcionou redução média de 38% na taxa respiratória e mais de 50% na produção de etileno de maçãs minimamente processadas em relação ao tratamento controle.

### **2.3.2. Coberturas a Base de Alginato de Sódio**

O alginato de sódio é um polissacarídeo linear extraído de algas marrons do tipo *Phaeophyceae* ou bactérias (BIOWARE, 2007). É composto por resíduos dos ácidos  $\beta$ -D-manurônico e  $\alpha$ -L-gulurônico na forma de sal de sódio, unidos por ligações glicosídicas (1→4) e distribuídos em diferentes proporções ao longo da cadeia (LIMA et al., 2007). A unidade estrutural do alginato é apresentada na Figura 2.3.

Apresenta biodegradabilidade, biocompatibilidade e ausência de toxidez, além da ação gelificante e espessante, sendo utilizado nas indústrias têxtil, cosmética, de alimentos, farmacêutica e no setor odontológico. No setor alimentício, o alginato é utilizado para aumentar a viscosidade dos sucos de frutas, sorvetes, recheios de tortas e coberturas de bolos, como espessante em pudins e como estabilizante de espuma em cervejas (BIOWARE, 2007; LIMA et al., 2007).



**Figura 2.3.** Unidade estrutural do alginato, onde as moléculas de ácido  $\alpha$ -L-gulurônico são representadas pelas letra G e as de ácido  $\beta$ -D-manurônico, pela letra M.

Filmes e coberturas de alginato são barreiras deficientes à umidade, pois constituem um material hidrofílico. Entretanto, a incorporação de cálcio reduz sua permeabilidade ao vapor de água, tornando os filmes de alginato insolúveis em água (OLIVAS et al., 2007).

O uso de películas de alginato de sódio em alimentos minimamente processados é pouco estudado, sendo que a maioria dos trabalhos publicados apresenta pesquisas sobre este tipo de cobertura em fatias de maçã.

FONTES (2005) verificou que a película com 2% de alginato de sódio foi eficiente na desaceleração dos processos fisiológicos de maçãs minimamente processadas, além de apresentar uma superfície homogênea e sem poros, o que contribuiu no controle da taxa respiratória e da produção de etileno. Porém, não houve boa aceitação pelos consumidores, que classificaram o produto como artificial e com sabor de “fruta passada”.

OLIVAS et al. (2007) também utilizaram solução de cloreto de cálcio (10%) e cobertura com 1% de alginato de sódio em fatias de maçã e observaram que este tratamento dá brilho e aparência de fresco ao produto. As coberturas de alginato de sódio atuaram como barreiras ao vapor de água, diminuindo sua perda de água nas fatias de maçã. Preservaram também a textura e reduziram o escurecimento das maçãs cortadas. Segundo os autores, o uso deste tipo de cobertura para a preservação de frutas minimamente processadas é uma tecnologia promissora, pois pode manter a qualidade do produto final e aumentar sua vida útil.

### **2.3.3. Uso de Plasticizantes em Coberturas**

Filmes e coberturas comestíveis a base de polissacarídeos e proteínas, na maioria dos casos, requerem plasticizantes. Segundo KROCHTA (2002), plasticizantes são agentes de baixo peso molecular incorporados à formulação de películas que modificam as interações entre as macromoléculas, aumentando a mobilidade das cadeias poliméricas e reduzindo a temperatura de transição vítrea do sistema.

Os plasticizantes são utilizados para aumentar a flexibilidade de filmes e coberturas, mas afetam a permeabilidade ao vapor de água e às trocas gasosas, já que são substâncias muito hidrofílicas e higroscópicas em sua maioria (SOTHORNVIT & KROCHTA, 2001). Segundo MÜLLER et al. (2008), o tipo e a concentração de plasticizante afetam as propriedades de barreira ao vapor de água de filmes a base de amido.

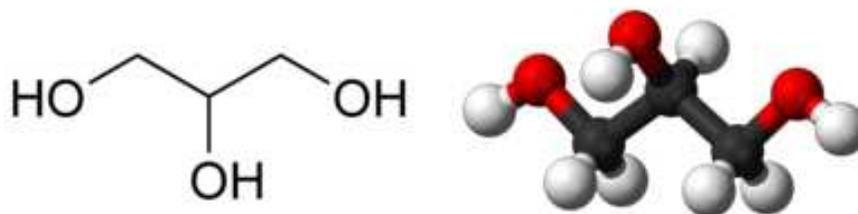
Os plasticizantes mais utilizados em filmes e coberturas comestíveis são o glicerol, o sorbitol e a sacarose (HAN & GENNADIOS, 2005; COLLA, 2004; KROCHTA, 2002).

O glicerol ou propano-1,2,3-triol (Figura 2.4) é um composto orgânico pertencente ao grupo álcool, cuja fórmula química é  $C_3H_5(OH)_3$ . É líquido à temperatura ambiente (25 °C), higroscópico, inodoro, viscoso, de sabor adocicado e completamente solúvel em água e álcool. O termo glicerina refere-se ao produto na forma comercial, com pureza acima de 95%. É reconhecido como seguro para consumo humano (GRAS) desde 1959, sendo considerado um aditivo alimentício, pertencente à classe dos espessantes, estabilizadores, gelificantes e emulsificantes (MORRISON, 2007).

O sorbitol, também conhecido como glucitol, é um álcool de açúcar encontrado naturalmente em diversas frutas, cuja fórmula química é  $C_6H_{14}O_6$ . É utilizado nas indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia, sendo considerado umectante, adoçante e emulsificante (LAWSON, 2007).

Segundo GARCIA et al. (1998), a adição de glicerol ou sorbitol em coberturas a base de amido de milho melhorou as propriedades mecânicas, retardou as mudanças de coloração e reduziu a perda de peso de morangos.

Entretanto, as películas contendo sorbitol foram consideradas mais eficientes, apresentando menor permeabilidade ao vapor de água.



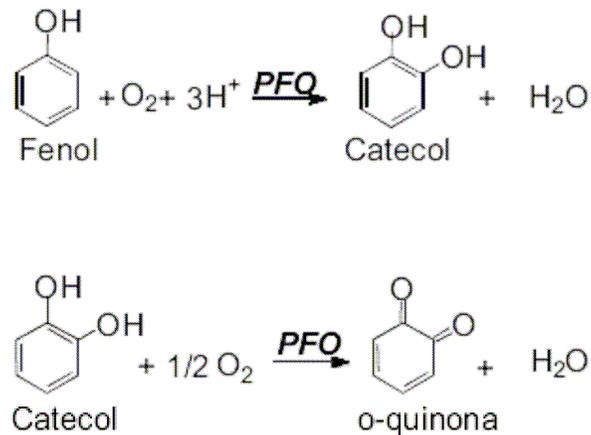
**Figura 2.4.** Estrutura química e representação em 3D da molécula de glicerol. (Fonte: <http://pt.wikipedia.org>)

#### 2.4. Ácido Cítrico na Conservação de Alimentos

A enzima tirosinase, também conhecida como polifenol oxidase, catecol oxidase, catecolase ou cresolase, catalisa a oxidação tanto de monofenóis como difenóis, sendo largamente distribuída na natureza e encontrada nos tecidos de kiwi, abacate, pêra, maçã, morango, uva, banana, pêssego, manga, inhame entre outros. Quando estes alimentos são cortados e expostos ao ar, a tirosinase é responsável pelo escurecimento enzimático dos tecidos (FATIBELLO-FILHO & VIEIRA, 2002).

O escurecimento dos tecidos vegetais é causado pela ação da tirosinase com os compostos fenólicos naturais e o oxigênio atmosférico, que são oxidados a o-quinona, que em seguida pode se polimerizar e formar as melaninas (Figura 2.5). A concentração e atividade da enzima no tecido vegetal dependem do local do plantio, período da colheita, espécie e do grau de amadurecimento do produto, sendo menores em frutos ou vegetais não-amadurecidos (FATIBELLO-FILHO & VIEIRA, 2002).

Segundo AHVENAINEN (1996), o escurecimento enzimático requer a presença de quatro componentes: oxigênio, uma enzima oxidativa, cobre e um substrato adequado. Para prevenir o escurecimento, ao menos um destes componentes deve ser removido do sistema.



**Figura 2.5.** Reações catalisadas pela enzima tirosinase (polifenol oxidase – PFO) - oxidação tanto de monofenóis (fenol) como difenóis (catecol). (Fonte: FATIBELLO-FILHO & VIEIRA, 2002).

O ácido cítrico é um acidulante versátil e muito utilizado pelas indústrias de alimentos, cujas principais características são a alta solubilidade, segurança de manipulação, inocuidade do ponto de vista de saúde, baixa corrosividade das instalações industriais e a ação seqüestrante de íons metálicos, que previne reações de oxidação de cor e aromas (BERBARI et al., 2003).

Na legislação brasileira, não existem limites quanto à concentração do ácido cítrico, sendo este parâmetro definido através de avaliações sensorial, química e física. ROCCULI et al. (2007) afirmam que este agente acidulante é o mais utilizado pela indústria alimentícia, por ter um efeito inibitório duplo sobre a tirosinase, pela redução do pH e pela quelação do cobre com a enzima. Segundo MODA et al. (2005), o ácido cítrico bloqueia a atividade da enzima tirosinase sem alterar os parâmetros sensoriais do produto.

Muitos trabalhos foram realizados utilizando o ácido cítrico para controlar o escurecimento enzimático dos tecidos vegetais. De acordo com AHVENAINEN (1996), o ácido cítrico é eficiente tanto na sanitização de vegetais minimamente processados como batata e maçã, quanto na prevenção do escurecimento enzimático dos mesmos. O uso de ácido cítrico em fatias de maçã foi necessário para se obter aceitação sensorial da coloração do produto, uma vez que as fatias sem tratamento apresentaram rápido escurecimento (ANDRÉS et al., 2002). A

utilização da mistura de 1% de ácido ascórbico e 1% de ácido cítrico em fatias de maçã reduziu a taxa inicial de respiração, sendo observado decréscimo na produção de CO<sub>2</sub> e no consumo de O<sub>2</sub> do produto embalado (ROCCULI et al., 2006).

ROCCULI et al. (2004), utilizaram uma solução aquosa de 0,5% de ácido ascórbico, 0,5% de ácido cítrico e 0,5% de cloreto de cálcio para retardar o escurecimento enzimático de maçãs fatiadas. O tratamento do produto com tal solução, juntamente com a utilização de atmosfera modificada, proporcionou uma vida útil de 12 dias, sem alterações significativas em propriedades como pH e sólidos solúveis. Porém, ROCCULI et al. (2007) observaram que a aplicação de ácido cítrico em batatas minimamente processadas acarretou um aumento da atividade metabólica, influenciando a composição de açúcares do produto.

A utilização de ácido cítrico e peróxido de hidrogênio em cogumelos fatiados, embalados e estocados a 4°C, reduziu o número de microrganismos e inibiu o escurecimento enzimático, mantendo a qualidade do produto por 19 dias. O tratamento com ácido cítrico não influenciou negativamente o sabor e não prejudicou as propriedades sensoriais de cogumelos fatiados cozidos (BRENNAN et al., 2000).

## **2.5. Avaliação da Qualidade**

Segundo SHEWFELT (1999), qualidade engloba os atributos sensoriais percebidos pelo homem (aroma, sabor, cor, aparência e textura), e atributos que requerem sofisticada instrumentação para medição, como propriedades nutricionais (vitaminas, proteínas, carboidratos, etc.) e aspectos de segurança do produto (condição microbiológica, conteúdo de componentes tóxicos).

A vida útil dos produtos minimamente processados pode ser limitada pela perda de água, escurecimento enzimático, crescimento microbiológico, perda de cor da superfície, perda de ácido ascórbico e carotenóides e senescência causada pela contínua respiração e produção de etileno (AHVENAINEN, 1996).

A textura é um dos principais parâmetros de qualidade de frutas e hortaliças e influencia fortemente a aceitabilidade dos consumidores. A textura dos alimentos vegetais tem sua base na estrutura celular e pode ser atribuída principalmente à integridade e composição da parede celular, como também à pressão de turgor gerada dentro das células por osmose (JACKMAN & STANLEY, 1995). Em mangas além da aparência, a textura e o sabor são os atributos mais importantes no grau de seletividade do consumidor (PINTO, 2002). A textura da manga é afetada no processamento mínimo, sendo recomendado o uso de tratamentos para prevenir seu amolecimento, como a utilização de sais de cálcio (RODRIGUES, 2005).

O uso de coberturas comestíveis pode reduzir a respiração e, portanto, aumentar a vida útil dos produtos minimamente processados. Segundo LEE et al. (2003), as coberturas, reduzindo a taxa respiratória, promovem diminuição das taxas de reações oxidativas, preservando a textura do produto fresco por um tempo maior.

A cor é um importante atributo de qualidade, pois é considerada na decisão de ingerir um alimento. Esta propriedade não está relacionada com o valor nutricional ou com propriedades funcionais, mas tem importância tecnológica, uma vez que pode ser utilizada como índice de transformações naturais dos alimentos frescos (FERRARI, 2005).

O escurecimento enzimático em produtos minimamente processados faz os mesmos se tornarem menos atrativos ao consumidor. Alguns trabalhos propuseram o uso de ácido cítrico para evitar o escurecimento enzimático dos tecidos vegetais, evitando assim a perda do aspecto visual do produto, não modificando a condição de minimamente processado (ANDRÉS et al., 2002; BRENNAN et al., 2000; GOULD, 1996; MODA et al., 2005).

A qualidade nutricional dos alimentos tem ganhado destaque nos tempos atuais. Alimentos funcionais, que contém substâncias benéficas ao organismo, têm chamado a atenção dos consumidores. Entre tais substâncias, estão os carotenóides. Os carotenóides formam um grande grupo de pigmentos solúveis em gordura, responsáveis pela coloração vermelha, laranja e amarela dos

alimentos. Mais de 600 carotenóides já foram isolados, entre os quais os mais comumente encontrados são o  $\alpha$ -caroteno, o  $\beta$ -caroteno, o  $\gamma$ -caroteno, o licopeno, a luteína, a  $\beta$ -criptoxantina, a zeaxantina e a astaxantina (KAUFMAN, 2005).

O  $\beta$ -caroteno é o carotenóide mais comumente encontrado em alimentos, seja como um constituinte principal ou não. Está presente no damasco, cenoura, manga e pitanga. É um antioxidante importante que combate o envelhecimento celular e possui uma potente atividade pró-vitamina A (RODRIGUEZ AMAYA, 1999; RODRIGUEZ AMAYA & KIMURA, 2004).

A composição dos carotenóides nos alimentos é afetada por fatores como cultivar ou variedade, estágio de maturação, características edafoclimáticas da região produtora, manuseio durante a colheita e pós-colheita, processamento e estocagem. Os carotenóides não estão distribuídos homogeneamente nos alimentos, sendo que vários pesquisadores encontraram maior concentração na casca do que na polpa de alguns frutos estudados (RODRIGUEZ AMAYA & KIMURA, 2004).

A qualidade microbiológica dos produtos minimamente processados também é de extrema importância, uma vez que há uma grande incidência de patógenos emergentes neste tipo de alimento. Novas técnicas de processamento e preservação têm criado rotas ecológicas alternativas para o crescimento microbiano. A incidência de patógenos entéricos, tais como a *Escherichia coli* O157:H7 e a *Salmonella*, em produtos vegetais prontos para o consumo tem aumentado nos últimos anos (MARTIN-BELLOSO, 2007).

O processamento mínimo promove a oportunidade de estudar melhor os mecanismos envolvidos na deterioração dos alimentos, encontrar novos componentes e condições e desenvolver novos tratamentos e tecnologias que ampliem a vida útil do produto. A tecnologia do processamento mínimo pode ser uma ferramenta para otimizar efetivamente os métodos tradicionais de preservação, a fim de manter a qualidade e aumentar a segurança dos alimentos (MARTIN-BELLOSO, 2007).



### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Material**

##### ***Matéria-Prima***

Foram utilizadas mangas (*Mangifera indica* L.) variedade 'Tommy Atkins' provenientes do Vale do Rio São Francisco, adquiridas na CEASA Campinas – SP, com as quais foi realizada uma seleção quanto à aparência (tamanho, formato e coloração), firmeza (teste manual) e sólidos solúveis (13 – 15°Brix), visando minimizar a variabilidade da matéria-prima.

##### ***Agente Sanitizante***

Foi utilizado para sanitização da matéria-prima o ácido peracético Tsunami 100<sup>®</sup>, fabricado pelo laboratório ECOLAB Química Ltda, São Paulo-SP. A concentração utilizada foi de 533ppm do produto, o que equivale a 80ppm de ácido peracético, conforme indicado pelo fabricante e utilizado por SASAKI (2005). O tempo de imersão das fatias foi de 3 minutos.

##### ***Conservante – Ácido Cítrico***

Foi utilizado ácido cítrico anidro fabricado pela ECIBRA – Reagentes Analíticos, São Paulo, SP, a fim de reduzir o escurecimento enzimático da manga minimamente processada. Foram testadas, em ensaios preliminares, concentrações de 0,5%, 1% e 2%, com tempo de imersão de 3 minutos.

##### ***Cobertura Comestível***

Foi utilizada cobertura comestível a base de fécula de mandioca (Tapioca Starch, produzida pela National Starch & Chemical, São Paulo-SP). Foram testadas concentrações de 1%, 2% e 3% de fécula de mandioca. As soluções foram preparadas a 70°C e agitação constante, sendo resfriadas em seguida à temperatura ambiente (HENRIQUE & CEREDA, 1999; SHIGEMATSU et al., 2005;

FONTES, 2005). As especificações técnicas da fécula de mandioca Tapioca Starch encontram-se no Anexo A.

Foi utilizada também cobertura comestível a base de alginato de sódio (Manugel DMB, fornecido pela ISP do Brasil Ltda, Cabreúva-SP). Foi escolhida uma concentração de 2% de alginato de sódio com base na literatura (ROJAS-GRAÜ et al., 2007; TAPIA et al., 2007; ROJAS-GRAÜ et al., 2008). A solução foi preparada a 70°C e agitação constante até se tornar âmbar translúcida e ficou em repouso por 24 horas para eliminar as bolhas de ar.

Em dois tratamentos com coberturas – de fécula e de alginato – foi adicionado 1% de glicerol (ECIBRA – Reagentes Analíticos, São Paulo-SP) como plasticizante.

### **Embalagem**

Foram utilizadas bandejas de poliestireno expandido nas dimensões 110 x 110 x 30 mm, recobertas com filme de policloreto de vinila esticável (PVC) de 20 µm da Goodyear, com taxa de permeabilidade ao oxigênio de 8200 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e taxa de permeabilidade ao vapor de água de 262 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>.

## **3.2. Métodos**

### **3.2.1. Caracterização da Matéria-Prima e das Amostras**

As características físico-químicas da manga fresca foram avaliadas pelas medidas de massa, diâmetro, comprimento, pH, sólidos solúveis, atividade de água, umidade, acidez titulável, açúcares redutores e totais, sólidos totais, fibras, proteínas, cinzas e lipídeos.

A fécula de mandioca Tapioca Starch foi caracterizada através de medidas de pH, umidade, acidez titulável, proteínas, cinzas, fator ácido, amido e vazamento, de acordo com a Legislação Brasileira (BRASIL, 2005).

As amostras compostas por 80 gramas de fatias de manga de 9 mm de espessura foram utilizadas nos testes preliminares, avaliação da vida útil e determinação da taxa respiratória e da composição gasosa da embalagem.

### 3.2.2. Processamento Mínimo e Pré-Tratamento

As frutas inteiras foram sanitizadas, através de imersão em solução contendo água destilada e ácido peracético, para reduzir a contaminação inicial do produto, pois a microflora presente na casca pode migrar para a polpa, acarretando em um crescimento rápido de microrganismos.

As mangas foram descascadas e cortadas manualmente com faca afiada. O mesocarpo da fruta foi cortado longitudinalmente junto à semente e fatiado no sentido perpendicular às fibras (Figura 3.1), conforme utilizado no trabalho de RODRIGUES (2005).



**Figura 3.1.** Geometria do corte utilizado no trabalho: fatias de manga com 9mm de espessura.

Após o descascamento e corte, foi realizada outra sanitização, através de imersão em solução contendo água destilada e ácido peracético, a fim de remover microrganismos e fluido dos tecidos, reduzindo assim o crescimento microbiano e a oxidação enzimática durante o armazenamento.

Após a drenagem, as amostras foram pesadas e separadas em tratamentos distintos, armazenadas a 5°C. Os tratamentos são descritos nos itens 3.2.3 e 3.2.4. O tratamento controle para todas as etapas do processo consiste em fatias de manga fresca sanitizadas.

### **3.2.3 Ensaios Preliminares**

Foram realizados ensaios preliminares para a determinação das concentrações ótimas de ácido cítrico e fécula de mandioca. As fatias de manga foram imersas em soluções com concentrações de 0,5%, 1% e 2% de ácido cítrico ou em coberturas contendo 1%, 2% e 3% de fécula de mandioca, embaladas com filme de PVC e armazenadas a 5°C por, aproximadamente, 15 dias.

As amostras foram avaliadas periodicamente em relação à perda de peso, propriedades mecânicas e coloração (luminosidade L\*, croma C\* e tom H\*), sendo escolhidas as concentrações que proporcionaram menor escurecimento das fatias, menor perda de peso e maiores tensões na ruptura.

### **3.2.4. Comparação entre Coberturas e Adição de Glicerol**

Após a determinação das concentrações ótimas de fécula de mandioca e ácido cítrico, foram realizados ensaios comparativos entre os seguintes tratamentos:

- Ácido cítrico (concentração ótima) + cobertura de fécula de mandioca (concentração ótima);
- Ácido cítrico (concentração ótima) + cobertura de fécula de mandioca (concentração ótima) + glicerol (1%);
- Ácido cítrico (concentração ótima) + cobertura de alginato de sódio (2%);
- Ácido cítrico (concentração ótima) + cobertura de alginato de sódio (2%) + glicerol (1%).

As fatias de manga foram embaladas em filme de PVC e mantidas a 5°C por 16 dias. As amostras foram avaliadas periodicamente em relação à perda de peso, textura, coloração (luminosidade L\*, croma C\* e tom H\*), atividade de água e taxa respiratória, sendo escolhidos para o estudo de vida útil os tratamentos que proporcionaram menor escurecimento das fatias, menor perda de peso, menores taxas de respiração e maiores tensões na ruptura.

### **3.2.5. Determinação da Taxa Respiratória do Produto**

A taxa respiratória da manga fresca, das fatias com ácido cítrico ou fécula de mandioca nas concentrações ótimas selecionadas no item 3.2.3 e das amostras nas condições do item 3.2.4 foi determinada pelo método estático. O método consiste no acondicionamento de, aproximadamente, 50g de amostra em recipientes herméticos (Figura 3.2) de 150 ml, com septo de silicone na tampa, para retirada de alíquotas de gás de 0,3 ml do espaço livre do frasco, com o auxílio de uma seringa hermética. A coleta foi realizada após os recipientes permanecerem 1 hora a 5°C, sendo medidos a produção de CO<sub>2</sub> e o consumo de O<sub>2</sub>. As quantidades de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> foram determinadas em cromatógrafo gasoso Shimadzu modelo CGS 14A, operando com detector de condutividade térmica a 150°C, coluna Porapak N a 50°C e injetor a 70°C, e avaliados por um integrador Shimadzu, modelo C-R4A, baseado em curvas padrão feitas com os gases de calibração (PEREIRA et al., 2004; RODRIGUES, 2005).



