

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS

DISSERTAÇÃO

Uso de Revestimentos Comestíveis na Preservação da
Qualidade de Carambola (*Averrhoa carambola* L.)
Minimamente Processada

Tatiana Martins Rocha

2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

**Uso de Revestimentos Comestíveis na Preservação da
Qualidade de Carambola (*Averrhoa carambola* L.)
Minimamente Processada**

TATIANA MARTINS ROCHA

Sob a orientação do

Dr. Murillo Freire Júnior

e Co-orientação do Professor

Dr. Armando Ubirajara Oliveira Sabaa Srur

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos

Seropédica, RJ
Abril de 2011

634.6

R672u

T

Rocha, Tatiana Martins, 1983-

Uso de revestimentos comestíveis na preservação da qualidade de carambola (averrhoa carambola l.) minimamente processada / Tatiana Martins Rocha - 2011.

85 f.: il.

Orientador: Murillo Freire Júnior.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Bibliografia: f. 60-69.

1. Carambola - Teses. 2.Carambola - Processamento - Teses. 3.Frutas - Conservação - Teses. I. Freire Júnior, Murillo, 1954-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

TATIANA MARTINS ROCHA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 19/04/2011

Murillo Freire Júnior. (Dr.) Embrapa/CTAA
(Orientador)

Édira C. B. de Andrade Gonçalves (Dr^a.) UNIRIO
Membro Titular

Regina Celi Cavestré Coneglian (Dr^a.) UFRRJ
Membro Titular

DEDICATÓRIA

Dedico, aos amores da minha vida, Pedro Henrique (pelo sorriso mais sincero do mundo), Samir (pela confiança, incentivo e amor), Tania (por tudo que sou).

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me dar força, confiança e me acolher nas horas de incerteza.

Aos meus familiares: Rafa, Igor, Carol, Renan, Regina, Edvaldo, Lourdes, Jorge, Paula, Luciana, por me apoiarem com sorrisos, ombros amigos, conselhos, paciência e amizade.

As minhas amigas Kelly, Elaine e Simone por serem pessoas de outro mundo, de bondade infinita que me fizeram chegar até aqui.

Ao meu Orientador, Murillo Freire Jr. por acreditar e confiar na minha capacidade, e me nutrir de sabedoria, obrigada.

Ao meu Co-orientador, Sabaa, por suas dicas, preocupações e cobranças, sempre generosas.

A todos da Planta V: Debora, Adriana, Maria Claudia, Thaiana, Gabriela, Caroline, Guto, Alexandra, Agnelli, Henriqueta, Rodrigo, Marco e Caetano pela ajuda diária, paciência e tolerância que tiveram comigo durante esta caminhada.

Aos pesquisadores Antonio e Marcos Fonseca, por estarem sempre solícitos em ajudar com sua vasta experiência.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), especialmente ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), pela oportunidade concedida para realização do curso.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos (Embrapa-CTAA), pela parceria no uso de seus laboratórios e área de processamento mínimo e câmara de refrigeração.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos e a Embrapa pelo auxílio no projeto desenvolvido.

RESUMO

ROCHA, Tatiana Martins. **Uso de Revestimentos Comestíveis na Preservação da Qualidade de Carambola (*Averrhoa carambola* L.) Minimamente Processada**. 2011. p.76. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

Visando melhor aproveitamento, agregação de valor e aumento da conveniência para o consumo, o interesse pela tecnologia de processamento mínimo de frutas está em crescimento. Este trabalho teve por objetivo avaliar a aplicação de revestimentos comestíveis em carambolas minimamente processadas com a intenção de aumentar a vida útil deste produto. Carambolas minimamente processadas e tratadas com revestimentos comestíveis à base de quitosana (1,5%) e alginato de sódio (1%) foram avaliadas quanto às modificações químicas, físicas, físico-químicas, bioquímicas, microbiológicas e sensoriais. Os resultados mostraram que o uso desses revestimentos causaram alterações significativas nas carambolas minimamente processadas quando comparado ao tratamento controle, sendo as mais importantes: menor contagem de microrganismos psicrotróficos, bolores e leveduras; menor taxa de respiração nas carambolas tratadas com quitosana; menor índice de escurecimento; menor perda de umidade e menor perda de massa ao longo do armazenamento para ambos os revestimentos. O tratamento das carambolas minimamente processadas com alginato se mostrou eficiente, evitando alterações indesejáveis na aparência, aroma, textura e sabor ao longo do armazenamento, destacando-se no teste de comparação múltipla e de aceitação. Podemos estimar que o tempo de vida útil de carambolas minimamente processadas que receberam a aplicação do revestimento de alginato alcançou 8 dias sob temperatura de 9°C, apresentando um acréscimo de dois dias na vida útil do produto. Considerando o custo da aplicação de revestimento e os benefícios do aumento de vida útil do produto, o revestimento de alginato testado pode ser utilizado apresentando resultado satisfatório.

Palavras-chave: alginato de sódio, carambola, quitosana, revestimentos comestíveis, vida útil.

ABSTRACT

ROCHA, Tatiana Martins. **Use of Edible Coatings on Preservation of Quality of Carambola (*Averrhoa carambola* L.) Minimally Processed.** 2011. p.76. Dissertation, Master in Science and Technology for Food. Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

Seeking for a better advantage, an aggregation of value and the increase of convenience for consumption, the interest of minimally processed fruits have been increased. This study aimed to evaluate the use of edible coatings application of minimally processed carambola with the intention of increasing the shelf life of this product. Carambola minimally processed and treated with edible coatings based on chitosan (1.5%) and sodium alginate (1%) were studied on the changes of chemical, physical, physical-chemical, biochemical, microbiological and sensory. Results showed that the use of these coatings caused significant changes in minimally processed carambola compared to control treatment. The most important was: lower psychrotrophic counts, and yeasts, lower respiration rate in carambola treated with chitosan, lower browning index, and lower moisture, and loss, loss mass along the storage for both coats. The treatment of minimally processed carambola with alginate did not affect the sensory attributes and stood the test of acceptance. We can estimate that the useful life of minimally processed star fruit with alginate edible coating was 8 days at a temperature of 9 ° C of cooling, increasing by two days the life of the product compared to the control group. Considering the cost of coating application and the benefits of increased product life, the coating alginate tested may be used with satisfactory results.

Keywords: sodium alginate, carambola, chitosan, edible coatings, shelf life.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Análises microbiológicas da carambola minimamente processada no dia 0 e 6 de armazenamento, submetida a diferentes tratamentos e armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\%$ de UR. | 31 |
| Tabela 2. Médias das concentrações de CO_2 no interior de recipientes totalmente vedados contento carambola minimamente processada submetida a tratamentos diferentes e fruta íntegra armazenadas a $21 \pm 2^\circ\text{C}$ a 85% UR por 120 horas. | 33 |
| Tabela 3. Características avaliadas para o atributo aparência no dia do processamento e após 6 dias de armazenamento refrigerado a 9°C . | 52 |
| Tabela 4. Características avaliadas para o atributo aroma no dia do processamento e após 6 dias de armazenamento refrigerado a 9°C . | 54 |
| Tabela 5. Características avaliadas para o atributo textura no dia do processamento e após 6 dias de armazenamento refrigerado a 9°C . | 55 |
| Tabela 6. Características avaliadas para o atributo sabor no dia do processamento e após 6 dias de armazenamento refrigerado a 9°C . | 56 |
| Tabela 7. Formulações de revestimento de Alginato. | 71 |
| Tabela 8. Formulações de revestimento de Quitosana. | 71 |
| Tabela 9. Média da perda de massa fresca de carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ a 85% UR por 8 dias. | 75 |
| Tabela 10. Média da umidade de carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ a 85% UR por 8 dias. | 76 |
| Tabela 11. Médias de luminosidade para carambolas minimamente processadas e tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 77 |
| Tabela 12. Médias de cromaticidade para carambolas minimamente processadas e tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 78 |
| Tabela 13. Médias de índice de escurecimento para carambolas minimamente processadas e tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 79 |
| Tabela 14. Média da firmeza instrumental de carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ a 85% UR por 8 dias. | 80 |