**Figura 3.2.** Recipientes herméticos utilizados nos ensaios para determinação da taxa respiratória.

### **3.2.6. Composição Gasosa da Embalagem**

Aproximadamente 80g de manga fresca, com ácido cítrico ou fécula de mandioca nas concentrações ótimas selecionadas no item 3.2.3 e nas condições do item 3.2.4 foram embaladas em bandejas de poliestireno expandido, recobertas

com filme de PVC de 20 $\mu$ m de espessura e armazenadas a 5°C, em equipamento de refrigeração de temperatura controlada, BOD – Biological Oxygen Demand TE 391 (Tecnal Equipamentos Ltda, Piracicaba-SP) por 16 dias.

A determinação da composição gasosa no interior das embalagens foi em aparelho O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> Dual Space Analyser, modelo PAC CHECK 325 (Mocon, Minneapolis, EUA). Alíquotas de gás do espaço livre foram retiradas com a utilização de uma seringa hermética através de um septo de silicone aderido à embalagem. Foram realizadas medidas em triplicata, nos dias 1, 3, 6, 9, 13 e 16. Esta análise visou apenas verificar a ocorrência de modificação da atmosfera interna da embalagem, uma vez que o objetivo deste trabalho não foi estudar embalagens com atmosfera modificada, visto que o filme de PVC utilizado apresentou apenas função de apresentação do produto final.

### **3.2.7. Estudos de Vida Útil**

As melhores condições do item 3.2.4 foram selecionadas e avaliadas periodicamente até a não aceitação de seus principais atributos de qualidade, como cor e textura. Durante o estudo de vida útil foram realizadas determinações de sólidos solúveis totais, pH, acidez, perda de peso, atividade de água, umidade do produto, carotenóides totais, contagem microbiana e a análise sensorial.

As amostras foram embaladas em bandejas de poliestireno expandido, recobertas com filme de PVC de 20 $\mu$ m de espessura e armazenadas a 5°C, em equipamento de refrigeração de temperatura controlada, BOD – Biological Oxygen Demand TE 391 (Tecnal Equipamentos Ltda, Piracicaba-SP) por 15 dias.

### **3.2.8. Métodos Analíticos**

Análises foram realizadas em triplicata nas amostras de mangas frescas e pré-tratadas com ácido cítrico e/ou cobertura de fécula de mandioca ou alginato, durante os testes preliminares e de determinação da vida útil do produto. O resultado final foi expresso pela média aritmética e desvio padrão. As análises de sólidos totais, fibras, proteínas, cinzas, lipídios e açúcares redutores e totais,

assim como as medidas de comprimento e diâmetro da fruta foram realizadas somente para caracterização da matéria-prima.

### ***Determinação de comprimento e diâmetro***

Medidas realizadas em frutas inteiras com o uso de paquímetro comum da Stainless Hardened. O comprimento corresponde à medida longitudinal da fruta e os diâmetros, os valores medidos no equador da manga.

### ***Perda de peso***

As amostras foram pesadas na balança semi-analítica Marte, modelo AM5500 e a porcentagem de perda de peso, PP (%), foi calculada pela Equação 3.1.

$$PP(\%) = \left( 1 - \frac{\text{massa\_final}}{\text{massa\_inicial}} \right) * 100\% \quad (3.1)$$

### ***Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)***

O pH da manga foi determinado por processo eletrométrico, utilizando-se o pHmetro Tecnalise, modelo pH300. O pH da fécula de mandioca foi determinado pelo método do IAL (1985).

### ***Determinação da umidade***

A umidade da manga foi determinada por método gravimétrico: Sólidos (Totais) em Frutas e Produtos de Frutas, segundo método oficial da AOAC (1995) nº 920.151, modificado, utilizando Estufa de Cultura 002 CB (Fanem Ltda, São Paulo –SP), a 60°C para secagem de 1 grama das amostras até peso constante. A umidade da fécula de mandioca foi determinada pelo método da AOAC (1995), utilizando estufa a 100 – 105°C para secagem de 3 g ramas de amostra até peso constante.

### ***Determinação da atividade de água***

A atividade de água das amostras foi determinada por leitura direta à temperatura de 25°C, através do equipamento Aqualab, modelo Series 3 TE (Decagon Devices Inc, Pullman, WA).

### ***Determinação de sólidos solúveis***

Foi realizada por medida direta em refratômetro de bancada marca Zeiss West Germany.

### ***Determinação da acidez titulável***

A acidez titulável da fruta foi expressa em termos de g de ácido cítrico / 100 g do produto, segundo método descrito por CARVALHO et al. (1990). A acidez da fécula de mandioca foi determinada pelo método descrito por IAL (1985).

### ***Determinação de açúcares redutores e totais***

Determinação segundo o Método Geral de Munson-Walker: Açúcares Invertidos em Açúcares e Xaropes, segundo método oficial da AOAC (1995) nº 906.03.

### ***Determinações de sólidos totais***

Determinada pela diferença entre a matéria analisada e a umidade em base úmida, em porcentagem.

### ***Determinação de fibras***

Determinada pelo Método de Digestão: Fibra (Bruta) em plantas, segundo método oficial da AOAC (1995) nº 930.10, modificado.

### ***Determinação de proteínas***

Determinada pelo Método de Kjeldahl, para Proteína em Produtos de Frutas, segundo método oficial da AOAC (1995) nº 920.152.

### **Determinação de lipídeos**

Determinada pelo método de Bligh & Dyer (extração a frio), segundo metodologia descrita em CECCHI (1999).

### **Determinação de cinzas**

Determinada, para a manga, pelo método de Cinzas de Frutas e Produtos de Frutas, segundo método oficial da AOAC (1995) nº 940.26. A determinação de cinzas na fécula de mandioca foi feita segundo método oficial da AOAC (1995), utilizando 3 gramas de amostra e secagem em mufla a 550°C.

### **Determinação do teor de carotenóides**

A medida de carotenóides totais foi feita com base no teor de  $\beta$ -caroteno. A determinação do teor de carotenóides foi realizada de acordo com a metodologia descrita por RODRIGUEZ AMAYA (1999), baseada na extração dos carotenóides com acetona, seguida por separação em éter de petróleo, diluição em balão volumétrico e posterior leitura em espectrofotômetro. Para sua quantificação foi utilizado o espectro de absorção registrado no comprimento de onda de 450 nm e a expressão matemática 3.2.

$$\text{Carotenóides}(\mu\text{g} / \text{g}) = \frac{V \cdot \text{Abs} \cdot 10^6}{E_{1\text{cm}}^{1\%} \cdot m \cdot 100} \quad (3.2)$$

Onde:

V = volume de diluição (ml);

Abs = absorvância máxima lida no espectrofotômetro;

m = massa da amostra (g);

$E_{1\text{cm}}^{1\%}$  = absortividade para o  $\beta$ -caroteno em éter de petróleo, 2592.

### **Fator Ácido**

O fator ácido da fécula de mandioca foi determinado pelo método apresentado por BRASIL (2005).

### **Vazamento**

Determinado para a fécula de mandioca pelo método apresentado por BRASIL (2005). O vazamento refere-se ao teor de produto amiláceo pulverizado, que passa por uma peneira com abertura de 0,105mm (140 ASTM), cujo valor deve ser de 99% para produtos do Grupo I – Fécula.

### **Amido**

O teor de amido foi calculado pela diferença entre 100 e a soma das porcentagens de água (umidade), proteína, lipídeos totais e cinzas (TACO, 2006).

### **Determinação da cor**

A cor das amostras frescas e pré-tratadas foi determinada em espectrofotômetro de bancada Color Quest II, marca Hunter Lab, com escala CIELab ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ). Medições de coloração foram expressas em termos da luminosidade  $L^*$  ( $L^*=0$  preto e  $L^*=100$  branco), e da cromaticidade definida por  $a^*$  ( $+a^*$ =vermelho e  $-a^*$ =verde) e  $b^*$  ( $+b^*$ =amarelo e  $-b^*$ =azul). Com esses parâmetros, foram avaliadas as coordenadas cilíndricas  $C^*$  e  $H^*$ , onde  $C^*$  define o croma e  $H^*$  o tom (ou ângulo Hue), a partir das equações 3.3 e 3.4.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.3) \qquad H^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3.4)$$

O sistema CIELab é baseado na percepção apenas das diferenças de cor observáveis nas coordenadas cilíndricas do sistema. Assim, através do software Adobe Photophop 7.0.1<sup>®</sup> e dos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  obtidos no colorímetro, foram feitos padrões que representam a coloração composta pela média dos valores lidos na amostra com caráter apenas ilustrativo. O Apêndice B apresenta os padrões de coloração das amostras com as diferentes concentrações de ácido cítrico e fécula de mandioca durante a armazenagem.

### **Determinação das propriedades mecânicas**

A determinação de propriedades mecânicas foi realizada através da avaliação da tensão e deformação na ruptura, com o auxílio do texturômetro tipo Universal Testing Machine, modelo TA-TX plus, marca Stable Micro Systems.

A tensão e a deformação na ruptura foram determinadas através de ensaio de compressão uniaxial a altas deformações da amostra, utilizando uma placa cilíndrica de acrílico lubrificada de 60mm de diâmetro, a uma velocidade constante de  $1\text{ mm s}^{-1}$  até atingir 80% de deformação da amostra, o que garante a ruptura da estrutura. Os valores de força e altura fornecidos pelo equipamento foram convertidos em tensão ( $\sigma_H$ ) e deformação ( $\varepsilon_H$ ) de Hencky, considerando um volume constante da amostra durante a compressão, de acordo com as equações 3.5 a 3.7.

$$\sigma_H = \frac{F(t)}{A(t)} \quad (3.5)$$

$$\varepsilon_H = -\ln\left(\frac{H(t)}{H_0}\right) \quad (3.6)$$

onde:

$\sigma_H$  = tensão de Hencky [Pa];

$\varepsilon_H$  = deformação de Hencky [adimensional];

$F(t)$  = força [N] em função do tempo  $t$  [s].

$$A(t) = \frac{A_0 H_0}{H(t)} \quad (3.7)$$

onde:

$A(t)$  = área [ $\text{m}^2$ ] em função do tempo [s];

$A_0$  = área inicial da amostra [ $\text{m}^2$ ];

$H_0$  = altura inicial da amostra [m];

$H(t)$  = altura da amostra [m] em função do tempo [s].

Os ensaios foram feitos em quintuplicata e a tensão e a deformação na ruptura foram calculadas pelo valor máximo da curva tensão-deformação para as amostras. Os resultados de tensão na ruptura obtidos foram expressos em kPa.

### **Determinação da microbiota**

As amostras foram analisadas quanto ao desenvolvimento de bolores e leveduras, coliformes, *Escherichia coli* e *Salmonella sp* segundo as metodologias de DOWNES & ITO (2001), ISO 6579 (2002) e AOAC (2005). De acordo com a Resolução RCD nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional da Vigilância Sanitária, para frutas, produtos de frutas e similares (Grupo de Alimentos 1, Item b) é necessária a ausência de *Salmonella sp* em 25g e, no máximo,  $5 \times 10^2$  UFC/g de Coliformes. A ANVISA não determina padrões para este tipo de produto em relação a bolores e leveduras. As amostras foram analisadas nos dias 1, 5, 10 e 15 após o processamento.

### **3.2.9. Análise Sensorial**

Amostras controle e nas condições ótimas selecionadas no item 3.2.4 foram submetidos a uma análise sensorial dos atributos cor, aroma, textura, sabor e impressão global, através de escala hedônica não-estruturada ancorada nos extremos à esquerda e à direita, tendo como limite à direita 'gostei muitíssimo' e à esquerda 'desgostei muitíssimo'. Os testes sensoriais foram realizados em cabines individuais padronizadas. As amostras foram avaliadas de forma monádica seqüencial, segundo um delineamento de blocos completos casualizados e apresentadas em pratos brancos com códigos de três dígitos aleatórios. O produto foi avaliado por uma equipe de 50 provadores não treinados, representativos do público alvo. A intenção de compra também foi avaliada. Os resultados foram analisados estatisticamente pela Análise de Variância e Teste de Tukey ao nível de 5% de significância, através do programa Statistica® 5.5. As análises foram realizadas 1, 5, 10 e 15 dias após o processamento. A ficha utilizada na análise encontra-se no Apêndice A.

A análise sensorial está dentro das normas estabelecidas pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, conforme o parecer apresentado no Anexo B.

### **3.2.10. Análise Estatística**

Os resultados foram avaliados estatisticamente através da Análise de Variância, aplicando o Teste de Duncan ao nível de 5% de significância, com o auxílio do programa Statistica<sup>®</sup> 5.5.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização da Matéria-Prima

A composição química centesimal e a caracterização física da manga variedade “Tommy Atkins”, encontram-se nas Tabelas 4.1 e 4.2, respectivamente. Os dados apresentados correspondem a uma média de, no mínimo, três determinações, com seus respectivos desvios padrão.

**Tabela 4.1.** Composição química centesimal da manga ‘*in natura*’. Valores médios expressos em porcentagem (%) e seus respectivos desvios padrão.

Determinações	Valores obtidos
Umidade (base úmida)	84,20 ± 0,84
Cinzas	0,28 ± 0,09
Açúcares Redutores	5,08 ± 0,43
Açúcares Totais	12,08 ± 1,51
Lipídios	0,14 ± 0,03
Acidez	0,52 ± 0,06
Proteína	0,68 ± 0,03

**Tabela 4.2.** Caracterização física da manga ‘*in natura*’. Valores médios e seus respectivos desvios padrão.

Determinações	Valores obtidos
Massa [g]	563,9 ± 45,7
Comprimento [cm]	12,06 ± 0,52
Diâmetro Maior [cm]	9,54 ± 0,44
Diâmetro Menor [cm]	8,83 ± 0,36
pH	3,96 ± 0,04
Sólidos Solúveis [°Brix]	14,86 ± 0,52
Atividade de água	0,980 ± 0,002

Observou-se que a composição química centesimal apresentou alguns valores diferentes dos encontrados por ITO (2007) e RODRIGUES (2005) para mangas 'Tommy Atkins'. A composição química dos produtos vegetais é afetada pelo estágio de maturação, clima e geografia do local de produção, manuseio durante e após a colheita, processamento e estocagem, o que pode explicar as diferenças encontradas em relação ao pH, sólidos solúveis, açúcares redutores, lipídeos e fibras.

A composição físico-química da fécula de mandioca é apresentada na Tabela 4.3. Os valores encontrados estão dentro dos limites permitidos na legislação brasileira (BRASIL, 2005).

**Tabela 4.3.** Composição físico-química centesimal da fécula de mandioca Tapioca Starch. Valores médios e seus desvios padrão.

Determinações	Valores obtidos
Umidade (%)	8,54 ± 0,06
Acidez Titulável (ml de NaOH 0,1N/100g)	0,46 ± 0,06
pH	6,18 ± 0,03
Cinzas (%)	0,31 ± 0,02
Vazamento (%)	99,00
Proteínas (%)	0,22 ± 0,04
Fator Ácido (ml)	0,41 ± 0,02
Lipídeos (%)	0,05 ± 0,02
Amido (%)	90,84 ± 0,02

## 4.2. Ensaio Preliminares

Os ensaios preliminares foram realizados visando encontrar as concentrações ótimas de fécula de mandioca da cobertura e de ácido cítrico. As amostras foram avaliadas em relação à perda de peso, propriedades mecânicas e coloração.

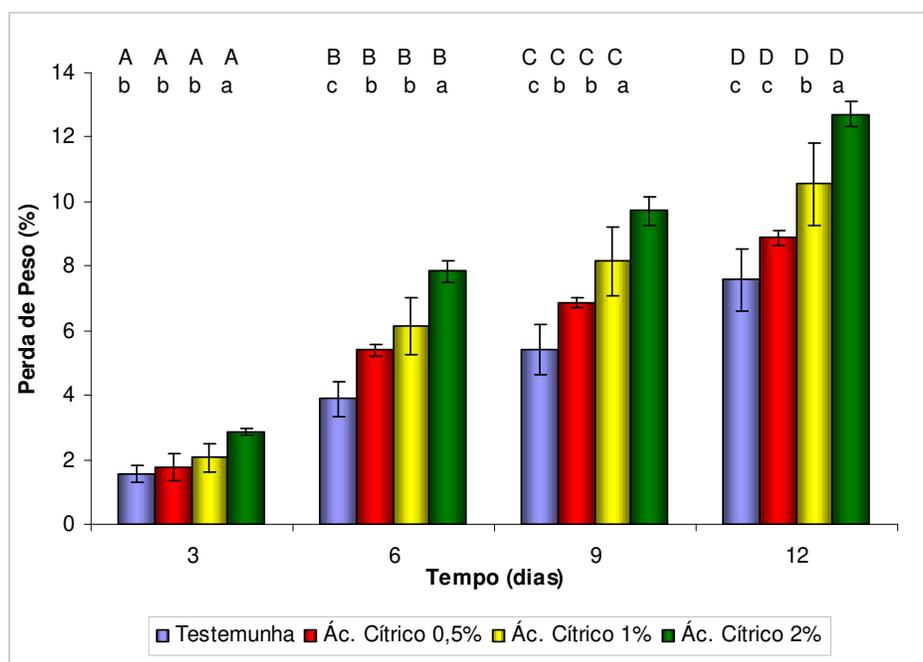
### 4.2.1. Perda de peso

Em frutas e hortaliças minimamente processadas, a perda de peso reflete a perda de água e a degradação do produto durante a armazenagem. A perda de peso resulta em perda de aparência e de qualidade, o que leva à rejeição dos consumidores.

As Figuras 4.1 e 4.2 mostram a perda de peso das amostras em função do tempo de armazenagem e da concentração de ácido cítrico e de fécula de mandioca presente na cobertura.

Os tratamentos com ácido cítrico apresentaram perda de peso superior ao do tratamento controle, provavelmente reflexo de uma desidratação causada pelo ácido. Segundo ROCCULLI et al. (2007), a aplicação de substâncias que retardam o escurecimento enzimático, tais como o ácido cítrico e o ácido ascórbico, aumentou as atividades metabólicas e alterou a composição de açúcar em batatas (cv. Asterix) minimamente processadas, o que implicou em maiores perdas de peso.

Como mostra a Figura 4.1, concentrações de 1% e 2% de ácido cítrico implicaram em maiores perdas de peso. A concentração de 0,5% de ácido cítrico promoveu as menores perdas se comparada às demais concentrações, porém, as perdas foram superiores ou sem diferenças significativas estatisticamente das amostras controle. Devido a grande perda de peso e desidratação causada pelo ácido cítrico, além do crescimento microbiológico, as amostras foram avaliadas apenas por 12 dias.



**Figura 4.1.** Perda de peso de fatias de manga em função do tempo de armazenagem e da concentração de ácido cítrico.

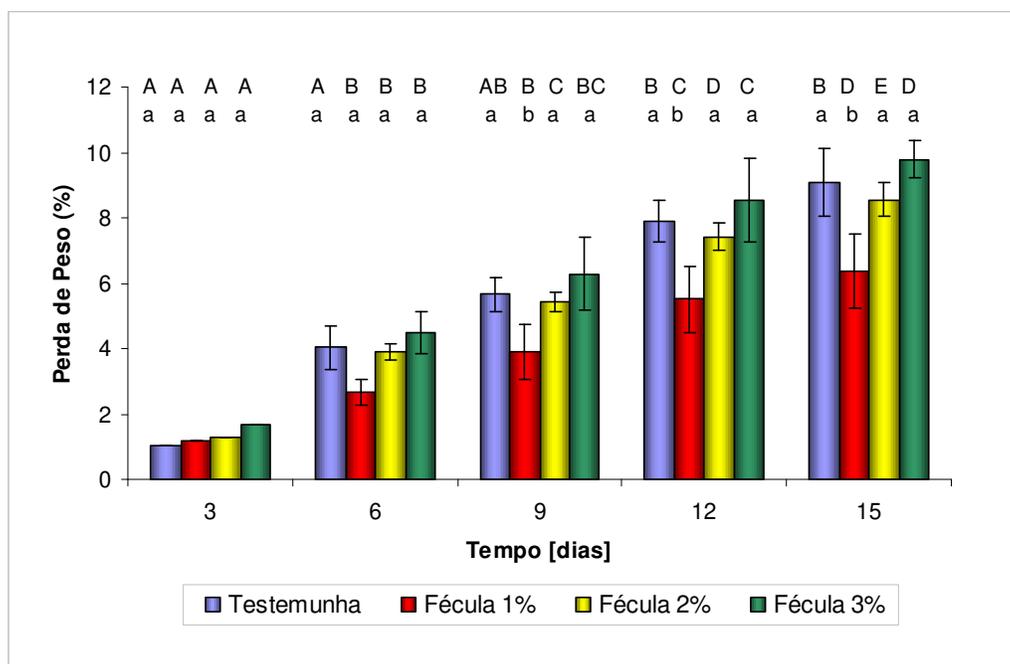
Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

A perda de peso das amostras com cobertura a base de fécula de mandioca não diferiu estatisticamente da amostra sem cobertura, excetuando as amostras com cobertura a base de 1% de fécula. A partir do 9º dia de armazenagem, a cobertura com 1% de fécula proporcionou uma menor perda de peso em relação aos demais tratamentos (Figura 4.2).

A cobertura com 3% de fécula de mandioca promoveu uma migração de umidade do produto para a superfície, dando ao produto um aspecto pegajoso. As coberturas com 2% e 3% de fécula não apresentaram diferenças significativas em relação ao controle, durante a armazenagem.

GARCIA et al. (1998) relataram que coberturas com 2% de amido de milho ou batata promoveram um efeito significativo na redução da perda de peso de morangos inteiros, o que não foi observado no presente estudo. O fato das fatias de manga possuírem alta umidade, como observado na caracterização da

matéria-prima (Tabela 4.1), aliado à natureza hidrofílica e higroscópica da cobertura de fécula de mandioca, pode ter facilitado a difusão da água entre a fruta e a película. Maiores concentrações de fécula implicariam, portanto, no aumento desta difusão, acarretando em maiores perdas de peso e redução das propriedades mecânicas.



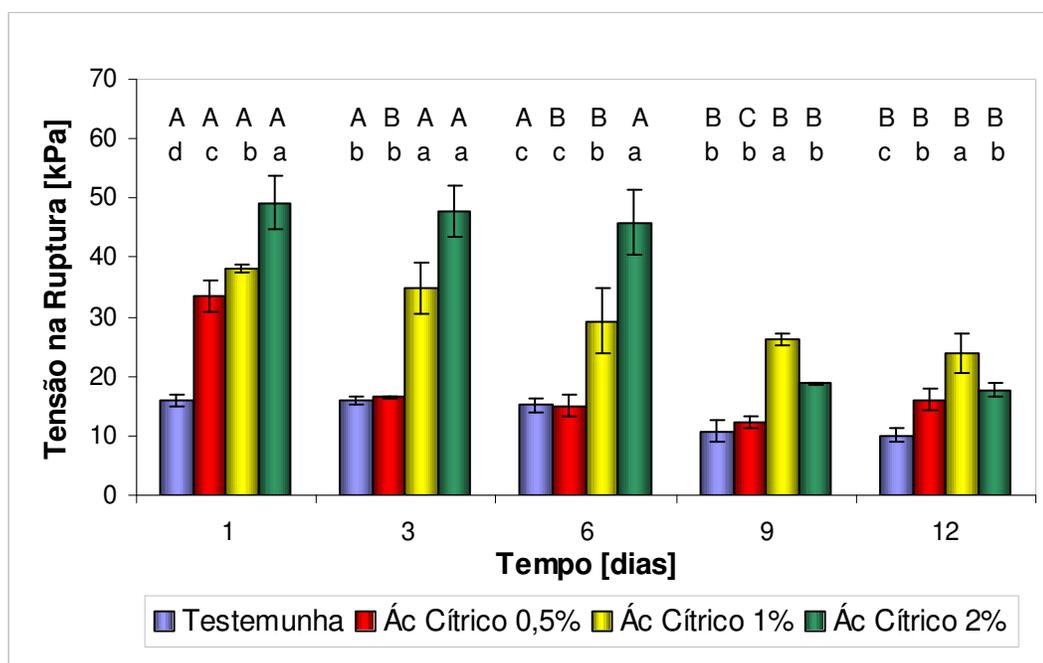
**Figura 4.2.** Perda de peso de fatias de manga em função do tempo de armazenagem e da concentração de fécula de mandioca na cobertura.

Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.2. Propriedades Mecânicas – Tensão de Ruptura e Deformação

A textura é um dos atributos de qualidade mais importantes em frutos e tem grande influência na aceitabilidade por parte do consumidor. As propriedades mecânicas dos frutos são determinadas pela composição da parede celular, turgor e anatomia das células, pelo conteúdo de água, nível de maturação, variedade e, também, condições de processo.

Pela Figura 4.3, nota-se que as fatias de manga tratadas com ácido cítrico apresentaram valores de tensão na ruptura muito superiores aos da amostra controle. Como as fatias com ácido cítrico perderam mais água que as do controle, as paredes celulares ficaram mais rígidas e, portanto, promoveram maiores tensões na ruptura. A solução com 0,5% de ácido cítrico promoveu tensões mais próximas aos da fruta fresca a partir do 3º dia de estocagem. Amostras com 2% de ácido cítrico, nas quais foi observada maior perda de água, apresentaram altos valores de tensão na ruptura até o 6º dia de armazenagem, decrescendo a partir deste ponto e se igualando aos valores obtidos em amostras com 0,5% de ácido cítrico. O tempo de estocagem apresentou efeito estatisticamente significativo sobre a tensão na ruptura para todas as amostras.

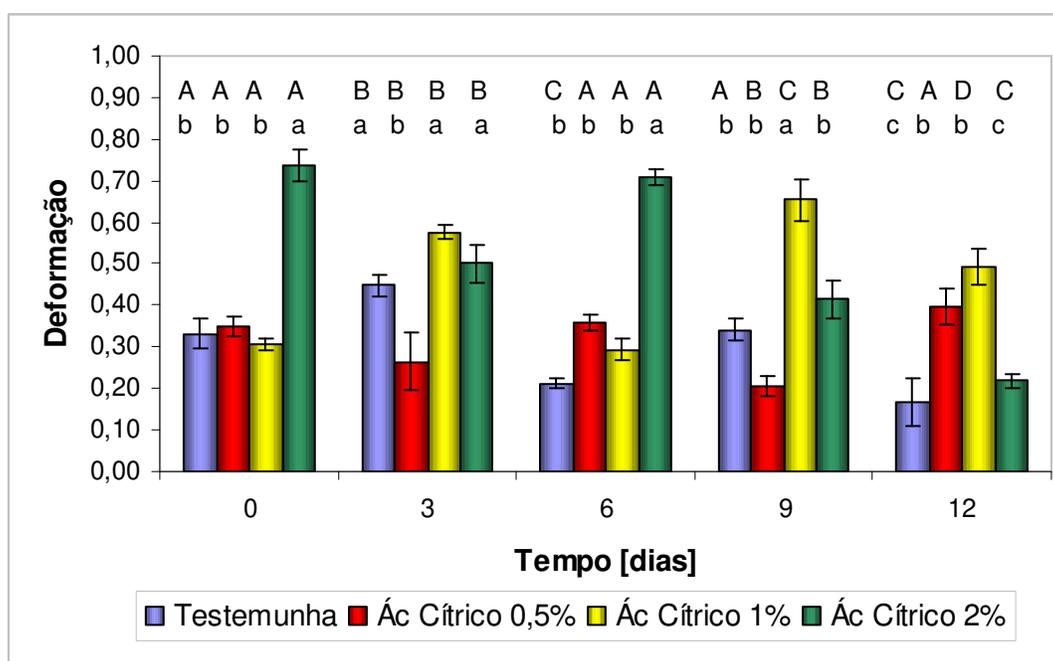


**Figura 4.3.** Variação da tensão na ruptura durante a armazenagem de fatias de manga pré-tratadas com ácido cítrico em diferentes concentrações.

Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

Os tratamentos com 1% e 2% de ácido cítrico promoveram a desidratação das amostras, aumentando a elasticidade dos tecidos, fato evidenciado pelos altos valores de deformação na ruptura (Figura 4.4). Assim, os valores elevados de tensão na ruptura não indicam que estes tratamentos preservaram as propriedades mecânicas.

SARZI (2002) relatou que pedaços de mamão tornaram-se mais firmes durante o tempo de armazenamento devido à perda de água, o que levou à formação de tecido superficial mais resistente.



**Figura 4.4.** Variação da deformação na ruptura durante a armazenagem de fatias de manga pré-tratadas com ácido cítrico em diferentes concentrações.

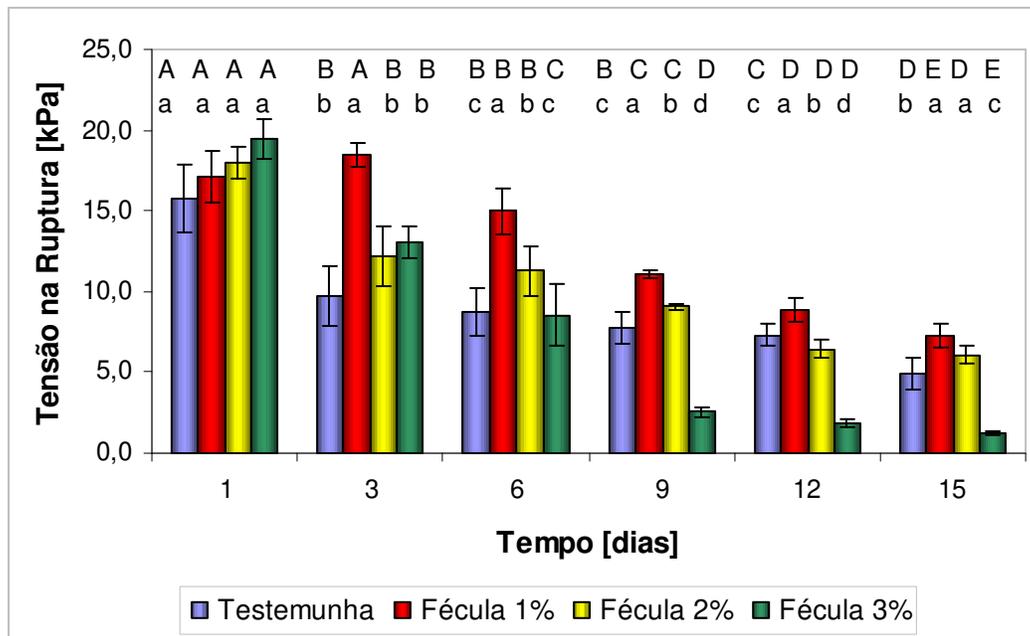
Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

Maçãs minimamente processadas tratadas com uma solução conservadora contendo ácido ascórbico (1%), ácido cítrico (0,5%), cloreto de cálcio (0,25%) e cloreto de sódio (0,7%) apresentaram uma firmeza crescente durante o tempo de

armazenagem. Tal fato foi associado à presença de cloreto de cálcio na solução (FONTES, 2005).

VILAS BOAS (2003) observou que durante o armazenamento houve um declínio nos valores de tensão na ruptura em mangas “Tommy Atkins” minimamente processadas. Cubos de manga imersos em ácido cítrico (1%) não apresentaram diferença significativa de firmeza em relação às fatias ‘in natura’.

Pela Figura 4.5, pode-se observar que houve decréscimo dos valores de tensão de ruptura em todos os tratamentos, com e sem cobertura a base de fécula de mandioca, em função do tempo de armazenagem.



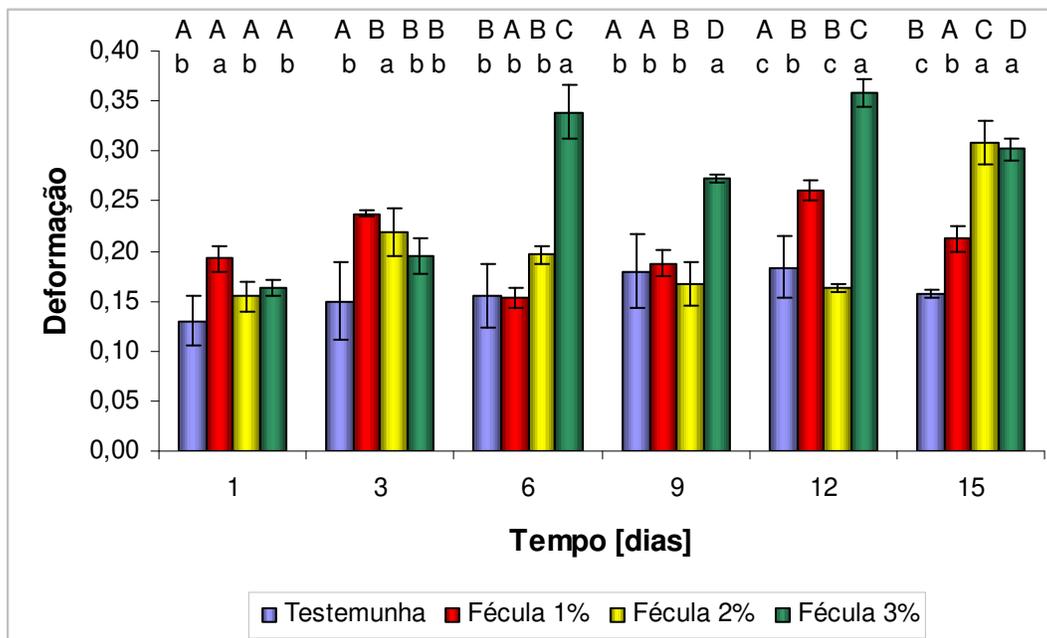
**Figura 4.5.** Variação da tensão na ruptura durante a armazenagem de fatias de manga com cobertura a base de fécula de mandioca em diferentes concentrações.

Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

As fatias com cobertura de fécula de mandioca 1% apresentaram tensões na ruptura superiores ou sem diferença significativa em relação às fatias do tratamento controle. Já a cobertura com concentração de 2% de fécula

proporcionou tensões intermediárias entre as amostras sem cobertura e o tratamento com fécula a 1%. As fatias com cobertura de fécula a 3% apresentaram as menores tensões de ruptura e, a partir do 6º dia de armazenagem, foram observados valores menores que o do tratamento controle.

Verificou-se que, a partir do 6º dia, a deformação das amostras com cobertura a 3% de fécula de mandioca aumentou muito em relação às demais amostras (Figura 4.6), o que mostra que este tratamento realmente prejudicou as propriedades mecânicas do produto, uma vez que as tensões na ruptura foram muito pequenas neste período.



**Figura 4.6.** Variação da deformação na ruptura durante a armazenagem de fatias de manga com cobertura a base de fécula de mandioca em diferentes concentrações.

Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

Alguns trabalhos, nos quais coberturas comestíveis a base de fécula de mandioca e outros polissacarídeos foram utilizados, não apresentaram resultados satisfatórios em relação às propriedades mecânicas. Em maçãs minimamente

processadas, foi observado que coberturas a base de fécula de mandioca, dextrina de mandioca e alginato de sódio proporcionaram valores de textura próximos aos do tratamento controle (FONTES, 2005). Em pepinos inteiros, coberturas com fécula de mandioca natural e modificada nas concentrações de 1%, 3% e 5% não apresentaram diferenças significativas em relação ao tratamento controle (VICENTINI & CEREDA, 1999). OLIVEIRA & CEREDA (1999) observaram que películas de fécula de mandioca a 1% e 2% em goiabas inteiras não promoveram diferenças significativas de tensão na ruptura em relação ao tratamento controle.

#### **4.2.3. Avaliação da Cor**

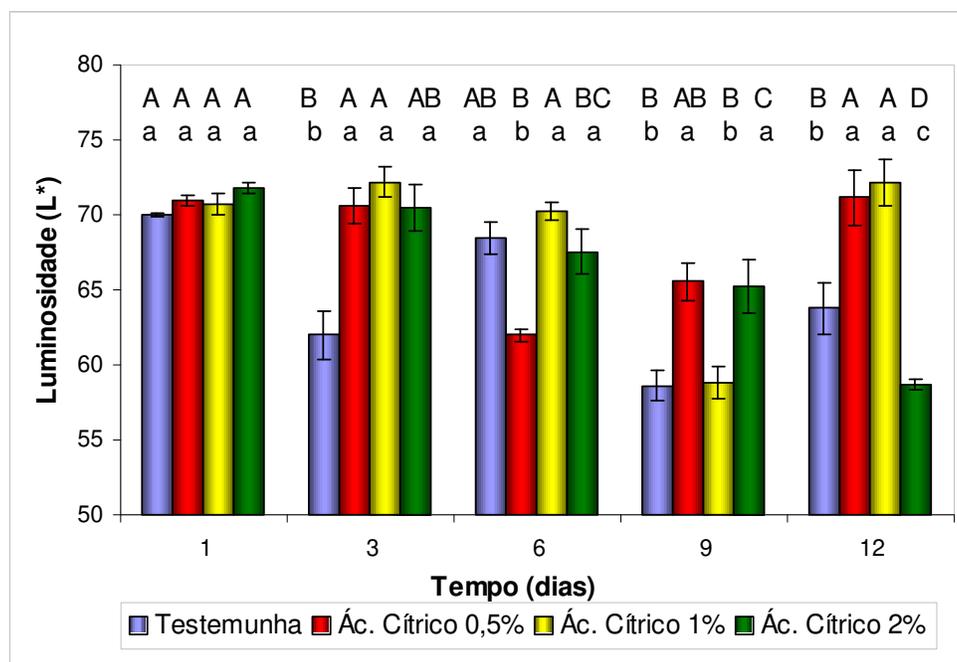
A coloração das amostras durante o tempo de armazenagem foi avaliada através da luminosidade (parâmetro  $L^*$ ), do croma  $C^*$  e do tom  $H^*$ .

Quando a manga é fatiada, as células do tecido se rompem e algumas enzimas, tais como as polifenol oxidases, são liberadas e entram em contato com seus substratos, causando o escurecimento do produto. A imersão das fatias em ácido cítrico nas diferentes concentrações retardou o escurecimento. Baseado na Figura 4.7, verificou-se que a aplicação de ácido cítrico proporcionou maiores valores do parâmetro luminosidade  $L^*$  ( $L^*=0$  indica preto e  $L^*=100$  indica branco), exceto o tratamento com 2%.

A concentração de 2% promoveu, ao final da armazenagem, valores de  $L^*$  inferiores ao da fruta não tratada, provavelmente reflexo da desidratação do produto. Os tratamentos com 0,5% e 1% de ácido cítrico proporcionaram maiores valores do parâmetro em relação ao controle e não diferiram estatisticamente entre si, exceto nos dias 6 e 9.

Ocorreram variações consideráveis dos valores de  $L^*$  para um mesmo tratamento ao longo da armazenagem, especialmente nas amostras com 0,5 % e 1% de ácido cítrico. Apesar da seleção dos frutos para minimizar a variabilidade da matéria-prima, pequenas diferenças fisiológicas entre as frutas podem causar tais variações. O tecido vegetal está vivo mesmo após o descascamento e corte. Assim, muitas reações químicas continuam ocorrendo, porém, não com a mesma

taxa para diferentes frutas. Variações semelhantes foram observadas em maçã (FONTES, 2005) e mamão (RODRIGUES et al., 2006) minimamente processados.



**Figura 4.7.** Variação da luminosidade ( $L^*$ ) durante a armazenagem de fatias de manga pré-tratadas com ácido cítrico em diferentes concentrações.

Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

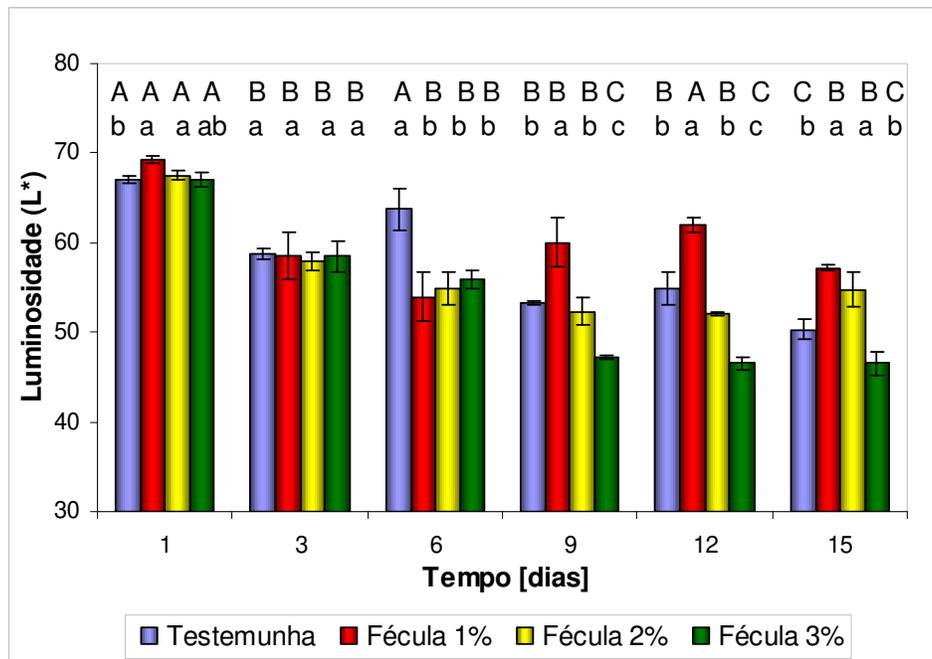
ROCCULLI et al. (2007) verificaram que batatas minimamente processadas tratadas com ácido cítrico apresentaram maiores valores de  $L^*$  do que as não tratadas. Observaram também que altas concentrações de ácido cítrico implicaram em valores mais elevados de  $L^*$ , o que não ocorreu no presente trabalho.

JIANG et al. (2004) observaram que valores iguais ou superiores a 0,1M de ácido cítrico inibem a atividade da polifenol oxidase, retardando o escurecimento da superfície de castanhas de água chinesas (*Eleocharis tuberosa*) minimamente processadas, estocadas à 4°C por 12 dias.

Em maçãs minimamente processadas também foi observado que o uso de ácido cítrico e ácido ascórbico retarda o escurecimento enzimático, apresentando elevados valores de L\* (FONTES, 2005).

A Figura 4.8 apresenta os valores do parâmetro L\* das amostras com coberturas de fécula de mandioca. Observou-se que houve uma queda do parâmetro L\* para todas as amostras após três dias de estocagem. Ao longo do tempo de armazenagem, as fatias frescas e com cobertura na concentração de 3% de fécula apresentaram uma maior queda do parâmetro. As coberturas com 1% e 2% promoveram uma maior manutenção do L\* durante a estocagem.

A cobertura com 1% de fécula foi mais eficiente na manutenção do L\* a partir do 9º dia de estocagem, o que pode indicar que este tratamento interferiu no contato do produto com o oxigênio, impedindo que uma parte deste gás participasse das reações de oxidação catalisadas pela polifenol oxidase.



**Figura 4.8.** Variação da luminosidade (L\*) durante a armazenagem de fatias de manga com cobertura a base de fécula de mandioca em diferentes concentrações.

Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

FONTES (2005) verificou que a aplicação de cobertura a base de fécula de mandioca em fatias de maçã manteve o valor do parâmetro  $L^*$  do 1º dia durante 13 dias de armazenagem. Em pepinos inteiros, não houve diferença significativa entre os frutos com cobertura a base de fécula de mandioca e os frutos sem cobertura (VICENTINI & CEREDA, 1999). Entretanto, no caso do pepino, como este apresenta baixa taxa de respiração, a ação da cobertura é inexpressiva, uma vez que as reações de degradação são mais lentas.

As Tabelas 4.4 e 4.5 apresentam os valores do croma  $C^*$  durante a armazenagem de fatias de manga tratadas com diferentes concentrações de ácido cítrico ou com coberturas a base de fécula de mandioca.

Na Tabela 4.4, observou-se que praticamente não houve diferenças estatisticamente significativas entre as amostras tratadas e a amostra controle em relação ao croma  $C^*$ , mostrando que o tratamento com ácido cítrico não alterou a intensidade da cor das mangas. Para todos os tratamentos observou-se uma redução do croma ao longo da estocagem, mostrando uma intensificação da cor das fatias de manga. Esse aumento da intensidade da cor é, provavelmente, conseqüência da perda de água das amostras, devido à desidratação causada pelo ácido cítrico, causando maior concentração de pigmentos nas amostras.

**Tabela 4.4.** Valores do croma  $C^*$  durante a armazenagem de fatias de manga pré-tratadas com ácido cítrico.

Tratamento	Dias				
	1	3	6	9	12
<b>Testemunha</b>	79,81 a A	71,12 a BC	73,67 a AB	60,89 a C	66,28 a BC
<b>Ácido Cítrico 0,5%</b>	77,08 a A	72,31 a AB	64,34 b C	65,87 a BC	66,60 a BC
<b>Ácido Cítrico 1%</b>	74,05 a A	72,48 a A	68,42 b AB	61,08 a B	65,28 a AB
<b>Ácido Cítrico 2%</b>	72,97 a A	70,63 a AB	66,27 b BC	65,18 a BC	63,77 a C

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

No início da estocagem, as amostras frescas apresentaram maiores valores de croma  $C^*$  em relação às fatias com cobertura (Tabela 4.5). Ao longo do tempo de estocagem, as amostras frescas e com coberturas nas concentrações de 1% e 2% de fécula apresentaram uma redução de  $C^*$  com pequenas diferenças estatisticamente significativas em alguns dias de armazenagem. As amostras com 3% de fécula de mandioca apresentaram maiores valores deste parâmetro durante todo tempo de estocagem, o que pode ser atribuído à difusão de água da cobertura para a fruta, fazendo com que os pigmentos ficassem menos concentrados. Entretanto, considerando os valores de luminosidade  $L^*$ , que foram menores para a o tratamento com 3% de fécula, esta amostra apresentou coloração mais escura em relação aos demais tratamentos.

**Tabela 4.5.** Valores do croma  $C^*$  durante a armazenagem de fatias de manga com cobertura a base de fécula de mandioca.

Tratamento	Dias					
	1	3	6	9	12	15
<b>Testemunha</b>	93,51 a A	79,78 a B	72,97 ab BC	62,44 c C	59,72 b C	67,61 ab BC
<b>Fécula 1%</b>	80,66 ab A	65,08 b B	71,99 ab AB	69,08 b AB	73,57 ab AB	67,86 ab AB
<b>Fécula 2%</b>	74,63 b A	68,92 b A	63,70 b BC	57,07 d C	70,80 ab AB	63,17 b BC
<b>Fécula 3%</b>	84,77 a A	63,06 b B	85,57 a A	81,35 a A	79,46 a A	79,20 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

As Tabelas 4.6 e 4.7 mostram os valores do tom  $H^*$  durante a armazenagem de fatias de manga tratadas com diferentes concentrações de ácido cítrico ou com coberturas a base de fécula de mandioca.