Tabela 15. Média de sólidos solúveis de carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^{\circ}\text{C}$ a 85% UR por 8 dias. 81

Tabela 16. Média de acidez titulável de carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^{\circ}\text{C}$ a 85% UR por 8 dias. 82

Tabela 17. Média de *ratio* em carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^{\circ}\text{C}$ a 85% UR por 8 dias. 83

Tabela 18. Média de pH de carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^{\circ}\text{C}$ a 85% UR por 8 dias. 84

Tabela 19. Média de ácido ascórbico em carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^{\circ}\text{C}$ a 85% UR por 8 dias. 85

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Formação da rede de gel com cadeias de ácido algínico unidas através dos íons cálcio. | 10 |
| Figura 2. Estrutura da quitosana | 11 |
| Figura 3. Valores de a^* , b^* , Hue e Croma no sistema <i>Hunter Lab Croma Meter</i> | 14 |
| Figura 4. Fluxograma de carambola minimamente processada submetido a tratamento com revestimento comestível. | 23 |
| Figura 5. Etapas iniciais do processamento mínimo da carambola | 24 |
| Figura 6. Aplicação de revestimento, embalagem e armazenamento da carambola MP | 25 |
| Figura 7. Concentração de CO_2 em recipiente vedado contendo carambolas minimamente processadas submetida a tratamentos de revestimento comestível alginato a 1% e quitosana a 1,5% durante armazenamento a $21\pm 2^\circ C$ a $85\pm 2\%$ UR por 120 horas. | 34 |
| Figura 8. Concentração de O_2 em recipiente vedado contendo carambolas minimamente processadas submetida a tratamentos de revestimento comestível alginato a 1% e quitosana a 1,5% durante armazenamento a $21\pm 2^\circ C$ a $85\pm 2\%$ UR por 120 horas. | 35 |
| Figura 9. A análise de regressão para o comportamento de perda de massa de carambolas MP tratadas alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ C$ e $85\pm 2\%$ UR durante 8 dias | 36 |
| Figura 10. A análise de regressão para umidade de carambolas MPs tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ C$ e $85\pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 38 |
| Figura 11. Histograma com as médias de luminosidade para carambolas minimamente processadas e tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ C$ e $85\pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 39 |
| Figura 12. Histograma com as médias de cromaticidade para carambolas minimamente processadas e tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ C$ e $85\pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 40 |
| Figura 13. Histograma do índice de escurecimento para carambolas minimamente processadas e tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ C$ e $85\pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 41 |

| | |
|--|----|
| Figura 14. A análise de regressão para firmeza instrumental de carambolas MP tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) e o grupo controle armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 42 |
| Figura 15. A análise de regressão de teor de sólidos solúveis em carambolas MP tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 43 |
| Figura 16. A análise de regressão de acidez titulável em carambolas MP tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) e o grupo controle, armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 45 |
| Figura 17. <i>Ratio</i> para carambolas MP tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 46 |
| Figura 18. pH para carambolas MP tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 47 |
| Figura 19. Teor de ácido ascórbico em carambolas MP tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias. | 48 |
| Figura 20. Aspecto das carambolas minimamente processada no dia do processamento e após seis dias de armazenamento a 9°C . | 53 |
| Figura 21. Distribuição das notas atribuídas a avaliação global de carambolas minimamente processadas, grupo controle e alginato, no segundo dia de armazenamento a temperatura de 9°C . | 57 |
| Figura 22. Ficha de avaliação sensorial para o teste de levantamento de atributo. | 72 |
| Figura 23. Ficha de avaliação sensorial para o teste de comparação múltipla para uma amostra (avaliação da aparência). | 73 |
| Figura 24. Modelo de ficha utilizando a escala hedônica híbrida de 9 pontos. | 74 |

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

| | |
|-----------------|---|
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| B.O.D. | Demanda Bioquímica de Oxignio (<i>sigla inglesa</i>) |
| Ceagesp | Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo |
| cP | Unidade de Viscosidade Centipoise |
| cv | Cultivar |
| FAO | Organizao das Naes Unidas para Agricultura e Alimentao |
| fc | Fator de Correo |
| ha | Hectare |
| IDEC | Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor |
| mEq | Miliequivalentes |
| MP | Minimamente Processados |
| N | Newton (<i>medida de força</i>) |
| PA | Padrão Analítico |
| PEG | Polietilenoglicol |
| pK _a | Escala de Acidez Logaritmica |
| PM | Processamento Mínimo |
| PMP | Produtos Minimamente Processados |
| PMP | Produtos Minimamente Processados |
| t/ano | Tonelada/ano |
| UFC | Unidades Formadoras de Colnias |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 2 |
| 2.1 Objetivo Geral | 2 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 2 |
| 3. REVISÃO DA LITERATURA | 3 |
| 3.1 Cultura da Caramboleira | 3 |
| 3.2 Produto Minimamente Processado: Contextualização | 4 |
| 3.2.1 Legislação | 5 |
| 3.2.2 Atributos de Qualidade: Minimamente Processados | 6 |
| 3.2.2.1 Alterações Fisiológicas nos Tecidos Submetidos ao Processamento Mínimo | 6 |
| 3.2.2.2 Consequência do Processamento Mínimo à Qualidade Microbiológica | 7 |
| 3.3 Utilização de Revestimentos Comestíveis em Produtos Minimamente Processados | 8 |
| 3.3.1 Materiais Utilizados como Revestimentos Comestíveis | 9 |
| 3.3.1.1 Alginato | 9 |
| 3.3.1.2 Quitosana | 10 |
| 3.4 Avaliação das Características Físico-químicas dos Frutos | 12 |
| 3.4.1 Concentração dos Gases CO ₂ e O ₂ | 12 |
| 3.4.2 Perda de Massa Fresca | 13 |
| 3.4.3 Cor | 13 |
| 3.4.4 Firmeza | 15 |
| 3.4.5 Sólidos Solúveis | 15 |
| 3.4.6 Acidez Titulável e pH | 16 |
| 3.4.7 <i>Ratio</i> | 17 |
| 3.4.8 Ácido Ascórbico | 17 |
| 3.5 Análise Sensorial | 18 |
| 3.5.1 Comparação Múltipla | 18 |
| 3.5.2 Teste Afetivo: Aceitação | 19 |

| | |
|--|----|
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 20 |
| 4.1 Material | 20 |
| 4.2 Métodos | 20 |
| 4.2.1 Preparação dos Revestimentos Comestíveis | 20 |
| 4.2.1.1 Solução Filmogênica de Alginato | 20 |
| 4.2.1.2 Solução Filmogênica de Quitosana | 21 |
| 4.2.2 Processamento | 21 |
| 4.4 Análises Microbiológicas | 26 |
| 4.5 Análises Físico-Químicas | 26 |
| 4.5.1 Concentração de CO ₂ | 26 |
| 4.5.2 Perda de Massa Fresca | 26 |
| 4.5.3 Umidade | 27 |
| 4.5.4 Cor | 27 |
| 4.5.5 Firmeza | 27 |
| 4.5.6 Sólidos Solúveis | 28 |
| 4.5.7 Acidez Titulável | 28 |
| 4.5.8 pH | 28 |
| 4.5.9 <i>Ratio</i> | 28 |
| 4.5.10 Ácido Ascórbico | 28 |
| 4.6 Análise Sensorial | 28 |
| 4.6.1 Teste de Comparação Múltipla | 29 |
| 4.6.2 Teste de Aceitação | 29 |
| 4.7 Métodos Estatísticos | 30 |
| 4.7.1 Análises Físico-Químicas | 30 |
| 4.7.2 Análise Sensorial | 30 |
| | |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 31 |
| 5.1 Análise Microbiológica | 31 |
| 5.2 Análises Físico-Químicas | 32 |
| 5.2.1 Concentração de CO ₂ | 32 |
| 5.2.2 Perda de Massa Fresca | 35 |
| 5.2.3 Umidade | 37 |
| 5.2.4 Cor | 38 |