Na Tabela 4.6, pode-se observar que os valores do tom  $H^*$  das amostras tratadas com ácido cítrico apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si apenas nos dias 6 e 12. As amostras tratadas apresentaram valores de  $H^*$  maiores que a da amostra fresca na maioria dos tempos de estocagem. O

tratamento com 1% de ácido cítrico proporcionou os maiores valores deste parâmetro em relação à amostra fresca durante toda a estocagem, indicando descoloração parcial das fatias. Verificou-se também um aumento dos valores de H\* com o tempo de estocagem, sendo este mantido apenas para as fatias tratadas com 2% de ácido cítrico.

**Tabela 4.6.** Valores do tom H\* durante a armazenagem de fatias de manga pré-tratadas com ácido cítrico.

Tratamento	Dias				
	1	3	6	9	12
Testemunha	73,15 b C	73,34 b C	76,42 c AB	74,99 b BC	78,08 c A
Ácido Cítrico 0,5%	77,35 a B	78,46 a AB	77,58 bc B	78,38 a AB	79,49 ab A
Ácido Cítrico 1%	77,19 a C	78,97 a B	79,06 ab B	78,08 a BC	80,08 a A
Ácido Cítrico 2%	78,52 a A	79,66 a A	79,37 a A	79,01 a A	78,83 bc A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

As amostras com cobertura a base de fécula de mandioca apresentaram valores de tom H\* próximos aos da amostra controle, praticamente sem diferenças estatisticamente significativas, os quais foram mantidos durante todo o período de estocagem, indicando que as coberturas preservam a tonalidade das fatias (Tabela 4.7). A cobertura com 3% de fécula de mandioca foi a que mais se diferenciou dos demais tratamentos, apresentando maiores valores de H\* a partir do 9º dia de estocagem. Este fato pode ser atribuído à difusão de água da cobertura para a fatia, uma vez que a água participa de reações enzimáticas e químicas, resultando em aumento da tonalidade da amostra.

O Apêndice B apresenta os padrões de coloração das amostras com as diferentes concentrações de ácido cítrico e fécula de mandioca durante a armazenagem. Os padrões, feitos no software Adobe Photophop 7.0.1<sup>®</sup> através

dos valores de L\*, a\* e b\* obtidos no colorímetro, representam a coloração composta pela média dos valores lidos na amostra e têm caráter apenas ilustrativo.

**Tabela 4.7.** Valores do tom H\* durante a armazenagem de fatias de manga com cobertura a base de fécula de mandioca.

Tratamento	Dias					
	1	3	6	9	12	15
Testemunha	76,66 a A	77,27 a A	77,41 a A	75,81 b A	74,90 b A	77,34 ab A
Fécula 1%	76,92 a A	74,90 a A	76,12 a A	75,62 b A	75,75 b A	76,01 b A
Fécula 2%	77,60 a A	77,53 a A	77,95 a A	76,46 b A	78,69 a A	78,30 ab A
Fécula 3%	77,79 a AB	76,95 a B	78,86 a AB	78,79 a AB	80,04 a A	79,36 a AB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

#### 4.2.3. Escolha das Concentrações Ótimas

Baseado nos resultados obtidos nesta primeira parte do trabalho, as concentrações de 0,5% de ácido cítrico e 1% de fécula de mandioca foram escolhidas.

Os resultados obtidos com o tratamento das amostras em 0,5% de ácido cítrico foram muito parecidos com os do tratamento com 1% de ácido cítrico. Assim, a concentração de 0,5% foi escolhida por proporcionar os mesmos efeitos de uma concentração maior, porém de forma mais econômica.

A concentração com 1% de fécula de mandioca foi escolhida por proporcionar menor perda de peso e manter as propriedades mecânicas e a uniformidade da coloração do produto.

Como a cobertura não foi eficiente em prevenir o escurecimento enzimático, optou-se por associar o tratamento com 0,5% de ácido cítrico ao tratamento com cobertura a base de 1% de fécula de mandioca. A partir desta associação, foram

feitas análises para verificar se a cobertura reduziria os efeitos negativos do ácido cítrico, como a desidratação e a formação de tecido superficial resistente nas fatias, mantendo o efeito positivo da manutenção da luminosidade L\*. Foram analisados também os efeitos da adição de glicerol e de outra cobertura a base de alginato de sódio, cuja concentração foi encontrada na literatura.

### **4.3. Comparação entre Coberturas e Adição de Glicerol**

As fatias de manga pré-tratadas com ácido cítrico a 0,5% e recobertas com a formulação contendo 1% de fécula de mandioca, com e sem adição de glicerol a 1% foram analisadas em relação à perda de peso, atividade de água, propriedades mecânicas e coloração. Foram analisadas também amostras pré-tratadas com ácido cítrico a 0,5% e recobertas com película a base de 2% de alginato de sódio, com e sem adição de 1% de glicerol.

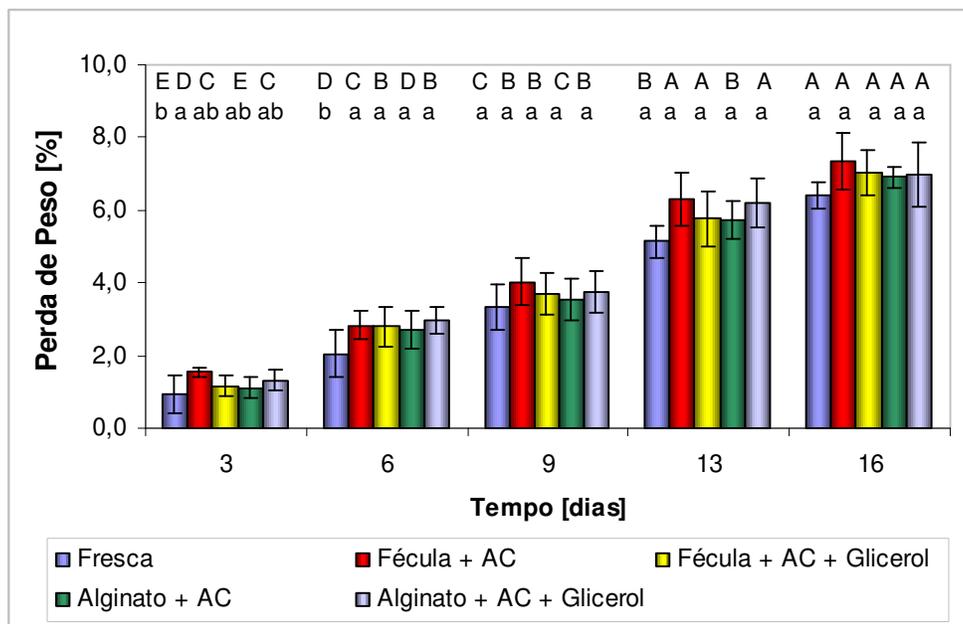
#### **4.3.1. Perda de Peso**

A Figura 4.9 apresenta a perda de peso das amostras com diferentes tipos de coberturas. Este parâmetro sofreu grande influência da aplicação de ácido cítrico, uma vez que as amostras com cobertura apresentaram semelhante ou superior perda de peso quando comparadas à amostra fresca, o que não foi verificado com a aplicação apenas da cobertura de fécula a 1%, conforme verificado anteriormente, no item 4.2.1.

Segundo OLIVAS et al. (2007), a utilização de coberturas a base de alginato de sódio em maçãs minimamente processadas reduziu significativamente a perda de peso das amostras. Embora as coberturas de alginato, cujas formulações não contenham lipídeos, sejam barreiras deficientes ao vapor de água em alimentos com elevada atividade de água, as películas agiram relativamente bem na limitação da perda de água de fatias de maçãs.

Considerando os resultados de perda de peso das amostras tratadas apenas com ácido cítrico (Figura 4.1), verificou-se que as coberturas agiram como barreira, reduzindo as perdas de 9% para 6,3%, após 12 e 13 dias de estocagem,

respectivamente. As coberturas também promoveram a extensão do tempo de armazenamento de 12 para 16 dias, uma vez que as amostras não ficaram ressecadas.



**Figura 4.9.** Perda de peso de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura em função do tempo de armazenagem.

Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

#### 4.3.2. Atividade de água

A água é o principal componente dos alimentos frescos, contribuindo de forma determinante nos parâmetros de qualidade do produto, como a textura, a aparência e o sabor. É também um fator importante na deterioração dos alimentos, pois participa de diferentes reações químicas e enzimáticas, além de contribuir no desenvolvimento microbiano.

Porém, apenas o conteúdo de água não é suficiente para indicar a perecibilidade de um alimento, uma vez que não leva em conta as interações da água com o mesmo. Assim, a atividade de água ( $a_w$ ) pode ser considerada uma

medida indireta da água que está disponível no produto para participar de reações de deterioração e no crescimento microbiano (AGUILERA, 1997).

A Tabela 4.8 mostra os valores de atividade de água ( $a_w$ ) de fatias de manga com diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. Apenas no 16° dia as amostras com coberturas a base de alginato de sódio com e sem adição de glicerol apresentaram diferenças significativas entre si.

O tempo de armazenagem apenas interferiu nas amostras com cobertura a base de alginato de sódio com adição de glicerol, as quais apresentaram valores de atividade de água inferiores aos demais no 16° dia.

**Tabela 4.8.** Valores de atividade de água de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura em função do tempo de armazenagem.

Tratamento	Dias					
	1	3	6	9	13	16
Fresca	0,983 aA	0,983 aA	0,984aA	0,983 aA	0,980 aA	0,983abA
Fécula + AC	0,979 aA	0,982 aA	0,983aA	0,983 aA	0,984 aA	0,983abA
Fécula + AC + Glicerol	0,981 aA	0,984 aA	0,985aA	0,984 aA	0,981 aA	0,986abA
Alginato + AC	0,982 aA	0,986 aA	0,987aA	0,987 aA	0,980 aA	0,987 aA
Alginato + AC + Glicerol	0,981aAB	0,983aAB	0,985aA	0,984aAB	0,980aAB	0,980 bB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

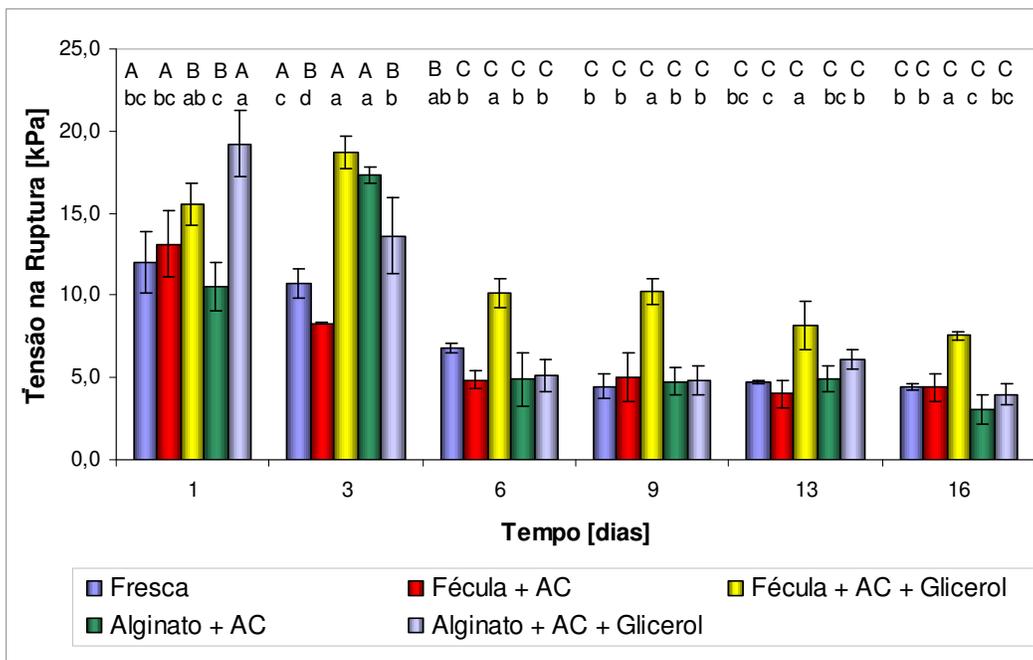
#### 4.3.3. Propriedades Mecânicas – Tensão e Deformação na Ruptura

Os valores de tensão na ruptura durante o armazenamento de fatias de manga com diferentes coberturas são mostrados na Figura 4.10, pela qual se observa o decréscimo dos valores deste parâmetro em decorrência da maturação do produto ao longo do tempo de estocagem.

As fatias com cobertura de 1% de fécula de mandioca e adição de glicerol apresentaram tensões na ruptura superiores em relação aos demais tratamentos, exceto no 1° dia de armazenagem. Observou-se que este tratamento contribuiu

para a preservação das propriedades mecânicas do produto, possível reflexo da adição do plasticizante que aumentou a flexibilidade da cobertura e preencheu os espaços entre as moléculas de amido. Segundo GARCIA et al. (1998), coberturas a base de amido de milho ou batata com adição de 2% de glicerol ou sorbitol também promoveram retenção das propriedades mecânicas de morangos.

A cobertura a base de fécula de mandioca 1% sem adição de glicerol não promoveu diferenças significativas em relação ao tratamento controle. As coberturas a base de alginato de sódio, com e sem adição de glicerol, apresentaram a partir do 6º dia grande decréscimo nos valores de tensão na ruptura. Ao final do armazenamento, estas amostras apresentaram tensões na ruptura inferiores às da amostra controle.



**Figura 4.10.** Variação da tensão na ruptura durante a armazenagem de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura.

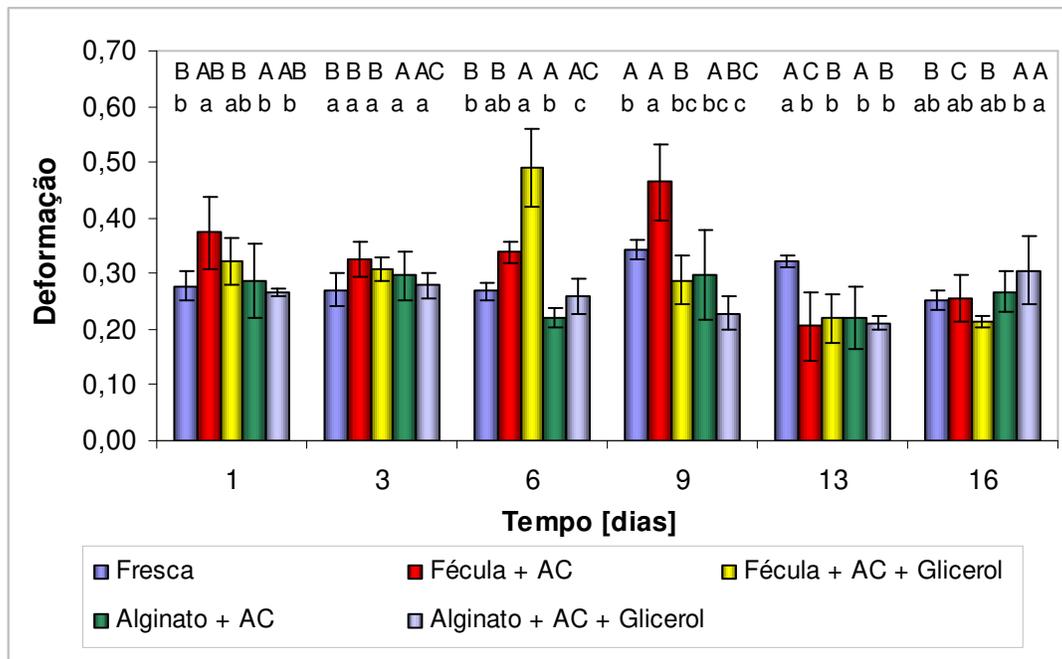
Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

Em maçãs minimamente processadas, a utilização de coberturas a base de alginato de sódio ou fécula de mandioca promoveu enrijecimento das amostras.

No caso da película de alginato de sódio, o enrijecimento foi associado ao uso de cloreto de cálcio. Já no caso da fécula de mandioca, tal enrijecimento foi atribuído à retrogradação das moléculas da película (FONTES, 2005).

OLIVAS et al. (2007) relataram que coberturas a base de 1% de alginato de sódio preservaram as propriedades mecânicas de fatias de maçãs, devido à presença de cálcio na formulação e por sua atuação como barreira ao vapor de água, prevenindo a perda de turgor das amostras.

Na Figura 4.11, pode-se observar que a deformação das amostras com película de alginato de sódio, com e sem adição de glicerol, foi decrescente ao longo do período de armazenagem, o que implicou em menores tensões para romper o tecido. De fato, as amostras com estes tratamentos, ao final da estocagem, apresentaram grande perda de propriedades mecânicas.



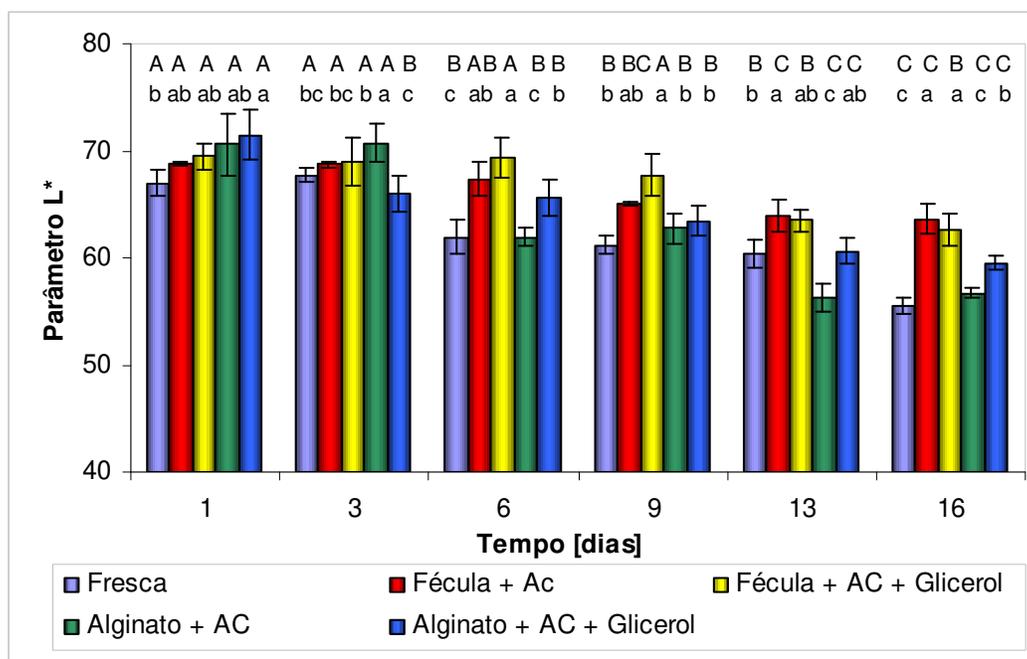
**Figura 4.11.** Variação da deformação na ruptura durante a armazenagem de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura.

Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

#### 4.3.4. Avaliação da Cor

A Figura 4.12 apresenta os valores de luminosidade (parâmetro  $L^*$ ) de fatias de manga tratadas com ácido cítrico e recobertas com películas a base de fécula de mandioca e alginato de sódio, com e sem adição de glicerol. As amostras com cobertura de alginato, com e sem adição de glicerol, apresentaram menores valores de luminosidade a partir do 6º dia, apesar da imersão em ácido cítrico. As coberturas com fécula de mandioca, com e sem adição de glicerol, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si ao longo do tempo de armazenagem.

Todos os tratamentos apresentaram uma redução do parâmetro  $L^*$  ao longo da estocagem. Apesar deste escurecimento das fatias, os tratamentos com cobertura de fécula, com e sem glicerol, foram os que apresentaram a maior manutenção da luminosidade das amostras.



**Figura 4.12.** Variação da luminosidade ( $L^*$ ) durante a armazenagem de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura.

Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

FONTES (2005) observou que a película de alginato de sódio proporcionou menores valores de luminosidade ( $L^*$ ) em fatias de maçãs, igualando ao controle no 9º dia. Porém, OLIVAS et al. (2007) relataram que coberturas de alginato de sódio retardaram o escurecimento em maçãs minimamente processadas. Este fato foi associado à presença de cloreto de cálcio e a atuação como barreira ao oxigênio.

As Tabelas 4.9 e 4.10 apresentam os valores do croma  $C^*$  e tom  $H^*$  de fatias de manga tratadas com ácido cítrico e recobertas com películas a base de fécula de mandioca ou alginato de sódio, com e sem adição de glicerol.

Os valores de croma  $C^*$  foram decrescentes ao longo do período de armazenagem para todos os tratamentos, indicando uma intensificação da cor das fatias. Houve diferenças estatisticamente significativas deste parâmetro em relação ao tempo de estocagem, para cada tratamento.

A cobertura a base de alginato de sódio sem adição de glicerol promoveu os menores valores de croma  $C^*$ , o que implicou em fatias com coloração mais intensa. Os demais tratamentos apresentaram pequenas diferenças no decorrer do armazenamento, mas, ao final da estocagem, não houve diferenças estatisticamente significativas em relação ao croma  $C^*$ .

**Tabela 4.9.** Valores do croma  $C^*$  durante a armazenagem de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura.

Tratamento	Dias					
	1	3	6	9	13	16
Fresca	85,39 aA	72,84 bB	71,02 bB	70,30 bcB	73,89 aB	72,30 aB
Fécula + AC	81,80 aA	75,05 abB	74,92 aB	68,90 cC	71,46 aBC	70,78 aC
Fécula + AC + Glicerol	82,22 aA	78,58 aAB	73,40 abB	72,51 bBC	73,35 aBC	70,88 aC
Alginato + AC	74,61bA	72,01bAB	70,52 bB	62,86 dC	54,67 bD	59,40 bC
Alginato + AC + Glicerol	72,38 bB	76,78 abA	70,87 bB	79,47 aA	65,74 aC	71,28 aB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

Os valores de tom H\* apresentaram certa constância ao longo do período de armazenagem e apenas nas amostras frescas e com cobertura a base de alginato de sódio com adição de glicerol houve diferenças significativas deste parâmetro em relação ao tempo de estocagem.