| | |
|--|-----------|
| 5.2.4.1 Luminosidade | 38 |
| 5.2.4.2 Cromaticidade | 39 |
| 5.2.4.3 Índice de Escurecimento | 40 |
| 5.2.5 Firmeza | 41 |
| 5.2.6 Sólidos Solúveis | 43 |
| 5.2.7 Acidez Titulável | 44 |
| 5.2.8 <i>Ratio</i> | 45 |
| 5.2.9 pH | 47 |
| 5.2.10 Ácido Ascórbico | 48 |
| 5.3 Considerações Sobre Análises Físico-Químicas | 50 |
| 5.4 Análise Sensorial | 51 |
| 5.4.1 Teste de Comparação Múltipla | 51 |
| 5.4.1.1 Aparência | 51 |
| 5.4.1.2 Aroma | 53 |
| 5.4.1.3 Textura | 54 |
| 5.4.1.4 Sabor | 55 |
| 5.4.2 Teste de Aceitação | 56 |
| | |
| 6 CONCLUSÃO | 58 |
| | |
| 7 SUGESTÕES | 59 |
| | |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 60 |
| 9 ANEXOS | 70 |

1. INTRODUÇÃO

O hábito alimentar da população vem mudando ao longo dos anos e aquecendo o mercado dos produtos minimamente processados (PMP), que por se adequarem ao novo perfil de consumidor que busca alimentos frescos, nutritivos e com a mesma praticidade dos industrializados, abre espaços nas gôndolas de supermercados, lojas de conveniência, hortifrúti e redes institucionais de alimentação. Estes podem ser definidos como produtos derivados de frutas e hortaliças frescos, higienizados, submetidos a uma ou mais operação física, como descascamento, fatiamento e corte, podendo ou não ser embalados em atmosfera modificada, tornando-se prontos para o consumo.

Assim, a partir da década de 90 do século passado, quando se iniciou essa tecnologia no Brasil, muitas pesquisas começaram a surgir para estudar o principal desafio dos produtos minimamente processados: a sua perecibilidade.

As injúrias que ocorrem nos tecidos, em função de manipulação e cortes, podem diminuir a qualidade e o tempo de vida útil dos produtos, por acelerar mudanças degradativas significativas. Esses conjuntos de reações levam os minimamente processados (MP) a perdas consideráveis de qualidade, reduzindo o tempo de comercialização. Visando identificar e controlar esses fatores que intensificam respostas as injúrias provocadas pelo processamento, a tecnologia do revestimento comestível é proposta. A utilização desses revestimentos como película em frutas e hortaliças frescas e minimamente processadas, é foco de pesquisas que objetivam minimizar a perda de umidade e reduzir as taxas de respiração, além de conferir aparência brilhante e atraente. Além disto, os revestimentos comestíveis reduzem o crescimento microbiano e retêm compostos de aroma. O uso de revestimentos comestíveis com esse propósito apresenta-se como vantagem econômica, mas não evita a necessidade de armazenamento em atmosfera modificada e o uso de refrigeração.

A carambola (*Avehrroa carambola* L.) já faz parte do cenário das frutas exóticas, tanto pela sua forma única de estrela, quanto pelo seu aroma e sabor bem característico, bastante atrativo ao consumidor. Assim, vem ganhando o mercado nacional com forte aumento de sua produção e comercialização, tanto para o mercado interno quanto para exportação. Por essas características e escassos estudos sobre sua estabilidade quando minimamente processada, o fruto de carambola foi escolhido como matéria-prima para este trabalho.

Apesar de revestimentos comestíveis se mostrarem eficientes, uma das principais limitações do uso desses produtos em MP é a possibilidade de afetarem o sabor e a aparência dos frutos. Para avaliação desse efeito, o uso da análise sensorial é uma ferramenta importante para validar tal tecnologia, a fim de determinar a relação entre os atributos físico-químicos e sensoriais, ideal para os padrões de qualidade que o consumidor busca no consumo da carambola MP.

O presente trabalho avaliou atributos de qualidade (aparência, aroma, textura e sabor), além de análises microbiológicas, físicas, químicas e físico-químicas em carambola minimamente processada e revestida com soluções de alginato e quitosana.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito do uso de revestimentos comestíveis na vida útil da carambola cv. 'Taiwan' minimamente processada.

2.2. Objetivos Específicos

1. Avaliar, através de análises físico-químicas, a eficácia da aplicação de revestimentos comestíveis a base de quitosana (1,5%) e alginato de sódio (1%) em carambola cv. 'Taiwan' minimamente processada;
2. Avaliar o crescimento de microrganismos, e o poder antifúngico dos revestimentos utilizados;
3. Avaliar a qualidade sensorial do fruto com os diferentes revestimentos ao longo do armazenamento.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Cultura da Caramboleira

Não se discute a origem asiática da caramboleira, mas ainda não foi definido o local exato de sua origem no continente. Alguns autores citam o sudeste asiático, na região que se estende da Malásia até a Indonésia, enquanto o Arquipélago das Molucas, a Índia e Sri Lanka são citados por outros (NAKASONE e PAULL, 1998; SILVA e DONADIO, 2009).

A caramboleira pertence à família Oxalidaceae, dividida em oito gêneros, com cerca de 900 espécies disseminadas nas regiões tropicais e subtropicais dos continentes e em altitudes elevadas nas zonas temperadas. (SILVA e DONADIO, 2009). Seus frutos são mais consumidos *in natura* ou na forma de compota e doces caseiros.

A forma de seus frutos varia de oblongo a elipsóide, com 6 a 15 cm de comprimento e possui cinco saliências proeminentes, as quais fazem distintamente uma seção transversal em formato de estrela. Uma membrana fina e cerosa envolve uma polpa bastante succulenta com a cor variando do esbranquiçado ao amarelo-ouro intenso (ARAUJO, 2000; TEIXERA *et al.*, 2001).

Sua produção comercial é pequena e restrita a praticamente seus países de origem, sendo Taiwan e Malásia, os maiores produtores mundiais, respectivamente, e principais exportadores da fruta para Europa e outros países asiáticos (SILVA e DONADIO, 2009).

Segundo Donadio *et al.* (2001), o início da seleção das variedades cultivadas de carambola ocorreu nas décadas de 30 e 40, sendo as variedades, até aquela época, classificadas em dois grupos: ácidas e doces.

No Brasil é cultivada em quase toda a extensão territorial, com exceção das zonas mais frias. No final de 1980, era estimada uma área de 300 ha de plantio, sendo a maioria de pés-francos (DONADIO, 1989). A expansão no plantio desta cultura se iniciou em 1990 nos estados de São Paulo e posteriormente em Pernambuco, onde se estabeleceu novos plantios originados de plantas enxertadas, promovendo o aumento de oferta do fruto tanto para o mercado interno, como para a exportação.

A CEAGESP vem registrando aumento no volume comercializado da fruta. Em 1992 era de aproximadamente 100 t/ano e passou para mais de 3.500 t/ano em 2006 (DONADIO *et al.*, 2001; CEAGESP 2006).

O interesse pela produção se deve principalmente por se tratar de uma fruta exótica, que por ser comercializada em pequenas quantidades e por ter alcançado bons preços no mercado interno. Além do excelente rendimento em suco, quase 70%, o sabor é agradável e suas características nutricionais devem ser consideradas, em função de ser boa fonte de potássio e de vitamina C, além de baixa caloria, (OLIVEIRA *et al.*, 1989; ARAÚJO, SCARPARE e MINAMI, 2000; DONADIO *et al.*, 2001).

Apesar do crescente aumento no seu cultivo e comercialização, poucos estudos indicam o perfil fisiológico do fruto. Por apresentar diferenças fisiológicas e sensoriais marcantes entre as cultivares, os poucos estudos existentes podem não ser tão esclarecedores.

Assim, ao falarmos da cultivar “Taiwan” utilizada neste trabalho, popularmente conhecida como carambola asiática gigante, identificamos como principal característica o seu sabor agridoce e uma coloração amarelo-translúcido, com aroma fresco característico, além de dimensões que alcançam em média 16 cm de comprimento e 8 cm de diâmetro. Não foram encontrados estudos sobre a fisiologia deste cultivar, mas de uma forma geral, as cultivares de sabor adocicado apresentam média de °Brix e pH de 9,6 e 4,1 segundo Donadio, 2005, no seu estádio 04 (quatro) de maturação.

A respiração deste fruto ainda apresenta discordância entre os pesquisadores, alguns acreditam se frutos climatérios e outros não climatérios. Considerando as peculiaridades de cada cultivar, podemos então identificar que não existe um padrão de respiração definido, devendo-se preponderar a cultivar em estudo. Sendo este fator de grande importância para a determinação do ponto de colheita, condições de armazenamento, entre outros.

3.2. Produto Minimamente Processado: Contextualização

Minimamente processado é o nome técnico utilizado para os já conhecidos vegetais higienizados prontos para o consumo ou para o uso em preparações culinárias. Essa técnica surgiu nos EUA no início dos anos 80 e trouxe praticidade tanto para o consumidor final como para o mercado de alimentação fora do lar – restaurantes, fast foods etc. (RIGO, 2009).

No Brasil, o processamento mínimo de frutas e hortaliças foi introduzido 10 anos mais tarde por algumas empresas atraídas pela nova tendência do mercado. É um símbolo de economia de tempo, facilidade no preparo e redução de lixo (JACOMINO *et al.*, 2004, MELO, SILVA e ALVES, 2010).

O nome minimamente processado quer dizer que o produto, frutas e hortaliças, não foi transformado ou alterado em seu estado fresco original. O que se faz é um conjunto de práticas tais como: seleção, limpeza, lavagem, cortes, sanitização, centrifugação, podendo ou não ser acondicionado em embalagens com atmosfera modificada (JACOMINO *et al.*, 2004). Este processo deve garantir a qualidade sanitária e manter o padrão de excelência do produto.

Por sua vez os produtos minimamente processados são mais perecíveis do que os *in natura* (BRACKETT, 1987). As injúrias que ocorrem nos tecidos, em função da manipulação e cortes podem diminuir a qualidade e o seu tempo de vida útil, por acelerar mudanças degradativas que antecipam a fase de senescência (WILEY, 1994; MARTÍN-DIANA, *et al.*, 2007).

No Brasil, a cadeia produtiva de hortifrutícolas, os vegetais comercializados a granel, encaixotados ou ensacados sinalizam dificuldades há algum tempo, principalmente pela falta de higiene, padronização adequada dos produtos, perdas pelo acondicionamento inadequado, armazenamento e transporte inapropriado, causando perdas por injúrias físicas e depreciação da mercadoria (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Produtos minimamente processados hoje já são comercializados em todos os continentes, mas podemos destacar seu consumo em maior escala nos Estados Unidos e países da Europa, que detém um forte apelo e fatia desse mercado. Entre os países em desenvolvimento o Brasil tem nesse mercado uma forte expectativa de expansão, porém seu alto custo ainda é limitante para proporcionar aumento efetivo do consumo (PEREIRA *et al.*, 2003).

Com a vida cada vez mais ocupada por compromissos, ganhar tempo é uma necessidade nas grandes metrópoles. Assim como a praticidade para a preparação e consumo doméstico também as cadeias de restaurantes tornam-se grandes consumidores dos PMPs (SATO *et al.*, 2006; SEBRAE/ ESPM, 2008).

Comprar produtos prontos para o consumo significa ganhar tempo em um estilo de vida que suprime qualquer atividade supérflua, sem deixar de saborear produtos com todas as qualidades nutricionais, sensoriais e frescor, além de ampliar o consumo de produtos muitas vezes desconhecidos como valeriana, rúcula, espinafre (SEBRAE/ ESPM, 2008). Além disso, permitem o aproveitamento de 100% do que será consumido, disponibilizando ao consumidor embalagens de diferentes tamanhos que certamente podem reduzir o desperdício de alimentos (JACOMINO *et al.* , 2004; SEBRAE/ ESPM, 2008).

Segundo Mattiuz, Durigan e Rossi Jr. (2003), o consumo desse tipo de produto, conforme pesquisa do Instituto Nielsen, tem crescido 80% ao ano, em média, desde 1996. Somente no Estado de São Paulo, pesquisas realizadas pelo Ministério da Integração Nacional indicam uma preferência de 32% dos consumidores por produtos minimamente processados e, desses, 71,8% associam essa escolha a higiene. A praticidade, rapidez no preparo, eliminação de desperdício, e também o frescor, são citados como as principais qualidades desses produtos.

3.2.1. Legislação

A falta de legislação específica para os alimentos de origem vegetal, principalmente os minimamente processados, permite que diferentes conceitos sobre a forma de produção sejam adotados. Sem parâmetros, os produtos comercializados muitas vezes são vendidos sem os devidos padrões de identidade e qualidade (FANTUSI *et al.*, 2004).

Muitos pesquisadores apontam a necessidade urgente de se investir na elaboração e aprovação de uma legislação nacional específica para o setor, que garanta a adoção das boas práticas agrícolas, de produção e de comercialização. Essa ação é fundamental tanto para o crescimento sustentável do setor como para a manutenção de um padrão de qualidade dos produtos que represente um compromisso constante com os consumidores (SEBRAE / ESPM, 2008).

Vale ressaltar que quando se fala em legislação refere-se mais especificamente àquelas que estabelecem as características de identidade e qualidade para os produtos (TRIGO, 2010).

3.2.2. Atributos de Qualidade: Minimamente Processados

A qualidade pode ser definida como o conjunto de características que irão influenciar na aceitabilidade de um alimento, englobando assim aspectos sensoriais e de segurança nutricional e microbiológica do produto (Oliveira e Valle, 2000). Os fatores de qualidade que podem ser percebidos pelo consumidor e decisivo no momento da compra são aqueles detectados pelos órgãos do sentido, destacando-se a avaliação da aparência global do produto, sendo o sabor decisivo principalmente na aceitação do produto e na manutenção do ciclo de consumo.

Buscando identificar o perfil dos consumidores de frutas frescas, Gonçalves (1998) identificou que a qualidade das frutas e o preço constituíram os critérios mais relevantes relacionados aos produtos no momento da compra.

Os atributos de qualidade são tão importantes pré como pós-colheita segundo Teixeira *et al.* (2001), o ponto de colheita da carambola é de vital importância para se alcançar melhor aroma e sabor, e requer muito cuidado, pois os frutos quase não amadurecem depois de colhidos, e com isso o teor de açúcares é pouco alterado depois da colheita. Assim, se esses atributos não forem muito bem definidos e a colheita for realizada precocemente, o fruto pode ser rejeitado pelo mercado consumidor.

3.2.2.1. Alterações Fisiológicas nos Tecidos Submetidos ao Processamento Mínimo

O fruto, quando colhido, normalmente tem uma camada protetora (pele ou casca) que o protege de danos. No processamento mínimo (PM), essa camada é suprimida ou rompida, expondo as células da polpa, que possuem grande conteúdo de água, ácidos orgânicos entre outras substâncias, ao ambiente. Já que o produto ainda está metabolicamente ativo, o PM acelera reações que levam a sua senescência precoce (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Ao final do PM se obtém um produto natural com suas células rompidas pela etapa do processamento. Muitos fatores podem afetar a intensidade das respostas provocadas por essas injúrias, tais como o pré-processamento (cultivar do fruto, pré-colheita, colheita, ponto de maturação), processamento (pré-resfriamento, limpeza, desinfecção, descascamento, corte, manuseio, banhos, centrifugação e embalagem), e condições de distribuição (temperatura, umidade relativa e atmosfera) (MIRANDA, 2001; JACOBINO *et al.*, 2004).