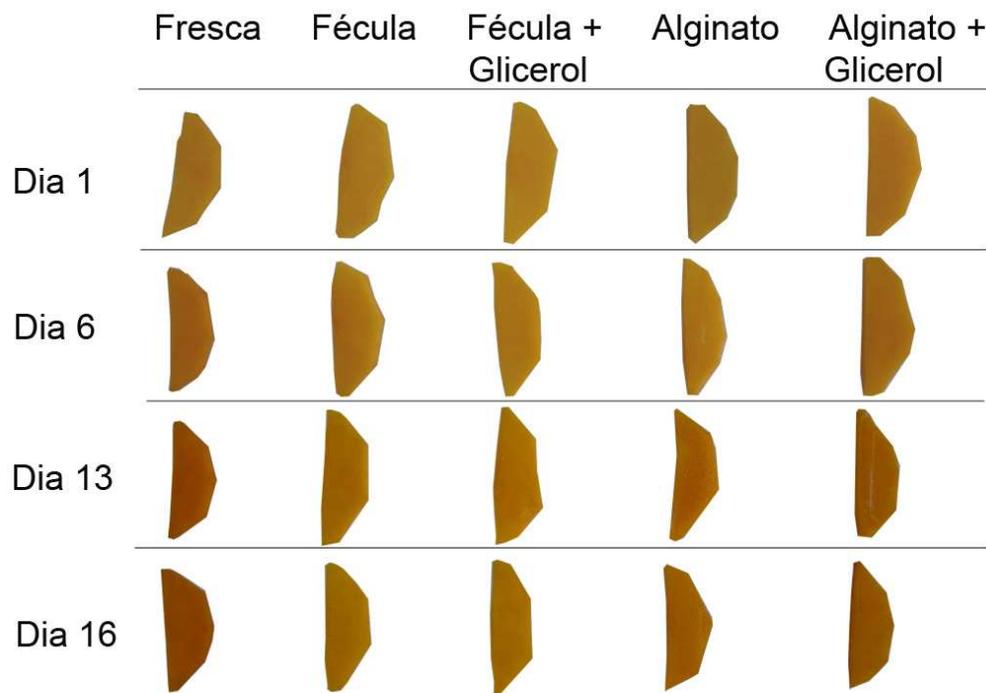
O tratamento com película de fécula de mandioca com adição de glicerol promoveu valores de tom mais elevados que os demais tratamentos ao longo da armazenagem. A amostra fresca e as fatias com películas de fécula de mandioca e alginato de sódio sem adição de glicerol apresentaram diferenças significativas, apenas no 6º dia de armazenamento.

**Tabela 4.10.** Valores do tom H\* durante a armazenagem de fatias de manga com ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura.

Tratamento	Dias					
	1	3	6	9	13	16
Fresca	76,39 bA	75,40 bAB	73,79 dB	74,72 bAB	75,24 abAB	75,83 bcA
Fécula + AC	76,17 bcA	75,47 bA	76,25 bcA	76,50 abA	76,34 abA	76,29 bcA
Fécula + AC + Glicerol	78,18 aA	77,35 aA	77,92 aA	77,89 aA	77,76 aA	78,28 aA
Alginato + AC	75,78 bcA	75,71 bA	76,78 abA	76,23 abA	74,72 bA	75,43 cA
Alginato + AC + Glicerol	74,97 cB	75,27 bB	75,00 cdA	77,62 aA	77,35 abA	77,51 abA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

A Figura 4.13 apresenta fotos das fatias de manga no decorrer da armazenagem, mostrando a evolução da coloração. Confrontando os dados observados na Figura 4.12 e nas Tabelas 4.9 e 4.10 com a Figura 4.13, observou-se que as fatias de manga com coberturas de alginato, com e sem glicerol, apresentaram coloração mais escura, próxima a da amostra controle. Estas coberturas também conferiram aspecto pegajoso às amostras. As coberturas de fécula de mandioca promoveram menores mudanças de coloração ao longo do armazenamento, apresentando fatias com aparência de frescas no 16º dia.



**Figura 4.13.** Aparência e coloração de fatias de manga submetidas à imersão em ácido cítrico e diferentes tipos de cobertura durante o armazenamento.

#### 4.4. Taxa Respiratória e Composição Gasosa

As taxas respiratórias de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e/ou coberturas a base de fécula de mandioca ou alginato de sódio são mostradas na Tabela 4.11.

Observou-se que a adição de glicerol aumentou a permeabilidade das coberturas, elevando a quantidade de  $\text{CO}_2$  liberada pelas amostras. Tal fato também foi observado por GARCIA et al. (1998) em morangos com coberturas a base de amido de milho com adição de glicerol ou sorbitol. Segundo os autores, o glicerol aumentou, em relação ao sorbitol, a permeabilidade da película ao vapor de água e às trocas gasosas devido ao seu pequeno tamanho, baixo peso molecular e alta compatibilidade com a matriz de amido, o que favoreceu a mobilidade da amilase e promoveu uma estrutura mais fraca.

**Tabela 4.11.** Taxa respiratória (ml CO<sub>2</sub>/kg.h) de fatias de manga submetidas a diferentes tratamentos a temperatura de 5°C.

<b>Tratamento</b>	<b>ml CO<sub>2</sub>/kg.h</b>
Fresca	8,69 ± 0,43 a
Ácido Cítrico (0,5%)	5,12 ± 0,01 cd
Fécula de Mandioca (1%)	5,57 ± 0,92 cd
Fécula + Ácido Cítrico	5,08 ± 0,54 d
Fécula + AC + Glicerol	7,49 ± 0,09 b
Alginato + Ácido Cítrico	6,06 ± 0,09 bc
Alginato + AC + Glicerol	6,65 ± 0,51 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

As amostras com 0,5% de ácido cítrico, cobertura a base de 1% de fécula de mandioca e com a associação destes dois tratamentos apresentaram as menores taxas respiratórias, atingindo valores 41% menores que as amostras frescas. As coberturas de alginato de sódio, com e sem adição de glicerol, e a película de fécula de mandioca com glicerol não apresentaram diferenças significativas entre si. Os tratamentos com coberturas e ácido cítrico associados reduziram as taxas respiratórias das fatias de manga, evidenciado que estes tratamentos são eficientes no controle do metabolismo do produto.

Em maçãs minimamente processadas, a película de alginato de sódio foi a mais eficiente no controle da taxa respiratória e a película de fécula de mandioca promoveu maiores valores entre as coberturas analisadas. Segundo FONTES (2005), o comportamento da cobertura de fécula de mandioca se deve a existência de microfissuras que facilitam as trocas gasosas.

Segundo KROCHTA (2002), os plasticizantes, como o glicerol, perturbam as pontes de hidrogênio inter e intra-moleculares, aumentando a distância entre as moléculas poliméricas. Apesar da adição de glicerol preencher os espaços vazios dentro da matriz polimérica, eliminando microfissuras das películas, pode-se concluir neste estudo que esta substância facilita as trocas gasosas, aumentando

a taxa respiratória de mangas minimamente processadas em relação às amostras com película sem plasticizante.

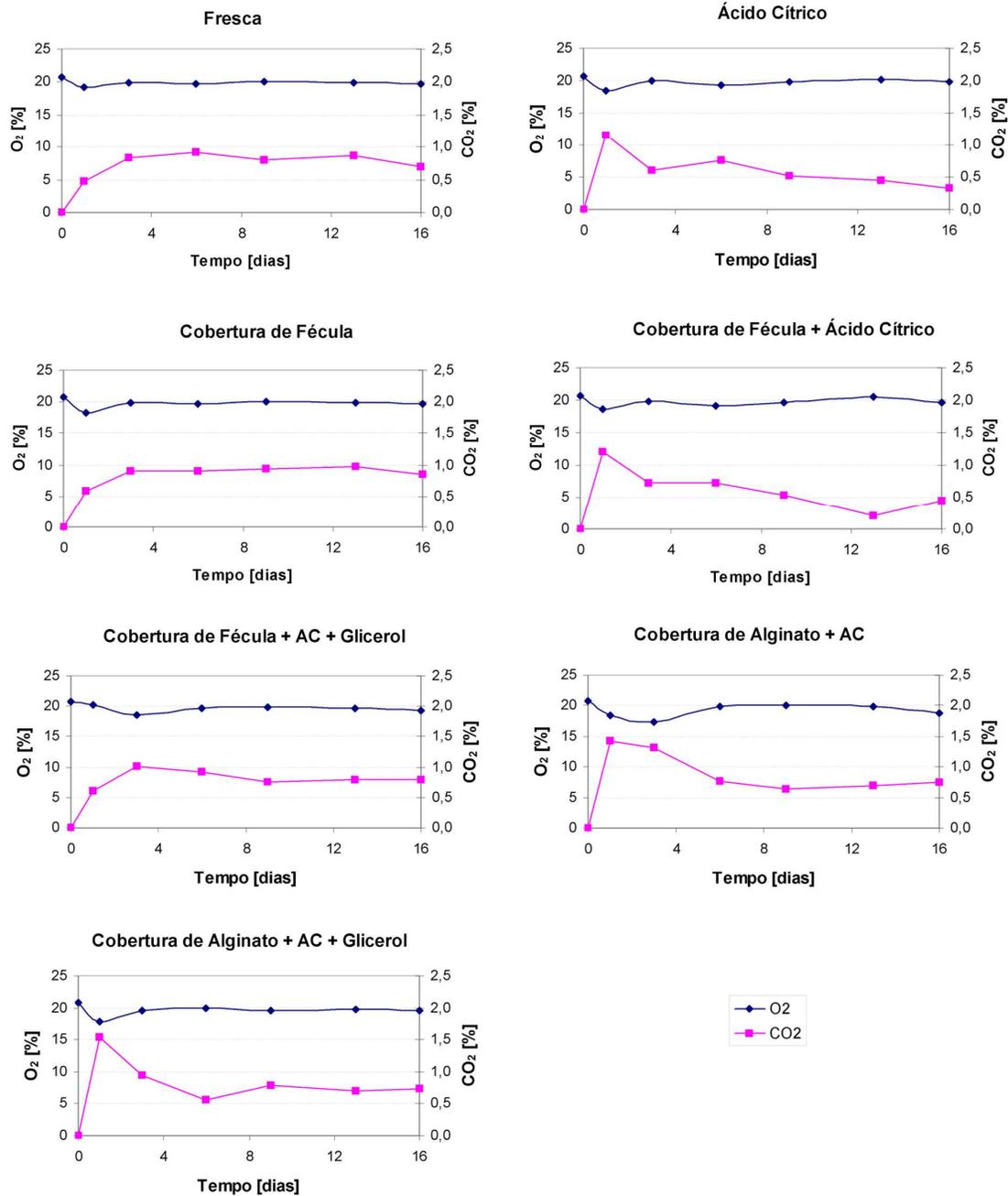
A Figura 4.14 mostra a composição gasosa de embalagens com fatias de manga, submetidas aos mesmos tratamentos da determinação da taxa respiratória, ao longo do tempo de armazenagem.

Não houve geração de atmosfera modificada nos tratamentos, indicando que o filme de PVC apenas agiu como proteção, sem interagir com o produto. Como no presente estudo, o filme de PVC 11 $\mu$ m utilizado por RODRIGUES et al. (2006) foi insuficiente para promover a modificação da atmosfera interna da embalagem, não mantendo o equilíbrio entre permeabilidade do filme ao O<sub>2</sub> e ao CO<sub>2</sub> e as taxas de respiração de cubos de mamão desidratado osmoticamente. O filme de PVC 20  $\mu$ m também não foi eficaz na modificação da atmosfera em embalagens de goiaba minimamente processada (PEREIRA et al., 2004).

Em todos os tratamentos, notou-se uma pequena redução nos níveis de O<sub>2</sub> e um pequeno aumento nos teores de CO<sub>2</sub>, indicando a preservação das funções metabólicas pelos tratamentos. Os picos no teor de CO<sub>2</sub> no 1<sup>o</sup> dia de estocagem podem ser atribuídos ao estresse causado pelo processamento mínimo nas operações de descascamento e corte. Este pico também foi observado em maçãs minimamente processadas recobertas com películas de alginato de sódio e fécula de mandioca (FONTES, 2005).

As amostras com películas de alginato de sódio apresentaram picos de CO<sub>2</sub> mais pronunciados que os demais tratamentos nos primeiros dias de estocagem. As fatias com apenas película de fécula de mandioca e película de fécula com glicerol, pré-tratadas com ácido cítrico, promoveram composições gasosas semelhantes a da amostra fresca.

Com base nos dados obtidos e discutidos nos itens 4.3 e 4.4, os tratamentos com cobertura de fécula de mandioca, com e sem glicerol, com imersão em ácido cítrico foram selecionados para um posterior estudo de vida útil do produto.



**Figura 4.14.** Teores de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> no interior das embalagens de poliestireno expandido e filme de PVC 20 µm contendo fatias de mangas submetidas a diferentes tratamentos, armazenadas a 5°C por 16 dias.

#### **4.5. Estudo de Vida Útil do Produto**

Selecionadas as coberturas de fécula de mandioca, com e sem glicerol, associadas ao tratamento com imersão em ácido cítrico, foi realizado o estudo de vida útil do produto. Foram analisados: perda de peso, propriedades mecânicas, coloração, sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, atividade de água, umidade, carotenóides totais, análise sensorial e crescimento microbiano, ao longo de 15 dias de estocagem. O tempo de armazenagem foi definido com base na avaliação sensorial e no crescimento microbiano nas amostras.

##### **4.5.1. Perda de Peso**

A perda de peso de fatias de manga frescas e tratadas com ácido cítrico e coberturas de fécula de mandioca, com e sem glicerol, durante a vida útil de 15 dias a 5°C é apresentada na Figura 4.15.

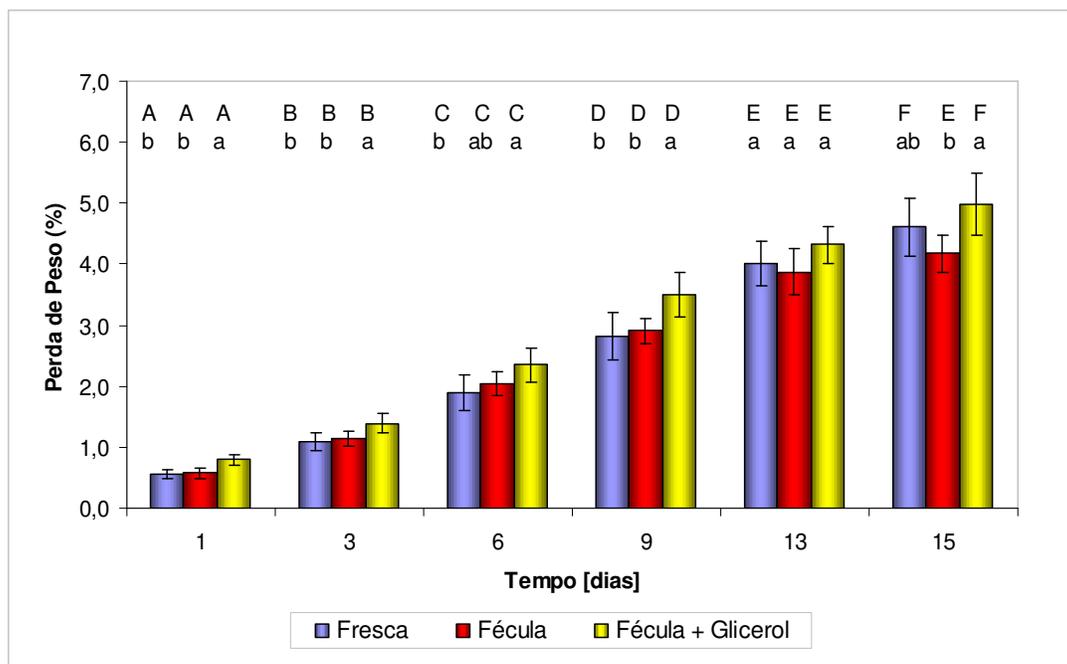
Observou-se que a cobertura de fécula de mandioca com glicerol promoveu as maiores perdas de peso ao longo do armazenamento se igualando ao controle no 13º dia. A cobertura de fécula de mandioca sem glicerol e o tratamento controle não apresentavam diferenças significativas em relação a este parâmetro.

Apesar das coberturas a base de polissacarídeos possuírem uma alta seletividade aos gases, elas possuem alta permeabilidade ao vapor de água, influenciando a perda de peso dos produtos (RIBEIRO et al., 2007). GARCIA et al. (1998) relataram que o glicerol, em relação ao sorbitol, aumentou a permeabilidade ao vapor de água da cobertura, implicando em maiores perdas de peso.

Segundo MÜLLER et al. (2008), a permeabilidade ao vapor de água de filmes e coberturas a base de fécula de mandioca é proporcional aos valores de umidade relativa do ar e aumenta com a concentração de plasticizante. A manga minimamente processada é um produto com alta atividade de água e, portanto, a umidade do produto pode ter interferido na permeabilidade ao vapor de água das coberturas. Aliado a este fator, há a presença de ácido cítrico, que promoveu a desidratação das amostras. Assim, a cobertura de fécula sem glicerol, apesar de

não apresentar diferenças estatisticamente significativas em relação ao controle, reduziu o efeito desidratante do ácido cítrico, evitando uma maior perda de peso das fatias de manga.

Cubos de manga a 5°C pré-tratados com 1% de ácido cítrico e embalados sob atmosfera modificada ativa não apresentaram diferenças significativas sobre a perda de peso quando comparados com o controle em ar atmosférico (VILAS BOAS, 2003). Pode-se, portanto, concluir que o efeito desidratante do ácido cítrico sobre a perda de peso dos cubos de manga foi reduzido pela modificação da atmosfera, indicando que as coberturas utilizadas no presente estudo promoveram efeito semelhante.

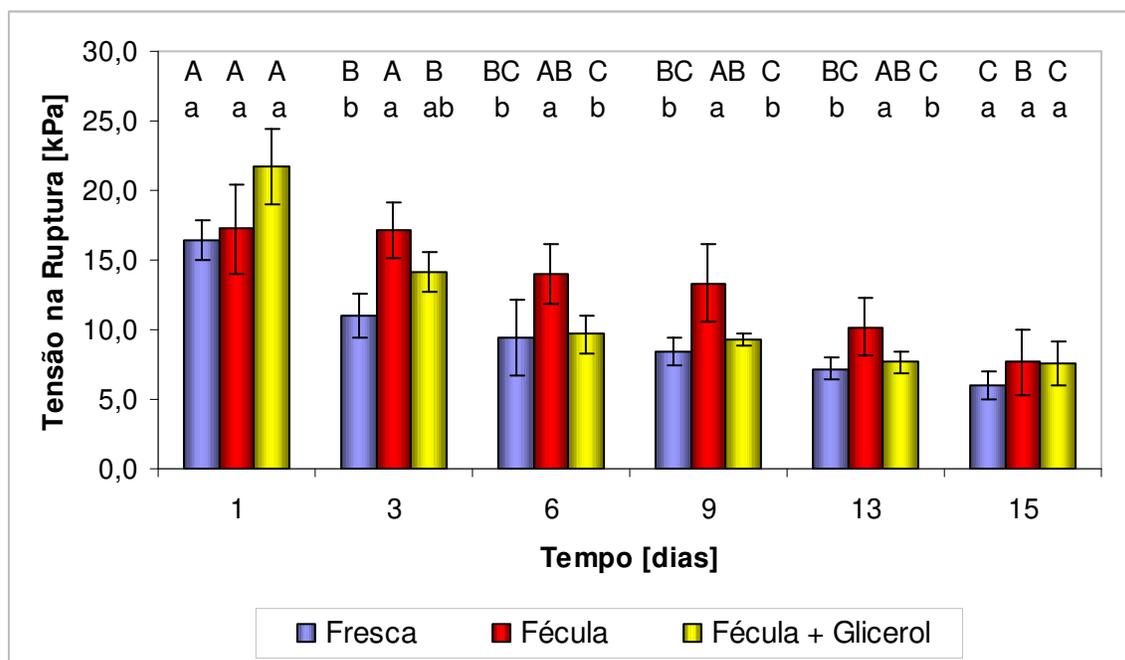


**Figura 4.15.** Perda de peso de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

#### 4.5.2. Propriedades Mecânicas – Tensão na Ruptura e Deformação

A Figura 4.16 apresenta os valores de tensão na ruptura para amostras frescas e tratadas com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca, com e sem glicerol, durante a estocagem.



**Figura 4.16.** Variação da tensão na ruptura de fatias de manga frescas e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

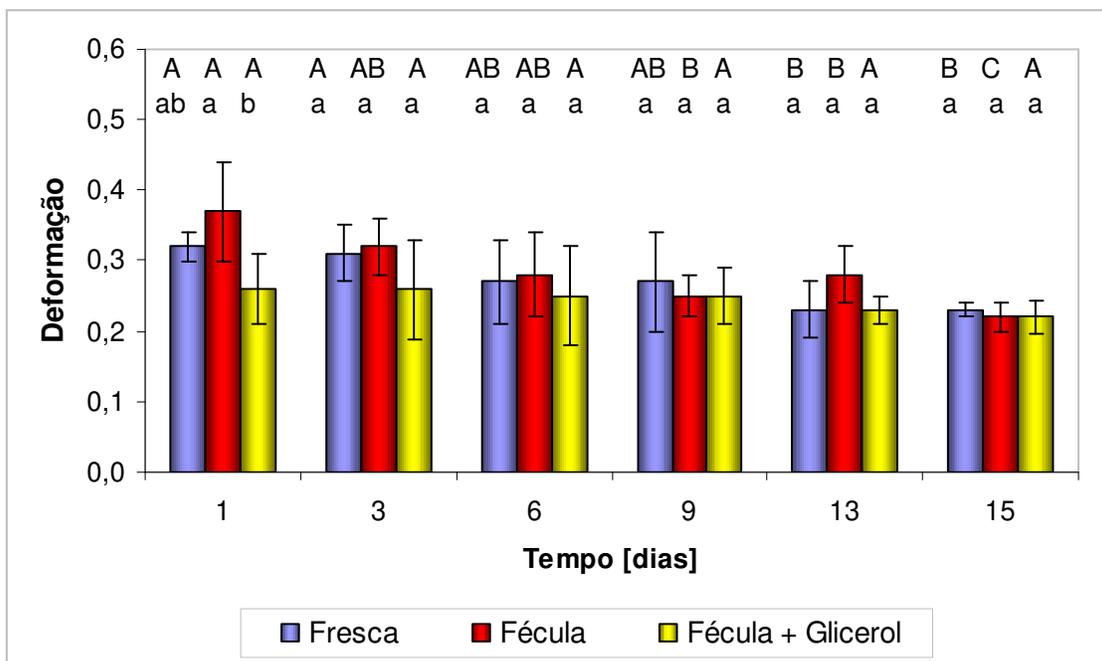
Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

No início e ao final da vida útil, as amostras com e sem coberturas não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si. A partir do 3º dia, a cobertura de fécula sem glicerol promoveu valores mais elevados deste parâmetro, além de uma maior preservação das propriedades mecânicas das amostras ao longo do período de estocagem. O tempo de estocagem apresentou efeito significativo sobre a tensão para todos os tratamentos a partir do 6º dia.

Os resultados desta etapa para as fatias com cobertura de fécula com glicerol apresentaram comportamento diferente do mostrado no item 4.3.3, onde o mesmo tratamento apresentou maiores tensões na ruptura. Isto, provavelmente, é reflexo da variabilidade da matéria-prima.

Segundo LIMA et al. (2007) e KROCHTA (2002), os plasticizantes reduzem a interação polímero-polímero e aumentam o volume livre das estruturas poliméricas, o que afeta as propriedades mecânicas de filmes e coberturas.

Os valores de deformação, apresentados na Figura 4.17, não diferiram significativamente entre os tratamentos ao longo da armazenagem. O tempo de estocagem não promoveu efeito significativo sobre este parâmetro apenas para o tratamento com cobertura de fécula com glicerol.



**Figura 4.17.** Variação da deformação na ruptura de fatias de manga frescas e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

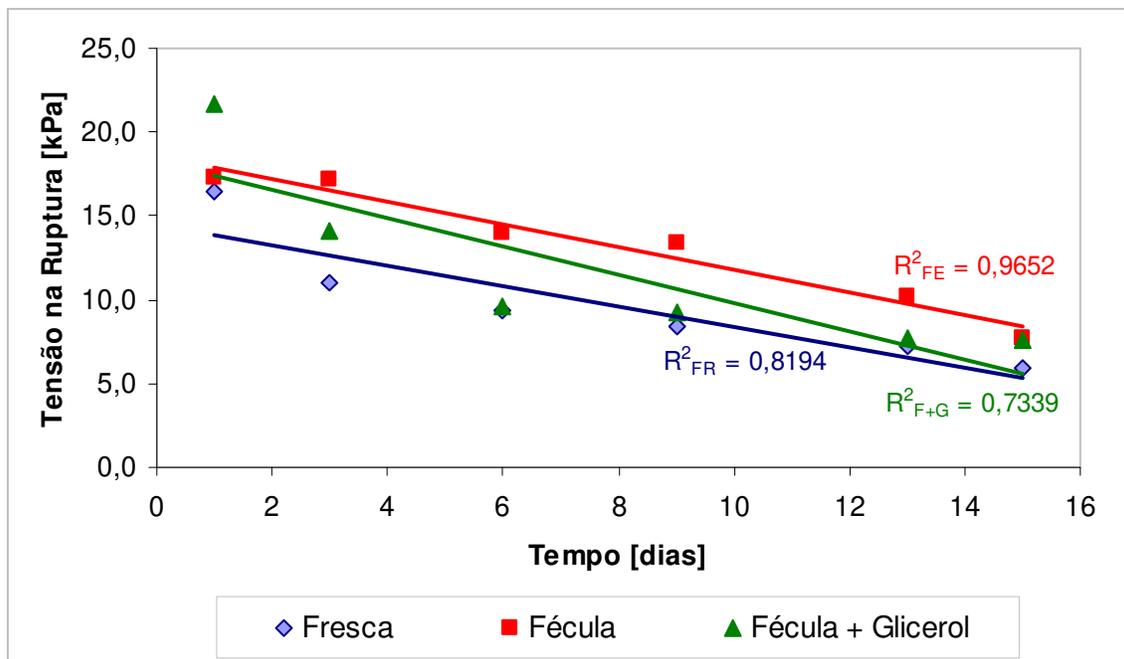
Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

Morangos com cobertura de amido, com adição de glicerol ou sorbitol, não apresentaram diferenças significativas sobre as propriedades mecânicas em relação ao controle no início da estocagem, mas todas as películas promoveram efeitos benéficos sobre a retenção da textura ao longo do armazenamento, especialmente as formulações com sorbitol (GARCIA et al., 1998). Segundo ROJAS-GRAÜ et al. (2008), coberturas a base de polissacarídeos com adição de óleo de girassol mantiveram as propriedades de fatias de maçã, uma vez que a deterioração da textura está associada à perda de água e estas coberturas se mostraram eficientes no controle da perda de umidade.

SOTHORNVIT & RODSAMRAN (2008) observaram que fatias de manga com cobertura a base de purê de manga apresentaram maior perda de textura em relação ao tratamento sem película, fato atribuído à difusão de água do filme hidrofílico para a fruta, o que aceleraria as reações de deterioração do produto. Para melhorar a barreira à umidade de filmes e coberturas a base de polissacarídeos, evitando a redução das propriedades mecânicas, os autores recomendaram o uso de lipídeos, tornando as películas mais hidrofóbicas.

Assim como os valores de tensão na ruptura, os valores de deformação foram decrescentes ao longo da armazenagem, uma vez que menores deformações implicam em menores tensões para romper os tecidos das amostras.

A Figura 4.18 apresenta ajustes lineares aos valores de tensão na ruptura, indicando que o tempo de estocagem foi responsável pela redução deste parâmetro. Observou-se uma boa linearização dos dados obtidos e a cobertura de fécula sem glicerol apresentou o melhor ajuste.



**Figura 4.18.** Ajuste de equação linear aos dados de tensão na ruptura para fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

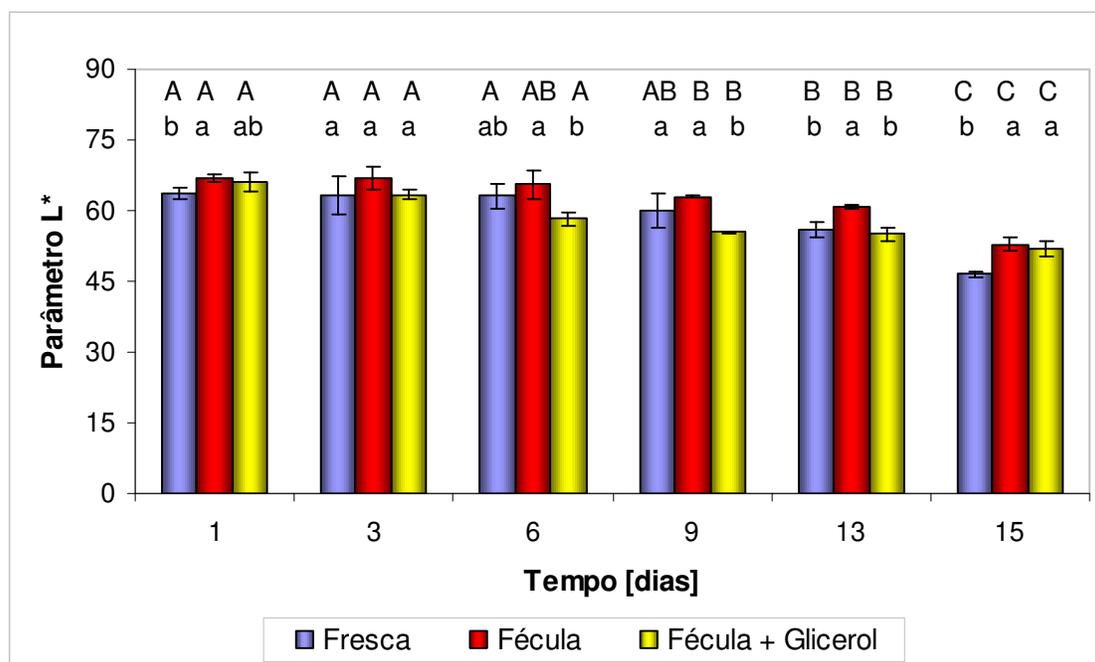
#### 4.5.3. Avaliação da Cor

A Figura 4.19 apresenta os valores de luminosidade  $L^*$  para fatias de manga fresca e tratadas com ácido cítrico e recobertas com películas de fécula de mandioca, com e sem glicerol.

Todos os tratamentos apresentaram redução da luminosidade  $L^*$  ao longo da estocagem. Porém, os tratamentos com cobertura e ácido cítrico promoveram maiores valores deste parâmetro ao final do armazenamento.

A cobertura de fécula de mandioca sem adição de glicerol proporcionou fatias com valores mais elevados de luminosidade em relação ao controle nos dias 1, 13 e 15. A cobertura com glicerol promoveu valores de luminosidade  $L^*$  sem diferenças significativas em relação ao tratamento controle nos dias 1, 3, 6 e 13. Ao final da vida útil, as coberturas com e sem glicerol não diferiram significativamente, apresentando maior luminosidade que a amostra fresca. O

tempo de estocagem apresentou um efeito significativo a partir do 6º dia para todos os tratamentos.



**Figura 4.19.** Variação da luminosidade L\* de fatias de manga frescas e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

Pode-se afirmar que a utilização do ácido cítrico retardou o escurecimento das fatias, fato também observado por VILAS BOAS (2003) em cubos de manga da mesma variedade tratados com 1% de ácido cítrico.

Segundo CHIEN et al. (2007), fatias de manga cobertas com quitosana apresentaram maiores valores de L\* e uma evolução da coloração vermelha mais lenta quando comparadas ao tratamento sem cobertura. Os autores associaram tais fatos à baixa taxa de respiração promovida pela cobertura de quitosana.

As Tabelas 4.12 e 4.13 apresentam os valores de croma C\* e tom H\*, respectivamente, de fatias de manga fresca e com coberturas.

O tempo de armazenagem apresentou efeito significativo sobre o croma C\* obtido em todos os tratamentos, mostrando uma intensificação da cor das fatias de manga ao longo da estocagem (Tabela 4.12). Não houve diferença significativa entre os tratamentos até o 6º dia de armazenagem e ao final da vida útil, sendo que as diferenças encontradas entre os dias 9 e 13, provavelmente, foram reflexos da heterogeneidade da matéria-prima.

RIBEIRO et al. (2007) relataram que morangos com coberturas a base de amido, carragena ou quitosana apresentaram manutenção das coordenadas de cromaticidade até o 4º dia de estocagem. Porém, no 6º dia de armazenagem, o croma das frutas com cobertura reduziu e se igualou ao controle. Segundo GARCIA et al. (1998), coberturas de amido contendo glicerol promoveram uma coloração mais intensa em morangos quando comparados ao tratamento com sorbitol.

**Tabela 4.12.** Valores do croma C\* de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

Tratamento	Dias					
	1	3	6	9	13	15
Fresca	84,19 aA	72,93 aAB	66,98 aBC	59,16 bC	68,30 aBC	69,49 aBC
Fécula	77,14 aA	70,62 aB	68,29 aBC	66,59 aBC	64,24 bC	67,27 aBC
Fécula + Glicerol	75,34 aA	73,25 aA	62,08 aC	58,94 bC	63,11 bBC	67,15 aB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

O tempo de estocagem apenas apresentou efeito significativo sobre o tom H\* para fatias com películas a base de fécula de mandioca com glicerol (Tabela 4.13). Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas sobre este parâmetro nos primeiros dias de estocagem. Ao final da vida útil, as fatias com cobertura de fécula com glicerol apresentaram valores mais elevados de tom, indicando que a difusão de água da cobertura para a fruta facilitou as reações oxidativas, promovendo o escurecimento das fatias.

**Tabela 4.13.** Valores do tom H\* de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

Tratamento	Dias					
	1	3	6	9	13	15
Fresca	75,54 aA	74,34 aA	76,88 abA	76,67 abA	75,72 aA	76,76 bA
Fécula	77,00 aA	76,12 aA	77,16 aA	75,83 bA	76,99 aA	75,39bA
Fécula + Glicerol	74,94 aC	77,20 aB	74,11 bC	77,60 aAB	76,99 aB	78,63 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

#### 4.5.4. pH, Acidez Total Titulável e Sólidos Solúveis Totais

A Tabela 4.14 apresenta os valores médios de pH das fatias de manga com e sem coberturas a base de fécula de mandioca.

**Tabela 4.14.** Valores médios de pH de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

Tratamento	Dias					
	1	3	6	9	13	15
Fresca	4,75 aBC	4,64 aC	4,67 aC	4,91 aAB	5,01 aA	5,06 aA
Fécula	4,11 bC	4,33 aC	4,35 bC	4,70 bB	5,01 aA	5,02 aA
Fécula + Glicerol	4,31 abC	4,62 aB	4,64 aB	4,80 aAB	4,97 aA	4,95 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

Observou-se que, mesmo com a imersão em ácido cítrico, as fatias com cobertura de fécula sem glicerol apresentaram diferenças significativas sobre o pH em relação ao controle apenas nos dias 1, 6 e 9. A cobertura de fécula com glicerol não promoveu diferenças significativas em relação aos demais tratamentos, exceto no 6º dia. O tempo de armazenagem apresentou efeito

significativo sobre este parâmetro em todos os tratamentos, indicando que a maturação do produto teve continuidade, reduzindo a acidez das amostras.

VILAS BOAS (2003) relatou que cubos de manga tratados com 1% de ácido cítrico apresentaram valores de pH menores, embora não significativamente diferentes do controle. Além da baixa concentração de ácido cítrico, segundo FONTES (2005), as películas também contribuem para manter o pH das amostras mais elevado, o que pode explicar a não diferenciação entre os valores obtidos neste trabalho.

A acidez total titulável média das fatias de manga com e sem coberturas de fécula de mandioca é apresentada na Tabela 4.15.

**Tabela 4.15.** Valores médios de acidez total titulável (g de ácido cítrico/100 g de produto) de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

Tratamento	Dias					
	1	3	6	9	13	15
Fresca	0,152 bA	0,150 bA	0,150 bA	0,153 bA	0,150 bA	0,148 aA
Fécula	0,210 aA	0,208 aA	0,198 aA	0,161 bB	0,155 bB	0,154 aB
Fécula + Glicerol	0,234 aA	0,207 aB	0,183 aC	0,179 aC	0,175 aC	0,159 aD

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

Até o 6º dia de armazenagem, não houve diferenças significativas de acidez entre as fatias com cobertura a base de fécula. Estes tratamentos apresentaram maiores valores de acidez, provavelmente devido à presença de ácido cítrico. A partir do 9º dia, as fatias com cobertura de fécula sem glicerol não apresentaram diferenças significativas em relação ao controle, mas as amostras com cobertura de fécula com glicerol ainda apresentaram maiores valores de acidez. Ao final da vida útil, os tratamentos não diferiram significativamente entre si. O tempo de armazenagem apenas não apresentou efeito significativo sobre a acidez para as amostras frescas.

Comparando a Tabela 4.15 à Tabela 4.14, percebe-se claramente que as fatias, com o processo de maturação, tornaram-se menos ácidas. Porém, os menores valores de acidez apresentados pelas amostras com coberturas podem ser reflexo da queda da atividade respiratória e, não somente, da presença de ácido cítrico. Segundo BRACKMAN (1990), valores elevados de acidez total titulável podem ser atribuídos à redução da atividade respiratória, pois os ácidos são as substâncias mais prontamente disponíveis para a obtenção de energia pela célula, uma vez que fazem parte do ciclo de Krebs.

Maçãs minimamente processadas recobertas com películas de fécula de mandioca e imersas em solução conservadora, contendo ácido cítrico, ácido ascórbico e cloreto de cálcio (FONTES, 2005), apresentaram comportamento semelhante ao observado neste trabalho.

Cubos de manga tratados com 1% de ácido cítrico não apresentaram diferenças significativas de acidez em relação às amostras não tratadas (VILAS BOAS, 2003).

O teor de sólidos solúveis totais é utilizado como indicador de maturidade e de qualidade das frutas, exercendo importante papel no sabor das mesmas (VILAS BOAS, 2003). A Tabela 4.16 apresenta os valores de sólidos solúveis totais das fatias de manga.

**Tabela 4.16.** Valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix) de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

Tratamento	Dias					
	1	3	6	9	13	15
Fresca	13,50 aB	13,67 aB	13,75 aB	13,83 aB	14,83 aA	14,83 aA
Fécula	13,33 aB	13,33 aB	13,67 aAB	13,75 aAB	13,83 bA	13,92 bA
Fécula + Glicerol	13,33 aA	13,58 aA	13,58 aA	13,67 aA	13,67 bA	13,67 bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si até o 9º dia de armazenagem. No final da estocagem, ambos os tratamentos com cobertura de fécula apresentaram valores de sólidos solúveis totais inferiores ao do tratamento controle, possivelmente devido à redução da atividade metabólica. O tempo de estocagem não apresentou diferença significativa apenas para as fatias com cobertura de fécula com glicerol.

VILAS BOAS (2003) observou em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas tratadas com 1% de ácido cítrico apresentaram valores de sólidos solúveis totais mais elevados que os do tratamento controle. Observou também que estes valores apresentaram tendência decrescente durante a armazenagem. Este comportamento diferente do apresentando pelas amostras do presente trabalho pode ser reflexo do tratamento com ácido cítrico associado à aplicação de coberturas, que retardou o amadurecimento das fatias de manga devido a menor atividade respiratória e, conseqüentemente, menor atividade metabólica.

Em maçãs minimamente processadas com película de fécula de mandioca, houve uma tendência crescente de valores de sólidos solúveis durante a estocagem, porém, essa variação no tempo foi significativa apenas para o tratamento controle (FONTES, 2005).

Coberturas de amido de milho, com e sem glicerol, não promoveram diferenças significativas sobre o conteúdo de sólidos solúveis e o teor de acidez de morangos (GARCIA et al., 1998).

#### **4.5.5. Atividade de Água e Umidade**

A atividade de água ( $a_w$ ) é muito adequada para indicar a estabilidade de um produto, levando em conta a interação da água com outros constituintes do alimento em condições de equilíbrio termodinâmico (AGUILERA, 1997).

A Tabela 4.17 apresenta a atividade de água a 25°C das amostras de manga durante o tempo de armazenagem de 15 dias.

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos sobre este parâmetro e os valores elevados indicam que o produto é perecível. O tempo de armazenagem apenas apresentou efeito significativo sobre a amostra controle.

**Tabela 4.17.** Valores médios de atividade de água ( $a_w$ ) a 25°C de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

Tratamento	Dias					
	1	3	6	9	13	15
Fresca	0,986 aA	0,984 aA	0,983 aAB	0,983 aAB	0,983 aAB	0,979 aB
Fécula	0,985 aA	0,985 aA	0,983 aA	0,983 aA	0,983 aA	0,983 aA
Fécula + Glicerol	0,985 aA	0,985 aA	0,982 aA	0,982 aA	0,982 aA	0,982 aA

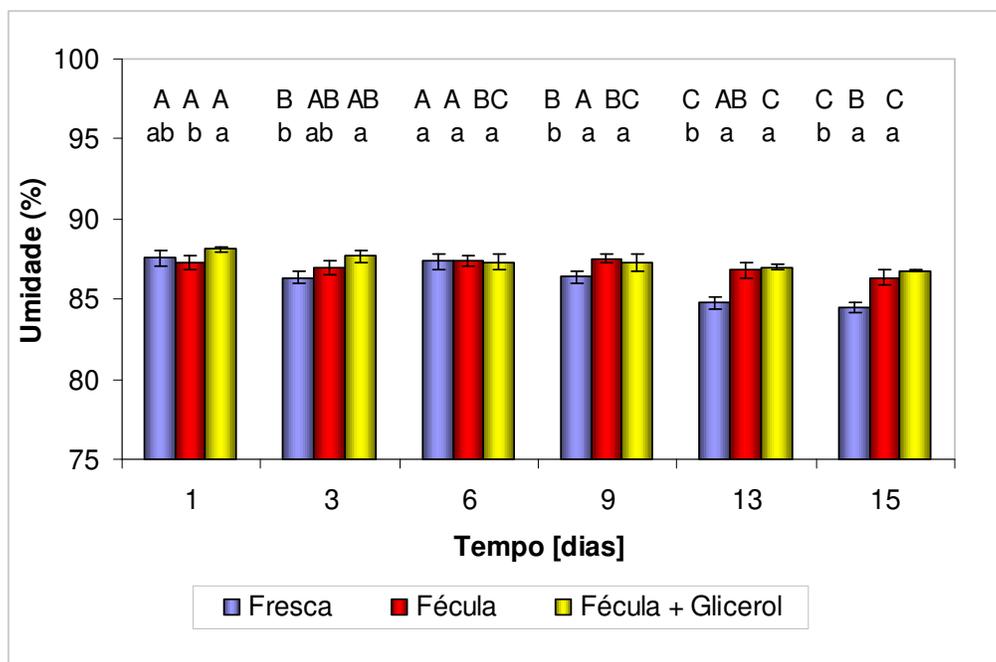
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

A umidade de frutas e hortaliças compreende a quantidade de água presente nestes vegetais na sua totalidade, considerando as formas livre e ligada. A perda de água, resultado da transpiração, respiração e armazenagem prolongada, ocasiona o encolhimento e amolecimento dos tecidos, além da perda de aparência do alimento.

O conteúdo de umidade das amostras, frescas e com coberturas a base de fécula de mandioca, armazenadas por 15 dias é apresentado na Figura 4.20.

Verificou-se que as amostras com cobertura de fécula de mandioca com glicerol apresentaram valores mais elevados que a amostra controle até o 6º dia, quando os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si. A partir do 9º dia até o fim da vida útil, ambos os tratamentos com cobertura apresentaram valores mais elevados de umidade que a amostra controle. O tempo de armazenagem apresentou efeitos significativos sobre o conteúdo de umidade em todos os tratamentos, indicando que as amostras perderam água durante o armazenamento.

Apesar da perda de peso das amostras com cobertura não diferirem significativamente da amostra controle, o mesmo não foi observado para o conteúdo de umidade, uma vez que a perda de peso compreende também a perda de água do produto através dos processos de respiração e transpiração.



**Figura 4.20.** Variação da umidade de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

Letras minúsculas representam a variação entre os tratamentos para cada tempo e as letras maiúsculas representam a variação de cada tratamento com o tempo de armazenagem. Colunas com a mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem entre si para  $p < 0,05$ .

Baseado nos dados de perda de peso e conteúdo de umidade, é possível supor que parte da perda de peso se deve à perda da água presente na cobertura. Outra hipótese, também apresentada por FONTES (2005), seria a de que as películas podem reter em si parte da umidade existente no interior da embalagem, pois são hidrofílicas. Esta última hipótese explicaria o aspecto pegajoso das amostras com coberturas a base de alginato utilizadas na etapa anterior e confirmaria a difusão de água entre cobertura e fruta.

Maçãs minimamente processadas com película de fécula de mandioca apresentaram teores de umidade mais elevados que o controle no início do armazenamento, porém, no final da estocagem, os tratamentos não diferiram significativamente (FONTES, 2005).

#### 4.5.6. Carotenóides Totais

Os carotenóides, além de sua contribuição para a qualidade dos alimentos como pigmento natural, podem possuir atividade pró-vitamina A e trazer benefícios à saúde (RODRIGUEZ AMAYA, 1999).

Os teores médios de  $\beta$ -caroteno da manga 'in natura' (sem operação de processamento mínimo) e das fatias com e sem coberturas de fécula de mandioca são apresentados na Tabela 4.18. Os teores de  $\beta$ -caroteno encontrados neste trabalho estão dentro da faixa obtida por WILBERG & RODRIGUEZ AMAYA (1995) para vários cultivares de manga em diferentes estágios de maturação. Porém, os valores deste estudo são mais elevados que os encontrados por VÁSQUEZ-CAICEDO et al. (2006) para mangas 'Tommy Atkins'.

**Tabela 4.18.** Quantidade média de  $\beta$ -caroteno ( $\mu\text{g/g}$ ) em fatias de manga 'in natura', fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

Tratamento	Dias			
	1	5	10	15
'In Natura'	21,76 a	-	-	-
Fresca	20,13 aC	23,76 aB	25,04 bAB	26,21 bA
Fécula	21,59 aA	23,38 aA	24,18 bA	24,74 bA
Fécula + Glicerol	20,45 aB	22,33 aB	28,04 aA	29,02 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

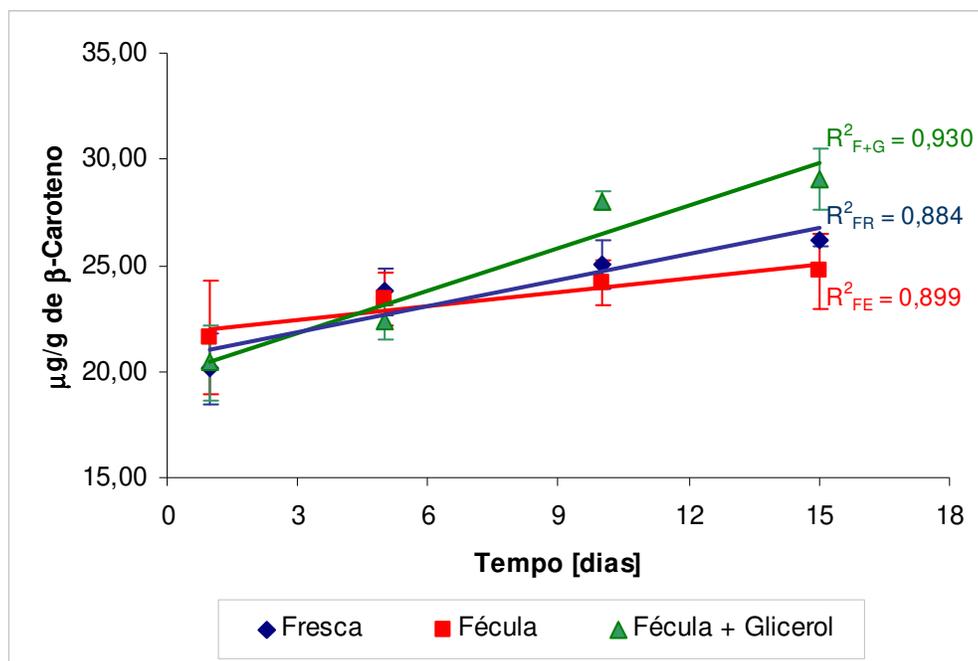
Observou-se que as operações de processamento mínimo não influenciaram o conteúdo de  $\beta$ -caroteno, uma vez que não houve diferença significativa entre a amostra 'in natura' e as processadas. O tempo de estocagem apenas não apresentou efeito significativo sobre este parâmetro para as fatias com película de fécula de mandioca sem glicerol.