O aumento na taxa de respiração dos tecidos ocorre minutos após o corte, promovendo reações químicas e bioquímicas responsáveis pelas modificações da qualidade sensorial (cor, sabor e textura) e nutricional, sobretudo devido à redução do teor vitamínico. As frutas tornam-se mais suscetíveis ao ataque de microrganismos, com redução da sua vida útil e da segurança no seu uso como alimento (JACOBINO *et al.*, 2004).

Existem poucas desordens fisiológicas relatadas em frutos de carambola, todavia o escurecimento é um fator de grande importância para a manutenção da qualidade desses frutos. Segundo Brecht (2005), o escurecimento oxidativo é um dos fatores de maior limitação durante o armazenamento da maioria dos PMP. É com este desafio, de

frear as alterações metabólicas e aumentar a vida útil dos MP, que trabalhos em fisiologia pós-colheita tem o seu foco.

3.2.2.2. Consequência do Processamento Mínimo à Qualidade Microbiológica

Apesar de todo o crescimento verificado no setor de MP, nos últimos anos, é crescente o relato de doenças infecciosas associadas ao consumo desses produtos, o que tem despertado o interesse e preocupação das agências regulatórias do Brasil, como a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), e institutos de defesa dos direitos dos consumidores, como é o caso do IDEC (Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor) (ANDRADE, BASTOS e ANTUNES, 2004).

Devido ao manuseio excessivo provocado por etapas intrínsecas ao processamento (descascamento, o corte, a lavagem e embalamento do produto) esses alimentos se tornam alvos de contaminação por microrganismos deteriorantes e/ ou patogênicos transmissores de doenças ao consumidor (FANTUSI, PUSCHMANN e VANETTI, 2004).

Atenção especial deve ser dada a temperatura em que esses alimentos são expostos durante todas as etapas do processamento e comercialização. Sabe-se que uma das barreiras mais importantes para se evitar o crescimento microbiano é a manutenção da cadeia de frio, etapa difícil de ser controlada principalmente durante seu transporte e comercialização (PARK, 2005; PINHEIRO *et al.*, 2005).

As chamadas tecnologias de barreiras ou obstáculos, que inclui principalmente as etapas de lavagem, sanitização, aplicação de produtos com ação antifúngica e a refrigeração, devem ser adotadas conjuntamente, visando um melhor controle e estabilidade microbiológica nos PMP (VANETTI, 2000; BERBARI, PASCHOALINO e SILVEIRA, 2001; BEUCHAT, 2002).

Medidas preventivas precisam ser adotadas para minimizar a contaminação dos produtos em toda cadeia produtiva. A implantação de um sistema efetivo de controle, por meio do programa de Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle (APPCC) é fundamental para o conhecimento e prevenção da contaminação e do crescimento microbiano em AMP (VANETTI, 2000; ROSA, 2000).

O armazenamento desses produtos também requer atenção, principalmente quanto às condições higiênicas do local e das embalagens de acondicionamento. As variáveis como temperatura, umidade relativa e composição atmosférica no interior da embalagem, são passíveis de serem controladas durante o tempo de armazenamento, e que contribuem significativamente para reduzir as atividades metabólicas do produto, minimizando com isso o crescimento microbiano (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Embora não se tenha informações na legislação brasileira quanto aos limites de contagens tolerados para microrganismos em frutas e hortaliças minimamente processadas, é usual basear-se na Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 (ANVISA, 2001). Tal resolução deve ser utilizada como referência para garantia da sanidade desses produtos uma vez que prevê padrões microbiológicos para hortaliças e frutas frescas *in natura*, preparadas (descascadas, selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas,

destinadas ao consumo direto, indicando a ausência de *Salmonella* sp. em 25g, e máximo de 5×10^2 UFC para coliformes a 45°C/g.

Análises realizadas por Pinheiro *et al.* (2005) em 100 amostras de frutos MPs comercializadas em supermercados de Fortaleza – CE (goiaba, manga, melão, mamão e abacaxi) revelou que 25 (25%), estavam contaminadas com *Salmonella* sp e 28 (28%), apresentavam coliformes fecais em valores superiores a $5,0 \times 10^2$ NMP.g-1. Estas contaminações indicam que 43 amostras estavam impróprias para o consumo humano, segundo a RDC N°12 de 02 janeiro de 2001.

3.3. Utilização de Revestimentos Comestíveis em Produtos Minimamente Processados

A aplicação de coberturas comestíveis para proteção de alimentos vem sendo utilizada de forma empírica, há muito tempo. Podemos citar a utilização de banha recobrando pedaços de carne com o objetivo de evitar a dissecação e trocas gasosas, praticada em países da Europa desde o século XVI, quando não havia sistema de refrigeração. Filmes de ceras também eram utilizados na China, desde o século XII, para cobrir frutas e alguns produtos de confeitaria. Nos últimos anos, diversos trabalhos vêm sendo realizados na elaboração de filmes e revestimentos comestíveis para aplicação em alimentos frescos, processados e congelados, com objetivo de manter a qualidade e a conservação dos mesmos (RIGO, 2009).

A película de revestimento pode ser definida como uma fina camada de material comestível aplicada a frutas e hortaliças *in natura* ou MP, cuja finalidade é estender a vida pós-colheita. Isso se deve principalmente pela característica de alguns revestimentos comestíveis em inibir ou reduzir a migração de umidade, a difusão de oxigênio, dióxido de carbono e de aromas do alimento para o ambiente, atuando como barreira semipermeável. Além disso, pode funcionar como veículo de antioxidantes, antimicrobianos e de flavorizantes, e promover melhoria na textura e na coloração do produto (KROCHTA e DeMULDER-JOHNSTON, 1997).

Esses revestimentos são aplicados através da imersão das frutas e vegetais no material comestível ou através de pulverização ou nebulização. Vários materiais comestíveis podem ser utilizados como revestimentos, formando assim uma membrana protetora, semipermeável na superfície do produto (YASMASHITA, JACOMETTI e MENEGHEL, 2003; MENEGUEL, BENASSI e YAMASHITA, 2008). Alguns estudos demonstraram ter havido manutenção da qualidade e aumento da vida útil de algumas frutas e legumes *in natura*, como frutas cítricas, maçãs, tomates maduros e mandiocas (UKAI *et al.*, 1976; ; KESTER e FENNEMA, 1986; THOMPSON, 2003).

Revestimento a base de polissacarídeo, feito de carragena e ácido ascórbico mostrou resultado positivo quando usado para reduzir a perda de umidade, oxidação e desintegração ao serem aplicados sobre fatias de maçãs, além de conseguir resultados positivos na análise sensorial e na proteção do produto contra a contaminação microbiológica (LEE *et al.*, 2003).

Assim, os potenciais benefícios do uso de revestimentos comestíveis em produtos *in natura* e minimamente processados são bastante promissoras e merecem que sejam realizadas pesquisas para proporcionar maiores esclarecimento com vista a sua utilização.

3.3.1. Materiais Utilizados como Revestimentos Comestíveis

Para alcançar os benefícios dos revestimentos comestíveis deve-se estudar não só suas propriedades mecânicas como à barreira de umidade e gases e sua composição química, mas também as características do produto, forma de aplicação e condições de armazenamento (ZHAO e McDANIEL; 2005).

Os materiais e formulações que compõem os revestimentos devem ser cuidadosamente selecionados e estudados. As formulações de revestimentos comestíveis envolvem a utilização de diversos componentes, cada qual com uma finalidade específica. Tais formulações são constituídas de pelo menos um agente formador de filme (macromoléculas), solvente (água, etanol, água/etanol, entre outros), plastificante (glicerol, sorbitol, etc.) e agente ajustador de pH (ácido acético, NH_4OH , etc.) (TANADA-PALUM *et al.*, 2002; RIGO, 2009).