Até o 10<sup>o</sup> dia de armazenamento, as amostras não diferiram significativamente quanto ao teor de  $\beta$ -caroteno. A partir do 10<sup>o</sup> dia, a película de

fécula de mandioca com glicerol promoveu maiores teores de  $\beta$ -caroteno que os demais tratamentos. Este fato, provavelmente, é reflexo da perda de peso das amostras, havendo maior concentração dessa substância.

O tempo de estocagem apenas não apresentou efeito estatisticamente significativo para a amostra com fécula de mandioca sem glicerol, indicando que o tratamento promoveu uma maior manutenção dos carotenóides ao longo da estocagem devido ao retardo do amadurecimento das fatias de manga.

A Figura 4.21 apresenta a relação linear entre o teor de  $\beta$ -caroteno e o tempo de armazenamento para todas as amostras. Segundo RODRIGUEZ-AMAYA (1999) e VÁSQUEZ-CAICEDO et al. (2006), o conteúdo de carotenóides aumenta com a maturação do fruto, o que foi observado neste trabalho.

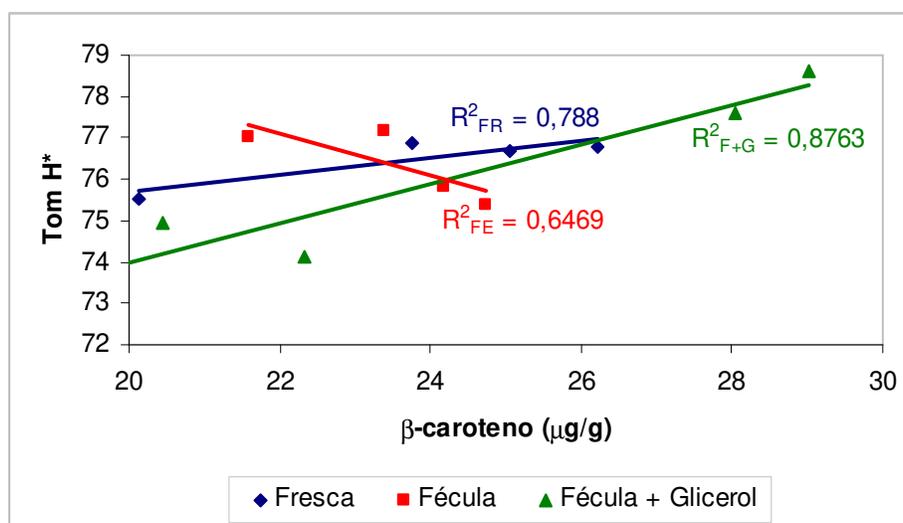


**Figura 4.21** . Ajuste de equação linear às quantidades de  $\beta$ -caroteno em fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

Em alguns estudos, os autores associam o teor de carotenóides e antocianinas aos valores de  $a^*$  e  $b^*$ , ou ao valor de tom  $H^*$  (GARCIA et al., 1998;

VÁSQUEZ-CAICEDO et al., 2006). Correlacionando os teores de  $\beta$ -caroteno e os valores de tom  $H^*$ , foi possível estabelecer uma relação entre os parâmetros para as amostras avaliadas.

Para as amostras com película de fécula sem glicerol, os teores de  $\beta$ -caroteno não apresentaram diferenças significativas ao longo da vida útil, comportamento também apresentado pelo tom  $H^*$ , que pode ser visto na Tabela 4.13. Já as fatias com película de fécula e glicerol apresentaram teores de  $\beta$ -caroteno crescentes ao longo do armazenamento, assim como os valores de tom  $H^*$ . Apesar do tempo de estocagem não apresentar efeito significativo sobre os valores de tom  $H^*$  das amostras frescas, observou-se que os teores de  $\beta$ -caroteno destas fatias foram crescentes, acompanhando pequenas mudanças na tonalidade das amostras (Figura 4.22).



**Figura 4.22.** Correlação entre teores de  $\beta$ -caroteno e valores de tom  $H^*$  de fatias de manga fresca e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca durante o estudo de vida útil do produto.

#### 4.5.7 Análise Sensorial

A análise sensorial das fatias de manga durante a vida útil foi realizada visando determinar diferenças perceptíveis entre amostras para cada tempo e

entre cada tempo de estocagem para uma mesma amostra, como mostrados nas Tabelas 4.19 a 4.23.

A aparência das fatias com película de fécula de mandioca sem glicerol apresentou aceitação superior às demais amostras na maioria dos tempos de vida útil avaliados, como mostra a Tabela 4.19. A amostra fresca não apresentou aparência aceitável pelo consumidor no 15º dia de armazenagem, sendo descrita como ‘fruta muito passada’ devido à coloração muito intensa. A fatia com fécula de mandioca com glicerol, apesar da boa aceitação até o 10º dia, a partir deste, apresentou grande incidência de bolores, o que inviabilizou a realização da análise sensorial no 15º dia.

Houve pouca influência do tempo de armazenagem sobre a aparência das amostras. As amostras frescas e com cobertura de fécula de mandioca sem glicerol sofreram queda de aceitação deste parâmetro apenas no último dia de estocagem. Entretanto, o escurecimento enzimático associado ao tempo de estocagem foi um dos fatores de reprovação da amostra fresca.

As notas indicam que a estocagem refrigerada aliada ao tratamento com cobertura de fécula de mandioca auxilia na manutenção da aparência fresca das fatias de manga por 15 dias.

**Tabela 4.19.** Avaliação sensorial da aparência das fatias de manga durante a vida útil do produto.

Tratamento	Dias			
	1	5	10	15
Fresca	6,09 bA	6,27 aA	5,48 bA	4,42 bB
Fécula	6,84abA	6,16aAB	6,79 aA	5,35 aB
Fécula + Glicerol	6,96 aA	6,01 aB	6,09abA	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

Como pode ser observado na Tabela 4.20, em relação ao aroma, os tratamentos não diferiram significativamente nos dia 1 e 5. No 10º dia, as fatias

frescas apresentaram maior aceitação deste atributo, possivelmente, devido à maturação da amostra, que intensificou o aroma. No 15º dia, as amostras com película de fécula de mandioca sem glicerol apresentaram maior aceitação e as fatias frescas receberam a classificação de aroma de ‘fruta passada’.

As fatias com ambas as coberturas de fécula apresentaram, segundo os provadores, aroma menos perceptível que a amostra fresca. Provavelmente, a redução da taxa respiratória promovida pelas coberturas interferiu na liberação do aroma característico da manga, efeito do retardo do processo de amadurecimento.

**Tabela 4.20.** Avaliação sensorial do aroma das fatias de manga durante a vida útil do produto.

Tratamento	Dias			
	1	5	10	15
Fresca	6,66 aA	6,61 aA	7,26 aA	5,66 bB
Fécula	6,68aAB	6,99 aA	6,01 bB	6,38aAB
Fécula + Glicerol	7,24 aA	6,29 aB	6,34 bB	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

Em relação ao sabor, as amostras frescas apresentaram notas mais elevadas nos dias 5 e 10 (Tabela 4.21). Esta aceitação pode ser atribuída à maior doçura das amostras, fato que foi destacado pelos provadores. As fatias com película de fécula sem glicerol diferiram significativamente das amostras frescas apenas no 10º dia, sendo que os provadores destacaram a acidez mais acentuada das fatias com recobrimento. Esta acidez é consequência do retardo da maturação das fatias com cobertura e também da imersão em ácido cítrico que, apesar da baixa concentração, promoveu valores de acidez total titulável mais elevados que o controle até o 9º dia de estocagem.

As fatias com película de fécula de mandioca com glicerol receberam notas de sabor mais baixas, pois, além da acidez promovida pelo pré-tratamento, os provadores perceberam um sabor amargo nas amostras. Este amargor pode ser

atribuído ao glicerol, já que este sabor não foi percebido nas amostras sem esta substância.

**Tabela 4.21.** Avaliação sensorial do sabor das fatias de manga durante a vida útil do produto.

Tratamento	Dias			
	1	5	10	15
Fresca	6,24 aA	6,50 aA	6,93 aA	6,15 aA
Fécula	6,84 aA	5,99 abB	5,90 bB	6,17 aAB
Fécula + Glicerol	6,44 aA	5,26 bB	5,21 bB	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

A avaliação da textura sensorial das fatias de manga (Tabela 4.22) indicou que a cobertura de fécula de mandioca com glicerol não foi eficiente na manutenção deste parâmetro, fato também observado na determinação das propriedades mecânicas (Figura 4.16). As amostras frescas e com película de fécula sem glicerol não apresentaram grandes alterações durante a vida útil e as notas apenas se diferenciaram significativamente no 10<sup>o</sup> dia de armazenagem.

A queda na aceitação das amostras com cobertura de fécula com glicerol até o 10<sup>o</sup> dia foi de 24,3%, valor superior à queda de aceitação das demais amostras até o 15<sup>o</sup> dia, que foi de 17%.

**Tabela 4.22.** Avaliação sensorial da textura das fatias de manga durante a vida útil do produto.

Tratamento	Dias			
	1	5	10	15
Fresca	5,96 aA	5,73 aAB	5,15 bAB	4,94 aB
Fécula	6,49 aA	5,71 aAB	6,08 aAB	5,41 aB
Fécula + Glicerol	6,59 aA	4,79 bB	4,99 bB	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

Apesar da não diferenciação estatística entre as amostras frescas e com película de fécula sem glicerol, ressalta-se que os provadores indicaram que houve grande perda de textura das amostras sem recobrimento, avaliando-as como ‘frutas muito maduras’, o que não foi observado nas amostras com películas.

Em relação à impressão global das fatias de manga, as amostras frescas e com cobertura de fécula de mandioca sem glicerol diferiram significativamente apenas no 1º dia de estocagem. As fatias com película de fécula com glicerol receberam as menores notas, indicando que o sabor, o aroma e a textura das amostras têm grande influência sobre a impressão global do produto.

Percebe-se que no 10º dia, quando o sabor e o aroma das amostras frescas receberam as maiores notas, a impressão global também obteve a maior aceitação. Já as fatias com películas, cujas notas de sabor e textura foram mais elevadas no 1º dia de armazenagem, receberam maior aceitação na impressão global neste tempo.

Apesar da flutuação das notas, notou-se que houve uma tendência decrescente ao longo da vida útil na aceitação da impressão global, uma vez que os demais atributos sensoriais também apresentaram a mesma tendência.

**Tabela 4.23.** Avaliação sensorial da impressão global das fatias de manga durante a vida útil do produto.

Tratamento	Dias			
	1	5	10	15
Fresca	6,00 bAB	6,20 aAB	6,60 aA	5,70 aB
Fécula	6,77 aA	5,86 abB	6,06 aAB	5,99 aB
Fécula + Glicerol	6,58 abA	5,10 bB	5,14 bB	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

A intenção de compra das fatias de manga durante a vida útil é mostrada na Figura 4.23. Nota-se que, no início da vida útil, as fatias com recobrimentos têm

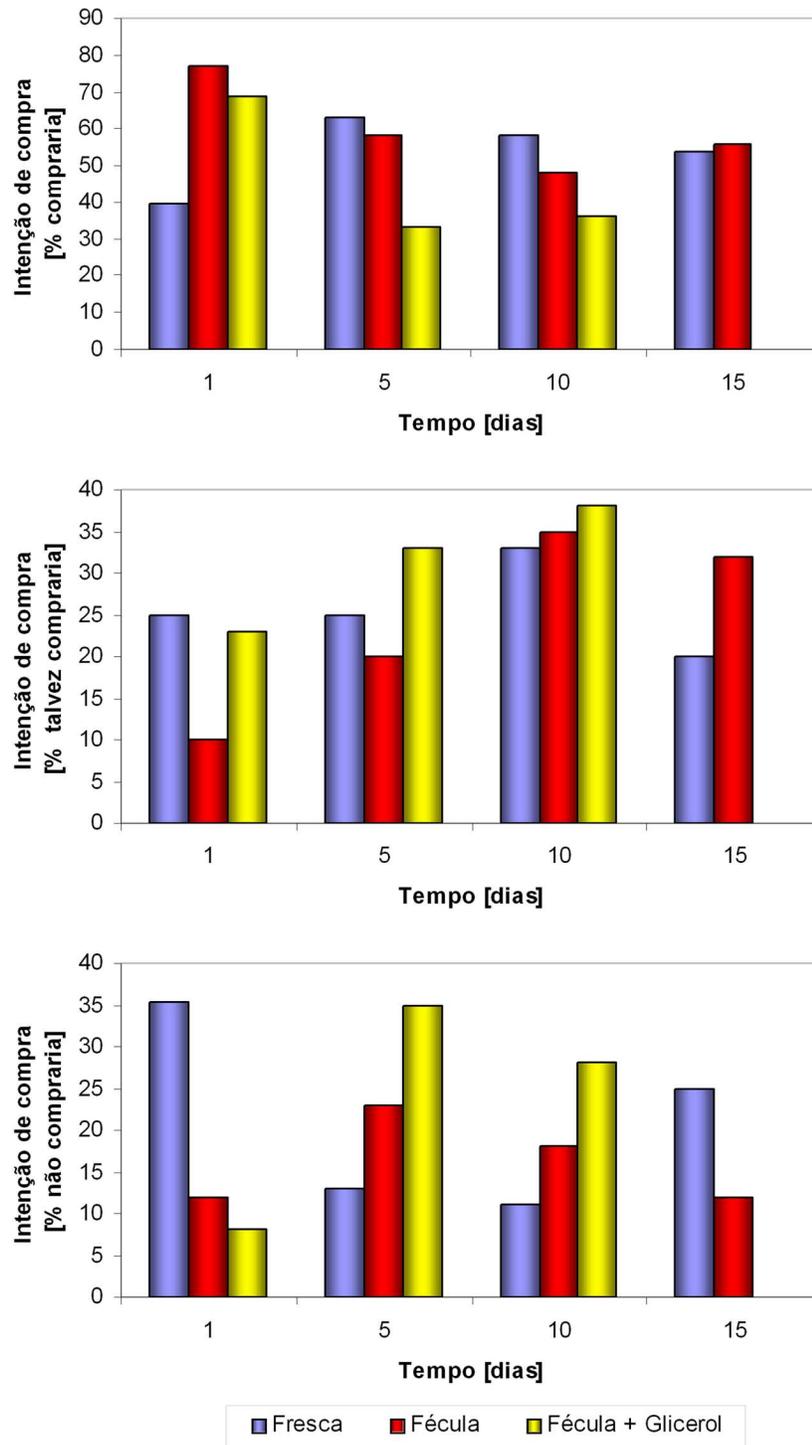
boa aceitação, obtendo intenções de compra de 77% para as fatias com película sem glicerol e de 69% para as amostras com glicerol.

A intenção de compra do produto com película sem glicerol permanece entre 77% e 50% durante a armazenagem, chegando a 56% no 15º dia de vida útil. A amostra fresca apresentou maior flutuação na intenção de compra, variando de 40% a 63% e chegando a 54% ao final do estudo. As fatias com película com glicerol apresentaram faixa de intenção de compra entre 33% e 69%, atingindo 36% no 10º dia.

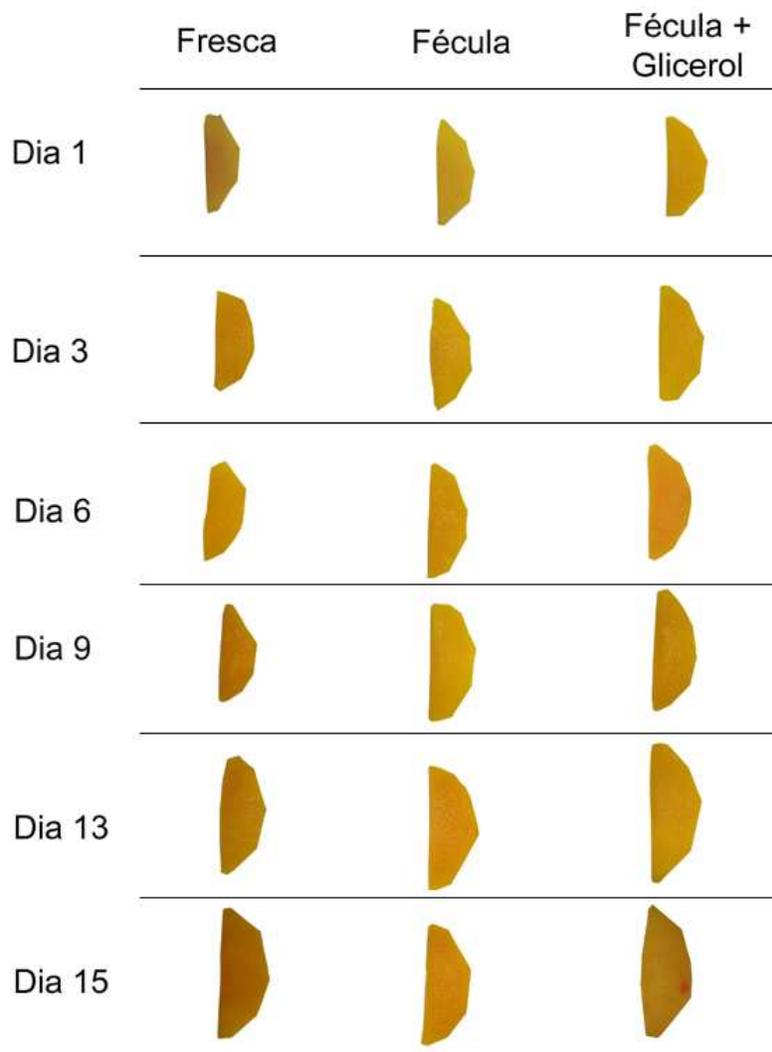
Observa-se que as fatias frescas receberam maiores notas nos dias em que receberam maior aceitação no sabor e no aroma, indicando que estes atributos influenciam de modo mais efetivo a intenção de compra que a aparência e a textura.

Com o decorrer do tempo de armazenamento, notou-se que a porcentagem de consumidores indecisos – que talvez comprassem o produto – aumentou. Assim, comparativamente, a porcentagem de consumidores que comprariam ou talvez comprassem as fatias com película sem glicerol é superior ao de consumidores, indecisos ou não, da amostra fresca. Ao final da estocagem, o percentual de provadores que não comprariam a amostra fresca (25%) é bastante superior ao da amostra com cobertura de fécula sem glicerol (10%).

A Figura 4.24 mostra fotos das fatias de manga fresca, pré-tratadas com ácido cítrico e coberturas de fécula de mandioca, com e sem glicerol, durante o estudo de vida útil do produto. Pode-se observar que as fatias frescas e com película contendo glicerol apresentaram coloração mais escura que as amostras com película sem glicerol. As amostras com cobertura de fécula com glicerol também apresentaram crescimento microbiano que comprometeu a aparência e conseqüente aceitação sensorial das amostras.



**Figura 4.23.** Intenção de compra das fatias de manga avaliadas sensorialmente durante a vida útil do produto.



**Figura 4.24.** Fatias de manga frescas e com ácido cítrico e coberturas a base de fécula de mandioca, durante o estudo de vida útil do produto.

#### **4.5.8. Análise Microbiológica**

Os valores máximos para a contagem microbiológica das mangas armazenadas durante o estudo de vida útil são mostrados da Tabela 4.24.

De acordo com os limites estabelecidos pela Resolução RCD nº12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, todas as amostras estão dentro dos padrões microbiológicos, não comprometendo a saúde das consumidores.

**Tabela 4.24.** Valores máximos encontrados para contagem microbiológica de fatias de manga durante a vida útil.

Análise	Dia 1		
	Fresca	Fécua	Fécua + Glicerol
Salmonella (em 25g)	ausente	ausente	ausente
Coliformes totais (UFC/g)*	<10	<10	<10
Escherichia coli (UFC/g)*	<10	<10	<10
Bolores e Leveduras (UFC/g)*	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>2</sup>
	Dia 5		
Salmonella (em 25g)	ausente	ausente	ausente
Coliformes totais (UFC/g)*	<10	<10	<10
Escherichia coli (UFC/g)*	<10	<10	<10
Bolores e Leveduras (UFC/g)*	<10 <sup>2</sup>	1,0 x 10 <sup>2</sup> **	<10 <sup>2</sup>
	Dia 10		
Salmonella (em 25g)	ausente	ausente	ausente
Coliformes totais (UFC/g)*	<10	<10	<10
Escherichia coli (UFC/g)*	<10	<10	<10
Bolores e Leveduras (UFC/g)*	<10 <sup>2</sup>	2,0 x 10 <sup>2</sup> **	8,0 x 10 <sup>2</sup> **
	Dia 15		
Salmonella (em 25g)	ausente	ausente	ausente
Coliformes totais (UFC/g)*	<10	<10	<10
Escherichia coli (UFC/g)*	<10	<10	<10
Bolores e Leveduras (UFC/g)*	6,6 x 10 <sup>3</sup>	2,7 x 10 <sup>5</sup>	1,1 x 10 <sup>5</sup>

\* UFC/g = Unidades Formadoras de Colônia por grama de amostra. \*\* Contagem estimada, abaixo do limite de quantificação do método.

A ANVISA não estabelece limites quanto à contagem de bolores e leveduras para produtos minimamente processados. Apesar da quantidade encontrada não oferecer riscos a saúde, o crescimento de bolores e leveduras compromete a aparência, o sabor e o aroma das fatias, reduzindo sua aceitação sensorial.

Por apresentar alta atividade de água, as amostras não apresentam estabilidade microbiológica. A partir do 10<sup>o</sup> dia, a contagem de bolores e leveduras

das amostras com coberturas é maior que a da amostra fresca, indicando que, provavelmente, a película se tornou um bom substrato para o desenvolvimento de microorganismos, apesar do uso de sanitizante e de boas condições higiênico-sanitárias no laboratório.