Dentre os biopolímeros mais utilizados na elaboração de filmes e coberturas comestíveis, podem ser citados: as proteínas (gelatina, caseína, ovoalbumina, glúten de trigo, zeína e proteínas miofibrilares), os polissacarídeos (amido e seus derivados, pectina, celulose e seus derivados, alginato e quitosana) e os lipídios (monoglicérides acetilados, ácido esteárico, ceras e ésteres de ácido graxo) ou ainda a combinação dos mesmos (TRIGO, 2010).

Revestimentos a base de polissacarídeos, por sua natureza hidrofílica, oferecem pouca barreira à perda de umidade (BALDWIN *et al.*, 1996). No entanto, certos polissacarídeos podem retardar a perda de umidade desidratando-se antes do produto revestido (KESTER e FENNEMA, 1986; KROCHTA e DeMULDER-JOHNSTON, 1997).

3.3.1.1. Alginato

Alginatos conhecidos comercialmente como sal de sódio do ácido algínico são polímeros lineares compostos por resíduos de α -L-gulurônico e β -D-manurônico presentes em proporções e sequência variáveis na parede celular e espaço intercelular de algas marrons como *Macrocystis pyrifera*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria hyperborea* e *Laminaria digitata* (DZIEZAK, 1991).

O ácido algínico possui solubilidade limitada em água podendo ser transformado em uma grande variedade de alginatos comerciais que são sais do ácido algínico obtidos pela reação deste com os respectivos álcalis e pela incorporação de diferentes sais como cálcio, potássio, magnésio e sódio, sendo este último, o mais utilizado e hidrofílico (ONSOYEN, 1997).

Para produzir o gel que é usado na formação dos filmes, o alginato deve reagir com cátions polivalentes, sendo os íons de cálcio os agentes gelificantes mais efetivos (ALLEN, 1963).

O mecanismo de gelificação é um processo de troca iônica, no qual o sódio do alginato é trocado com o cálcio presente no meio gelificante. Os íons de cálcio têm por função manter as cadeias de alginato juntas pelas interações iônicas após a formação de pontes de hidrogênio entre as cadeias, produzindo gel com estrutura de rede tridimensional como ilustrado na Figura 1 (KING, 1983).

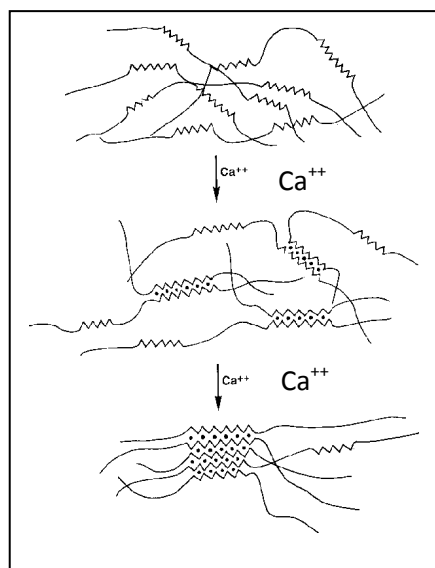


Figura 1. Formação da rede de gel com cadeias de ácido algínico unidas através dos íons cálcio.

Fonte: Kawaguti e Sato, 2008.

As películas de alginato de sódio são formadas pela dispersão do pó em água sob agitação e com aquecimento (70 °C), sendo sua gelificação dependente da quantidade de cálcio presente ou adicionada ao alimento.

Essas coberturas são impermeáveis a óleos e gorduras (WHISTLER *et al.*, 1984) e podem minimizar, em maior ou menor escala, as perdas de umidade dos alimentos atuando principalmente como agente sacrificante, isto é, a película perde umidade para o ambiente, poupando e retardando a desidratação do fruto. São boas barreiras ao oxigênio (WHISTLER e BEMILLER, 1997), capazes de retardar a oxidação lipídica e preservar o sabor e a textura dos alimentos (KESTER e FENNEMA, 1986).

A Resolução n° 386 de 05 de agosto de 1999 (BRASIL, 1999) menciona que através de avaliação toxicológica, a FAO estabeleceu valores de Ingestão Diária Aceitável (IDA) – “não especificada” para diversos aditivos, incluindo o alginato. Isso significa que o aditivo pode ser utilizado em quantidade suficiente para obter o efeito tecnológico necessário (TRIGO, 2010).

3.3.1.2. Quitosana

Quitina e quitosana são copolímeros constituídos por unidades *N*-acetil-*D*-glicosamina e *D*-glicosamina em proporções variáveis, sendo que o primeiro tipo dessas unidades predomina no caso de quitina, enquanto quitosana é composta predominantemente, por unidades *D*-glicosamina (KUBOTA e EGUCHI, 1997; SILVA, SANTOS e FERREIRA, 2006).

A quitina é o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza depois da celulose, sendo o principal componente do exoesqueleto de crustáceos e insetos; sua

presença ocorre também em nematóides e parede celular de fungos e leveduras (SILVA, SANTOS e FERREIRA, 2006).

A quitosana (Figura 2) pode ser obtida a partir da quitina por meio da desacetilação com álcalis, podendo também estar naturalmente presente em alguns fungos, como aqueles pertencentes aos gêneros *Mucor* e *Zygomycetes* (SILVA, SANTOS e FERREIRA, 2006).

De acordo com o grau médio de acetilação (GA), parâmetro empregado para caracterizar o conteúdo médio de unidades *N*-acetil-*D*-glicosamina de quitina e quitosana, podem-se obter diversas quitosanas com propriedades físico-químicas, como solubilidade, acidez logarítmica (pK_a) e viscosidade bem características para cada tipo (SILVA, SANTOS e FERREIRA, 2006).

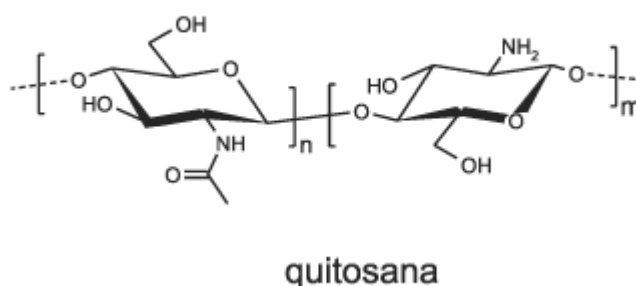


Figura 2. Estrutura da quitosana

Fonte: Silva *et al.*, 2006.

Dentre as inúmeras características que distinguem quitina e quitosana dos demais polissacarídeos destaca-se a atividade antimicrobiana. Devido à resistência dos consumidores em adquirir e consumir produtos tratados com agrotóxicos, a atividade antimicrobiana da quitosana têm recebido atenção especial (SKJAK-BRAEK *et al.*, 1989).

Em virtude de sua carga positiva, a quitosana é mais solúvel e possui maior atividade antimicrobiana do que a quitina. Os mecanismos exatos pelos quais a quitosana e seus derivados exercem essa atividade ainda permanecem desconhecidos (TONHI e PLEPIS, 2002). Entretanto, diferentes mecanismos têm sido propostos por pesquisadores sendo o mais estudado é a forte interação entre os íons da quitina positivamente carregada e as membranas celulares dos microrganismos negativamente carregadas, leva ao vazamento de conteúdo protéico e outros componentes intracelulares (SILVA, SANTOS e FERREIRA, 2006). A quitosana também age como agente quelante que se liga seletivamente a traços de metais e inibe, dessa forma, a produção de toxinas e o crescimento microbiano (SILVA, SANTOS e FERREIRA, 2006).

O biopolímero possui ainda capacidade de ativar diversos mecanismos de defesa nos tecidos hospedeiros, atuando como agente sequestrante de água inibindo várias

enzimas (BOKURA e KOBAYASHI, 2003). A ligação da quitosana com DNA e a inibição da síntese do mRNA ocorre via penetração da quitosana no núcleo dos microrganismos e interferência na síntese do RNA e proteínas (BOKURA e KOBAYASHI, 2003).

Por ser um polímero versátil, apresentando duplo efeito no tratamento pós-colheita, tanto no controle de microrganismos patogênicos, como no aumento do tempo de armazenamento de vegetais frescos devido às propriedades filmogênicas, a quitosana tem sido alvo de diversos estudos. Porém, um empecilho para a utilização desse filme é o forte sabor ácido e característico, que pode afetar de forma significativa as características sensoriais de frutos ou hortaliças, implicando na sua inutilização.

3.4. Avaliação das Características Físico-Químicas dos Frutos

As características físico-químicas dos frutos são de fundamental importância para a definição de técnicas de manuseio pós-colheita, assim como para a boa aceitação do produto pelo consumidor (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Para estudos da qualidade, vários parâmetros podem ser analisados, como cor, firmeza, sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável e outros (O'HARE, 1993; FAGUNDES e YAMANISHI, 2001).

3.4.1. Concentração dos Gases CO₂ e O₂

A atmosfera normal em que os frutos se desenvolvem é rica em O₂ e com baixos níveis de CO₂, concentração de 21% e 0,03%, respectivamente, no ar atmosférico, porém essa atmosfera é separada da atmosfera interna dos frutos pela película e ceras que cobrem a epiderme e que, na maioria das vezes constituem uma barreira efetiva contra as trocas de gases, interferindo na respiração (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A respiração vegetal consiste na oxidação de açúcares e ácidos orgânicos para obtenção de energia, que produz como resíduos, dióxido de carbono (CO₂) e água (PORTE e MAIA, 2001).

Ao causar rupturas nos tecidos vegetais durante o processamento, ou seja, nas etapas de descascamento e corte, o aumento na velocidade de respiração é a principal manifestação fisiológica que se desencadeia. Assim, estudos afirmam que a taxa respiratória dos alimentos minimamente processados é aumentada de 3 a 7 vezes, em relação ao tecido intacto, o que se traduz em rápido consumo de oxigênio dentro da embalagem (VAROQUAUX e WILEY, 1997, PORTE e MAIA, 2001, CHITARRA e CHITARRA, 2005). Embalagens contendo 2-8% de O₂ e 5-15% de CO₂, em geral, têm potencial para aumentar a vida útil dos produtos minimamente processados. Contudo, para cada vegetal existe uma composição de gases específica que aumenta sua durabilidade (TRIGO, 2010). Não só a espécie vegetal, mais a cultivar, a temperatura e o período de armazenamento também devem ser levados em consideração para atingir essa especificação quanto ao controle atmosférico (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Quanto maior a concentração de CO₂ e menor a concentração de O₂, menor será a intensidade da respiração e, conseqüentemente, maior o período de vida útil do produto. As concentrações baixas de O₂ levam a desordens fisiológicas como escurecimento da

casca, textura indesejável, perda do *flavor*, aumento na susceptibilidade a doenças, devido há mudança de respiração aeróbica para anaeróbica.

Sob condições anaeróbicas, a via glicolítica substitui o ciclo de Krebs como a principal fonte de energia para os vegetais. O ácido pirúvico é descarboxilado para formar acetaldeído, e a partir deste, CO₂ e etanol são produzidos, resultando no desenvolvimento de sabor indesejável, rompimento e escurecimento dos tecidos (PORTE e MAIA, 2001). Os revestimentos podem criar uma atmosfera modificada no interior do produto, que dependerá da permeabilidade gasosa do revestimento e da taxa respiratória do fruto (FREIRE Jr. *et al.*, 2005).

3.4.2. Perda de Massa Fresca

A perda de massa fresca de frutas e hortaliças durante o armazenamento ocorre principalmente devido a dois fatores, a respiração e a transpiração. Essa perda pode ser uma das principais causas de deterioração dos MP, já que resulta em alterações quantitativas, na aparência (murchamento), na textura (amolecimento) e na qualidade nutricional (KADER, 1986).

Não só as perdas qualitativas, mas as perdas econômicas oriundas da transpiração e desidratação do produto se tornam entraves para a comercialização. Pequenas perdas de água podem ser toleradas, mas aquela responsável pelo murchamento ou enrugamento deve ser evitada. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), perdas da ordem de 3 a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade, mas algumas frutas como limão e tangerina são ainda comercializáveis com 10% de perda de umidade.

O murchamento pode ser retardado, reduzindo-se a taxa de transpiração, o que pode ser feito por aumento da umidade relativa do ar, diminuição da temperatura, redução do movimento de ar e uso de embalagens protetoras (BARROS *et al.*, 1994). Dentre as embalagens protetoras podemos citar os filmes plásticos, as ceras e os filmes comestíveis.

Os MPs, devido ao aumento da superfície, o rompimento e a exposição do seu tecido se tornam mais suscetíveis à perda de massa, sendo de grande relevância este monitoramento. Em estudos realizados por Endo *et al.* (2006) em batatas MPs, após 9 dias de armazenamento apresentaram perda de massa em torno de 1,5%, o suficiente para apresentar evidências de desidratação superficial e perda da qualidade. Groppo *et al.*, (2009), reduzindo as perdas e retardou o murchamento ao aplicar revestimento de alginato de sódio em laranjas MPs.

3.4.3. Cor

A cor é utilizada como critério para a separação de muitos produtos em classes e categorias comerciais e relaciona-se com a percepção da aparência pelo consumidor (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A coloração de frutas pode ser avaliada de forma subjetiva, quando o objetivo é estabelecer o grau de maturação do fruto e a uniformidade da coloração da casca, através de comparação com escalas descritivas.

A aceleração das reações metabólicas que ocorre após o processamento de frutas e vegetais é o fator principal pela aceleração das mudanças indesejáveis na cor destes produtos, atribuindo-lhe o aspecto de envelhecido e/ou escurecidos. No estudo de brócolis orgânico MP feito por Padua *et al.* (2006), identificou sinais de deterioração de brócolis pelo amarelecimento das flores, sendo a degradação da clorofila e síntese de carotenoides mais acentuada nos produtos minimamente processados. Em carambolas, o escurecimento de seu interior é um fator limitante para determinar a vida útil do produto.

Uma das formas para se mensurar as variações de cores em um alimento é a utilização do sistema L^* , a^* e b^* . Um padrão internacional para medições da cor desenvolvido pela CIE (Comission International de Lèclairiage), onde é analisada através dos parâmetros L , a^* , b^* , Hue e Croma, os quais representam as medidas objetivas de cor avaliadas pelo olho humano (MINOLTA, 1994).

O eixo do sólido das cores é designado como L^* , a^* e b^* , em que L^* corresponde ao eixo vertical, sendo a medida de luminosidade. Para um plano que representa um dado valor de L^* , a^* é uma coordenada positiva ou negativa, variando do vermelho ao verde e b^* é uma coordenada positiva ou negativa, variando do amarelo ao azul. No topo da pilha das coordenadas, têm-se elevados valores de L^* (brancos ou cores próximas ao branco) e próximo à base, os baixos valores de L^* (preto ou próximo ao preto).

Nesse círculo (Figura 3) se encerra toda a gama de cores representativa do universo (Croma), sendo que, quanto mais se afastam do centro do círculo, mais vivas ou mais fortes são as cores, ao contrário, quanto mais se aproximam do centro, mais mescladas se tornam, até que o conjunto se torne uma única tonalidade, a cor cinza. O Hue se caracteriza pelo ângulo formado em relação ao eixo x, se iniciando no valor a^* positivo (vermelho), podendo atingir até 360 Graus. Esse ângulo indica a variação entre o vermelho, amarelo, verde, etc. e também suas nuances como alaranjado, vermelhado, etc. (MINOLTA, 1994).