## 5. CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos, este trabalho apresenta as seguintes conclusões:

- A concentração de 0,5% de ácido cítrico é eficiente na prevenção do escurecimento enzimático das fatias de manga. Porém, a imersão das amostras em solução de ácido cítrico eleva a perda de peso das fatias e torna os tecidos mais rígidos;
- A cobertura com 1% de fécula de mandioca proporcionou menor perda de peso e foi eficiente na manutenção das propriedades mecânicas e na uniformidade da coloração do produto, porém, não evitou o escurecimento enzimático;
- A associação do tratamento com ácido cítrico e da cobertura de fécula de mandioca reduziu a perda de peso e a taxa respiratória do produto, mantendo a coloração da amostra fresca no início da armazenagem;
- Coberturas de alginato, associadas à imersão em ácido cítrico, não foram eficientes na manutenção dos parâmetros de qualidade das fatias de manga, promovendo alterações das propriedades mecânicas e escurecimento das amostras;
- Os tratamentos, de maneira geral, contribuíram para a redução da taxa respiratória das fatias de manga. A adição de glicerol nas coberturas de fécula de mandioca e de alginato aumentou a taxa respiratória do produto;
- A película de fécula de mandioca sem adição de glicerol, associada ao tratamento com ácido cítrico, foi mais eficiente na manutenção das propriedades mecânicas e na prevenção do escurecimento enzimático;
- Devido à redução da taxa respiratória e à presença de ácido cítrico, as amostras com cobertura apresentaram menor teor de sólidos solúveis totais e maior acidez total titulável;

- Apesar de considerada uma barreira deficiente ao vapor de água, as amostras com cobertura mantiveram a umidade das fatias ao longo da vida útil;
- As fatias com cobertura de fécula de mandioca sem glicerol não apresentaram diferenças significativas sobre o teor de  $\beta$ -caroteno em relação às amostras frescas. Amostras com película de fécula de mandioca contendo glicerol apresentaram maiores teores, devido à perda de peso e conseqüente concentração do carotenóide;
- A amostra com película de fécula de mandioca sem glicerol obteve boa aceitação sensorial, alcançando uma vida útil de 15 dias. As fatias com cobertura de fécula de mandioca contendo glicerol apresentaram sabor amargo segundo os provadores e, devido ao crescimento microbiológico, obtiveram 10 dias de vida útil;
- As películas de fécula de mandioca proporcionaram maior contagem de bolores e leveduras ao final da vida útil, indicando que a cobertura sem um antimicrobiano pode constituir um substrato favorável ao desenvolvimento de microorganismos.

De modo geral, a cobertura a base de fécula de mandioca manteve os atributos de qualidade das fatias de manga por 15 dias, atestados sensorialmente. Com base nos resultados obtidos neste trabalho e dados da literatura consultada, pode-se afirmar que a incorporação de lipídeos ou outros tipos de plasticizante, como a sacarose e o sorbitol, podem reduzir a perda de água de fatias de manga e devem ser investigados futuramente. A utilização de antimicrobianos nas películas também é uma boa sugestão para aumentar a vida útil do produto. A utilização de sais de cálcio pode reduzir a permeabilidade da película de alginato de sódio, tornando-a eficiente na manutenção dos parâmetros de qualidade de produtos minimamente processados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILA, J. S. **Processamento Mínimo de Rabanete: estudos físico-químicos, fisiológicos e microbiológicos**. 123p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

AGUILERA, J. M. **Temas en Tecnología de Alimentos**. v.1. México: Instituto Politécnico Nacional, 1997. 337p.

AHVENAINEN, R. New Approaches in Improving the Shelf Life of Minimally Processed Fruit and Vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 7, n. 6, p. 179-187, Jun, 1996.

ALMEIDA, C. O.; SILVA SOUZA, J. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Manga: Tendências de Mercado**. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acessado: 20 de julho de 2006.

ANDRÉS, C. S.; GIANNUZZI, L.; ZARITZKY, N. E. Quality Parameters of Packaged Refrigerated Apple Cubes in Orange Juice. **LWT – Food Science and Technology**. v.35, n.8, p.670-679, Dezembro, 2002.

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis of A.O.A.C International**, 16 ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, 1995.

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis of A.O.A.C International**, 18 ed., Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, 2005.

AYRANCI, E.; TUNC, S. The effect of edible coatings on water and vitamin C loss of apricots (*Armeniaca vulgaris* Lam.) and green peppers (*Capsicum annum* L.). **Food Chemistry**, v. 87, n. 3, p.339-342, Dezembro, 2004.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS, M. O.; CHEN, X.; HAGENMAIER, R. D. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, n.2, p.151-163, Novembro, 1996.

BANGYEKAN, C.; AHT-ONG, D.; SRIKULKIT, K. Preparation and properties evaluation of chitosan-coated cassava starch films. **Carbohydrate Polymers**, v. 63. n. 1, p.61–71, Janeiro, 2006.

BEAULIEU, J. C.; LEA, J. M. Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. **Postharvest Biology and Technology**, v.30, n.1, p.15–28, Outubro, 2003.

BERBARI, S. A. G.; SILVEIRA, N. F. A.; OLIVEIRA, L. A. T. Avaliação do comportamento de pasta de alho durante o armazenamento (*Allium sativum* L.). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 23, n. 3, Set/Dez, 2003.

BIOWARE. **Alginato**. Disponível em: < <http://www.bioware.com.br/> >. Acessado em: 15 de agosto de 2007.

BLAKISTONE, B. A (Coord.). **Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods**. 2ed. Londres: Blackie Academic and Professional, 1998. 293p.

BRACKMANN, A. **Einfluß von Lagerung Under Kontrollierter Atmosphäre (CA) und Ethylen Behandlungen auf Verschiedenen Merkmale der Fruchtreife unter Besonderer Berücksichtigung der Aromabildung bei Äpfeln**. 115p. Tese (Doutorado em Fisiologia Pós-Colheita) – Universität Hohenheim, Hohenheim, 1990.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: < [http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm) >. Acessado em: 25 de outubro de 2006.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 23, de 14 de dezembro de 2005**. Aprova o Regulamento Técnico de identidade e qualidade dos produtos amiláceos derivados da raiz de mandioca. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, dezembro, 2005.

BRENNAN, M.; LE PORT, G.; GORMLEY, R. Post-harvest Treatment with Citric Acid or Hydrogen Peroxide to Extend the Shelf Life of Fresh Sliced Mushrooms. **LWT – Food Science and Technology**. v.33, n. 4, p. 285-289, Junho, 2000.

CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. **Análises Químicas de Alimentos (Manual Técnico)**. Campinas: ITAL, 1990. 121p.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**. Campinas, Editora da UNICAMP, 1999, 212 p.

CEREDA, M. P.; BERTOLINI, A. C.; EVANGELISTA, R.M. Uso do amido em substituição às ceras na elaboração de “filmes” na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças: estabelecimento de curvas de secagem. In: **VII Congresso Brasileiro de Mandioca**, 1992, Recife. **Anais...** Recife, 1992. 107 p.

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

COLLA, E. **Biofilmes de Farinha de Amarantho Adicionados de Ácido Esteárico: elaboração e aplicação em morangos frescos (*Fragaria ananassa*)**. 118p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

CUNHA, G. A. P. C.; SAMPAIO, J. M. M.; NASCIMENTO, A. S.; SANTOS FILHO, H. P.; MEDINA, V. M. **Manga para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 35p. (Série Publicações técnicas FRUPEX).

DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington: American Public Health Association, 2001.

FAOSTAT. **Guavas, mangoes and mangosteens**. Disponível em: < <http://faostat.fao.org> >. Acessado em: 20 de março de 2008.

FATIBELLO-FILHO, O.; VIEIRA, I. C. Uso analítico de tecidos e de extratos brutos vegetais como fonte enzimática. **Química Nova**, v. 25, n. 3, p. 455-464. Maio, 2002.

FERRARI, C. C. **Estudo da transferência de massa e qualidade do melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose**. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

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**. 118p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GARCIA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Plasticized Starch-Based Coatings to Improve Strawberry (*Fragaria x Ananassa*) Quality and Stability. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 46, n. 10, p. 3758-3767. Outubro, 1998.

GOULD, G. W. Methods for preservation and extension of shelf life. **International Journal of Food Microbiology**, v. 33, n. 1, p. 51-64, Novembro, 1996.

HAN, J. H.; GENNADIOS, A. Edible films and coatings: a review. In: **Innovations in Food Packaging**, Amsterdam: Elsevier Science & Technology Books, p. 239 - 262, 2005.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. Utilização de biofilmes na conservação pós-

colheita de morangos (*Fragaria ananassa* Duch) cv IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.2, p. 231-233, Maio, 1999.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3ed. São Paulo.V.1, 1985. 126p.

ISO 6579. **Microbiology of food and animal feeding stuffs: Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp.** 4 ed. The International Organization for Standardization, 2002.

ITO, A. P. **Estudo do processo de desidratação osmótica a pulso de vácuo (PVOID) para manga**. 150p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

JACOMINO, A. P.; ARRUDA, M. C.; MOREIRA, R. C.; KLUGE, R. A. Processamento Mínimo de Frutas no Brasil. In: Simposium “Estado actual del mercado de frutos y vegetales cortados em Iberoamérica”, 2004, San José, Costa Rica. **Anais...** San José, 2004.

JACKMAN, R.L.; STANLEY, D.W. Perspectives in the Textural Evaluation of Plant Foods. **Trends in Food Science & Technology**, v.6, n.6, p.187-194, Junho, 1995.

JIANG, Y.; PEN, L.; LI, J. Use of citric acid for shelf life and quality maintenance of fresh-cut Chinese water chestnut. **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 3, p. 325-328, Agosto, 2004.

KADER, A. A. **Mango: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality**. Disponível em: < <http://postharvest.ucdavis.edu> >. Acessado em: 21 de maio de 2007.

KAUFMAN, D. **O que são carotenóides?** Disponível em: < <http://dinakaufman.com/artigos/o-que-sao-carotenoides/> >. Publicado em: 15/09/2005.

KIM, K. M.; KO, J. A.; LEE, J. S; PARK, H.J; HANNA, M. A. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf-life of coated, whole and sliced mushrooms. **LWT – Food Science and Technology**, v.39, n.4, p.364-371, Maio, 2006.

KROCHTA, J. M. Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status, and opportunities. In: **Protein-based Films and Coatings**, Boca Raton: CRC Press, p. 1 - 41, 2002.

LAWSON, M. E. Sugar Alcohols. In: **Kirk-Othmer Encyclopedia of chemical technology**. 5.ed.. New York: John Wiley, 2007.

LEE, J. Y.; PARK, H. J.; LEE, C. Y.; CHO, W. Y. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. **LWT – Food Science and Technology**, v.36, n.3, p.326-329, Maio, 2003.

LIMA, A. M. F.; ANDREANI, L.; SOLDI, V.; BORSALI, R. Influência da adição de plastificante e do processo de reticulação na morfologia, absorção de água e propriedades mecânicas de filmes de alginato de sódio. **Química Nova**, v. 30, n. 4, p. 832-837, jul/ago 2007.

LUENGO, R. F. A.; LANA, M. M. **Processamento Mínimo de Hortaliças**. Brasília: Embrapa, 1997. 4 p. (Comunicado Técnico).

MARTIN-BELLOSO, O. Pros and cons of minimally processed foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 18, n. 11, p. 582, 2007.

MODA, E. M.; SPOTO, M. H. F.; HORII, J.; ZOCCHI, S. S. Uso de peróxido de hidrogênio e ácido cítrico na conservação de cogumelos *Pleurotus sajor-caju 'in natura'*. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 25, n. 2, p. 291-296, Abr/Jun, 2005.

MORRISON, L. R. Glycerol. In: **Kirk-Othmer Encyclopedia of chemical technology**. 5.ed.. New York: John Wiley, 2007.

MÜLLER, C. M. O.; YAMASHITA, F.; LAURINDO, J. B. Evaluation of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. **Carbohydrate Polymers**, v. 72, p. 82-87, 2008.

NANTES, J. F. D. & LEONELLI, F. C. V. A Estruturação da Cadeia Produtiva de Vegetais Minimamente Processados. **Rev. FAE**, v.3, n.3, p.61-69, Set/Dez, 2000.

OLIGOPHARMA. **Oligoelementos**. Disponível em: <<http://www.oligopharma.com.br>> Acessado em: 27 de março de 2008.

OLIVAS, G.I.; MATTINSON, D.S.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. **Postharvest Biology and Technology**. v. 45, n. 1, p. 89 - 96, Julho, 2007.

OLIVEIRA, M. A.; CEREDA, M. P. Efeito da película de mandioca na conservação de goiabas. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 2, n. 1-2, p. 97-102, 1999.

OLIVEIRA, M. A.; CEREDA, M. P. Pós-colheita de pêssegos (*Prunus pérsica* L. Bastsch) revestidos com filmes a base de amido como alternativa à cera comercial. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 23, p. 28-33, Dezembro, 2003.

PARETA, R.; EDIRISINGHE, M.J. A novel method for the preparation of starch films and coatings. **Carbohydrate Polymers**, v. 63. n. 3, p.425-431, Março, 2006.

PEREIRA, B. Tendência Mundial. **Revista Frutas e Derivados**. IBRAF – Instituto Brasileiro de Frutas. n. 5, p. 27-29, março, 2007.

PEREIRA, L. M.; RODRIGUES, A. C. C.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; JUNQUEIRA, V. C. A.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D. 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.

PINTO, Alberto Carlos de Queiroz. Capa: a produção, o consumo e a qualidade da manga no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, Dezembro, 2002.

RIBEIRO, C.; VICENTE, A. A.; TEIXEIRA, J. A.; MIRANDA, C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, p. 63-70, 2007.

ROCCULI, P.; DEL NOBILE, M.A.; ROMANI, S.; BAIANO, A.; DALLA ROSA, M. Use of a simple mathematical model to evaluate dipping and MAP effects on aerobic respiration of minimally processed apples. **Journal of Food Engineering**, v. 76, n. 3, p. 334–340, Outubro, 2006.

ROCCULI, P.; GALINO, F. G.; MENDOZA, F.; WADSÖ, L.; ROMANI, S.; DALLA-ROSA, M. SJÖHOLM, I. Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, n. 1, p. 151-157. Janeiro, 2007.

ROCCULI, P.; ROMANI, S.; DALLA ROSA, M. Evaluation of physico-chemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. **Food Research International**, v.37, n.4, p. 329–335, Maio, 2004.

RODRIGUES, A. C. C.; PEREIRA, L. M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; BOLINI, H. M. A.; CUNHA, R. L.; JUNQUEIRA, V. C. A.; HUBINGER, M. D. Impact of modified atmosphere packaging on the osmodehydrated papaya stability. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.30, p. 563–581, 2006.

RODRIGUES, L. K. **Manga (cv ‘Tommy Atkins’) minimamente processada - desidratação osmótica e embalagem com atmosfera modificada**. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

RODRIGUES AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI Human Nutrition Institute, 1999. 64p.

RODRIGUES AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis**. Washington: International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT), 2004. 58p.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; TAPIA, M. S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, n. 1, p. 139-147, Janeiro, 2008.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; TAPIA, M. S.; RODRÍGUEZ, F. J.; CARMONA, A. J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. **Food Hydrocolloids**, v. 21, n. 1, p. 118-127, Janeiro, 2007.

SALTVEIT, M. E. Edible Coatings. In: **Fresh-Cut Products: Maintaining Quality and Safety**, 5<sup>th</sup>, Section 5e, 1998.

SARZI, B. **Conservação de abacaxi e mamão minimamente processados: associação entre o preparo, a embalagem e a temperatura de armazenamento**. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

SASAKI, F. F. **Processamento Mínimo de Abóbora (*Cucurbita moschata* Durch): alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas**. 145p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SHEWFELT, R. L. What is Quality? **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 197-200, Março, 1999.

SHIGEMATSU, E.; EIK, N. M.; KIMURA, M.; MAURO, M. A. Influência de pré-tratamento sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 536-545, Jul/Set, 2005.

SILVA, A. V. C.; MENEZES, J. B. Caracterização físico-química da manga 'Tommy Atkins' submetida a aplicação de cloreto de cálcio pré-colheita e armazenamento refrigerado. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.67-72, Jan./Mar, 2001.

SOLIVA-FORTUNY, R. C.; MARTÍN-BELLOSO, O. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v.14, n. 9, p. 341-353, Setembro, 2003.

SOTHORNVIT, R.; KROCHTA, J. M. Plasticizer effect on mechanical properties of  $\beta$ -lactoglobulin films. **Jornal of Food Engineering**. v. 50, p. 149-155, 2001.

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

TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Campinas: NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação / UNICAMP. 2 ed. 2006. 42 p.

TAPIA, M. S.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; RODRÍGUEZ, F. J.; CARMONA, A. J.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O.. Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. **Food Hydrocolloids**, doi:10.1016/j.foodhyd.2007.10.004, 2007.

VÁSQUEZ-CAICEDO, A. L.; HELLER, A., NEIDHART, S.; CARLE, R. Chromoplast Morphology and  $\beta$ -carotene accumulation during potharvest ripening of mango cv. 'Tommy Atkins'. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 54, n. 16, p. 5769-5776, Agosto, 2006.

VICENTINI, N. M.; CASTRO, T. M. R.; CEREDA, M. P. Influência de películas de fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annum* L.). **Ciênc. Tecnol. Aliment.** , v. 19, n. 1, p. 127-130, Jan/Abr, 1999 .

VICENTINI, N. M.; CEREDA, M. P. Uso de filmes de fécula de mandioca em pós-colheita de pepino (*Cucumis sativus* L.). **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 2, n. 1, 2, p. 87-90, 1999.

VIEIRA, A. P.; VIEITES, R. L.; EVANGELISTA, R. M. Película de fécula de mandioca no abacaxi minimamente processado. In: XVII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Fortaleza, 2000. **Anais**. Fortaleza: SBCTA, 2000.

VILAS BOAS, B. M. **Avaliação da qualidade de mangas 'Tommy Aktins' minimamente processadas e tratadas quimicamente**. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

VILAS BOAS, B. M.; NUNES, E. E.; FIORINI, F. V. A.; LIMA, L. C. O.; VILAS BOAS, E. V. B.; COELHO, A. H. R. Avaliação da qualidade de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 540-543, Dezembro, 2004.

WILBERG, V. C.; RODRIGUEZ AMAYA, D. B. HPLC Quantitation of Major Carotenoids os Fresh and Processed Guava, Mango and Papaya. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 5, p. 474-480, 1995.

---

**ANEXO A**

Abaixo, as especificações da fécula de mandioca utilizada neste trabalho<sup>1</sup>. Segundo a National Starch & Chemical, o produto contém 18% de amilase.



---

## TAPIOCA STARCH

---

Tapioca Starch é um produto alimentício extraído da mandioca. É tipicamente usada como um ligante natural e agente texturizador.

**Propriedades Físicas:**

Coloração	Branco ao marfim
Forma	Pó
Umidade	Aproximadamente 11%
pH	Aproximadamente 6

**Características e Benefícios:**

Tapioca Starch, em dispersão em cozimento, é absolutamente clara e com sabor suave. A textura é, de certa forma, filamentosa. Após refrigerada, ela pode se tornar um gel pouco viscoso. Sob aquecimento prolongado, e sob condições ácidas, a fécula perderá a maior parte de sua habilidade espessante.

**Aplicações:**

Tapioca Starch é recomendada para uso em *snacks* extrusados para melhor expansão. Também pode ser utilizada em recheios de tortas (por exemplo, abóbora) para reduzir rachaduras superficiais. Adicionalmente, pode ser usada com espessante em alimentos naturais que não são submetidas à condições rigorosas de processamento. Tapioca Starch, cujo sabor é muito suave, pode ser utilizada em alimentos processados para bebês como um agente de corpo.

**Declaração no Rótulo:**

Tapioca Starch

---

<sup>1</sup> Boletim técnico disponível em: < <http://www.foodinnovation.com/docs/TAPIOCA.pdf> >.

---

**ANEXO B**



**FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

[www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html](http://www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html)

CEP. 28/08/07.  
(PARECER CEP: N° 342/2006)

**PARECER**

**I-IDENTIFICAÇÃO:**

**PROJETO: “PROCESSO, EMBALAGEM, APLICAÇÃO DE COBERTURAS COMESTÍVEIS E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ALGUMAS FRUTAS TROPICAIS A ALTA UMIDADE”**

**PESQUISADOR RESPONSÁVEL:** Miriam Dupas Hubinger

**II - PARECER DO CEP**

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP aprovou o Relatório Parcial, apresentado em agosto de 2007, do protocolo de pesquisa supracitado.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

Homologado na VIII Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 28 de agosto de 2007.

  
**Prof. Dra. Carmen Silvia Bertuzzo**  
PRESIDENTE do COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA  
FCM / UNICAMP

---

Comitê de Ética em Pesquisa - UNICAMP  
Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126  
Caixa Postal 6111  
13084-971 Campinas – SP

FONE (019) 3788-8936  
FAX (019) 3788-7187  
cep@fcm.unicamp.br

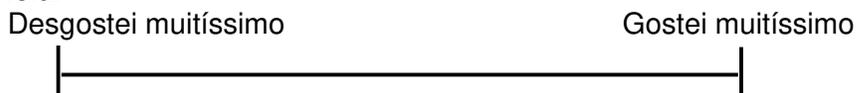
**APÊNDICE A – FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL**

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/\_\_/\_\_

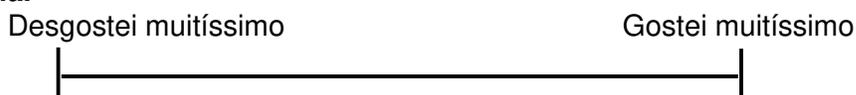
Amostra no: \_\_\_\_\_

Por favor, avalie a amostra de manga recebida e indique na escala o quanto você gostou ou desgostou da amostra em relação:

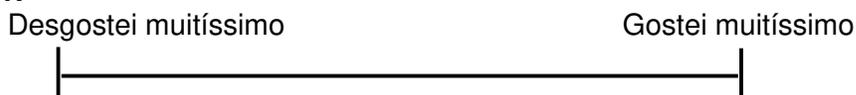
- **à aparência.**



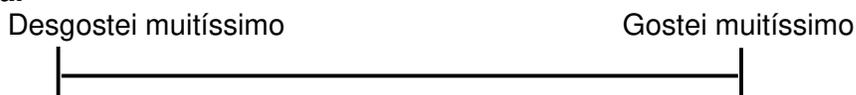
- **ao aroma.**



- **ao sabor.**



- **à textura.**



- **à impressão global.**



**Intenção de compra**

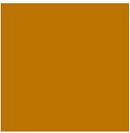
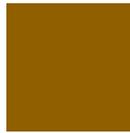
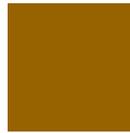
Assinale qual seria sua atitude se você encontrasse esse produto à venda.

- ( ) eu certamente compraria este produto.
- ( ) eu provavelmente compraria este produto.
- ( ) tenho dúvidas se compraria ou não esse produto.
- ( ) eu provavelmente não compraria este produto.
- ( ) eu certamente não compraria este produto.

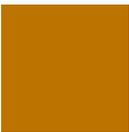
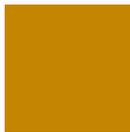
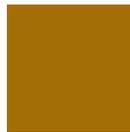
Comentários: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE B – PADRÕES DE COLORAÇÃO DOS ENSAIOS PRELIMINARES

*Padrões para fatias de manga apenas com coberturas com diferentes concentrações de fécula de mandioca.*

Tratamentos	Dias					
	1	3	6	9	12	15
Fresca						
Fécula 1%						
Fécula 2%						
Fécula 3%						

*Padrões para fatias de manga apenas com imersão em solução contendo com diferentes concentrações de ácido cítrico.*

Tratamentos	Dias				
	1	3	6	9	12
Fresca					
Ác. Cítrico 0,5%					
Ác. Cítrico 1%					
Ác. Cítrico 2%					