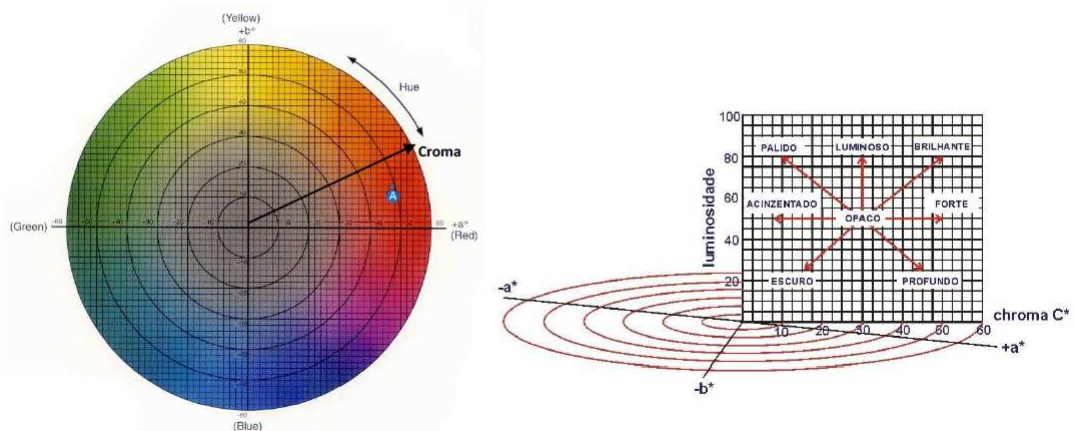


Figura 3. Valores de a^* , b^* , Hue e Croma no sistema *Hunter Lab Croma Meter*
Fonte: Minolta Corp., 1994

3.4.4. Firmeza

A firmeza é uma das sensações da textura de um fruto, ela relaciona-se com a força necessária para que o produto atinja uma dada deformação (AWAD, 1993).

A medição da firmeza da polpa visa o estabelecimento indireto das transformações na estrutura celular, na medida em que o fruto amadurece, a força necessária para que ocorra a deformação diminui, correlacionando assim este índice com o estágio de maturidade do fruto. (CHITARRA, 1998).

Segundo Andrade Jr. *et al.* (2001), a firmeza característica dos frutos verdes está relacionada com a presença de pectina na forma de protopectina, insolúvel em água e conforme o fruto amadurece essa cadeia polimérica é clivada, tornando-se então uma pectina solúvel em água e a resistência tecidual é diminuída. A mudança da firmeza de um fruto é um processo complexo onde ocorre, além da redução do tamanho e distribuição dos polímeros das paredes celulares, a perda de turgor celular, ação de enzimas hidrolíticas e mecanismos não enzimáticos como a redução excessiva de água pela transpiração (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os métodos objetivos de avaliação da firmeza correspondem a uma expressão numérica das características com auxílio de instrumentos. As medições com penetrômetro são bem correlacionadas com a percepção humana de firmeza. Com isso, essa técnica tem sido largamente aceita para muitos produtos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A firmeza sofre alterações durante o amadurecimento e armazenagem do vegetal, sendo o amolecimento a alteração mais marcante e pode ser resultante de dois processos: perda excessiva de água e modificações na lamela média e parede celular devido à atividade enzimática (WILLS, 1981; KLUGE e NACHTIGAL, 1997). Sendo a firmeza um fator que caracteriza os alimentos *in natura*, muitos estudos são focados para a manutenção desta grandeza.

Pineli *et al.* (2006) estudando a redução de firmeza em batatas MPs ao longo do armazenamento correlacionou o fator temperatura como ponto determinante para minimizar as perdas, favorecendo a manutenção da qualidade dos tubérculos por 9 dias a 5°C. Aliada à baixa temperatura, a manutenção da firmeza do produto pode ser conseguida com a aplicação, por imersão, de soluções de cálcio. Luna-Guzmán *et al.* (2000) verificaram que melões minimamente processados mergulhados por um minuto em soluções de CaCl₂ (2%) a 20, 40 e 60°C, mantiveram ou melhoraram a firmeza do tecido, durante o armazenamento a 5°C.

3.4.5. Sólidos Solúveis

O teor de sólidos solúveis indica a quantidade de todas as substâncias dissolvidas na polpa das frutas e é constituído majoritariamente por açúcares, principalmente sacarose, frutose e glicose. Comumente designado como °Brix é medido com auxílio de refratômetro (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os sólidos solúveis geralmente aumentam com o transcorrer do processo de maturação dos frutos, seja pelas biossínteses, degradação de polissacarídeos ou perda de água, resultando em maior concentração dos mesmos. Já sua redução varia com a taxa de

respiração, uma vez que os sólidos solúveis são substratos utilizados no processo respiratório (LIDSTER *et al.*, 1980).

As alterações fisiológicas em MPs e o comprometimento da qualidade final do produto é mensurada, entre outros parâmetros, através da % de sólidos solúveis (SS) ao longo do armazenamento. Com este objetivo Sazaki *et al.* (2006) avaliaram dois diferentes cortes, em retalho e cubos, em abóboras MP armazenadas à 5°C, concluindo que o corte em retalho apresentou redução de 2,45 °Brix no teor de SS, justificada pela maior intensidade dos fermentos provocados no MP, como consequência da maior descompartimentação celular e maior extravasamento do suco celular.

As características genéticas da cultivar também influenciam no teor de sólidos solúveis no fruto. Essa diferença foi encontrada em estudos entre seis cultivares de carambola, selecionadas no estádio 4 de maturação, variações entre 7,88 e 10,25 para as cultivares Golden Star e Arkin, respectivamente (TEIXEIRA *et al.* 2001).

3.4.6. Acidez Titulável e pH

A acidez titulável é definida por Chitarra e Chitarra (2005) como sendo o conjunto de compostos ácidos livres presentes nos tecidos vegetais, avaliados por titulação com auxílio de solução de NaOH 0,1N. Os resultados podem ser expressos em mEq/100 mL de suco ou em percentagem do ácido principal, no caso da carambola é o ácido oxálico.

Com o amadurecimento, as frutas perdem rapidamente a acidez, mas, em alguns casos, há pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação. A acidez pode ser utilizada, em conjunto com a doçura, como ponto de referência do grau de maturação (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os teores de ácido oxálico são muito variados em carambola, entre 0,04 mg/ 100 mL e 0,7 mg/ 100mL. Essas diferenças podem estar relacionadas principalmente pela desigualdade entre as cultivares, popularmente divididas entre carambolas azedas e doces (SILVA e DONADIO, 2009).

Tanto a acidez quanto o pH determinados em uma amostra de minimamente processados indicam parâmetros que influenciam a aceitabilidade do produto, interferindo principalmente na qualidade sensorial e sua estabilidade microbiológica. Kapp *et al.* (2003) trabalhando com a estabilidade do palmito “pupunha” minimamente processado em diferentes tratamentos, *in natura* (1), imersos por 30 min em solução de ácido cítrico a 0,9% e depois embalados (2), imerso em água (3) e embalados com solução de ácido cítrico a 0,9% (4), observou que nos tratamentos 1, 2 e 3 ocorreu diminuição do pH e um correspondente aumento da acidez, fato que pode ser explicado pelo possível desenvolvimento de microrganismos deteriorativos acidificantes e/ou por alterações bioquímicas. Os toletes do tratamento 4, por terem sido submersos e mantidos em solução ácida, apresentaram valores menores para o pH e, correspondentemente, maiores para a acidez, apresentando assim uma estabilidade maior no produto, levando vantagens quanto a qualidade microbiológica e estendendo sua vida útil.

3.4.7. *Ratio*

Em muitas frutas, o equivalente entre os ácidos orgânicos e os açúcares é utilizado como critério de avaliação do *flavor*. Conhecendo-se o teor de sólidos solúveis (SS) e de acidez titulável (AT) pode-se estabelecer, para as frutas, a relação SS/AT (°Brix /% de ácido). Alto valor desta relação indica uma excelente combinação de açúcares e ácido que se correlacionam apresentando maior suave e harmonia, enquanto que os valores mais baixos designam frutas com acidez mais pronunciada. Segundo Kader (1986), a maioria dos frutos apresentam alta qualidade quando em sua composição atingem a proporção de: acidez titulável acima de 0,32% e 3% de SS, obtendo uma relação SS/AT maior que 10.

Como consequência do amadurecimento ocorre o aumento nos teores de SS e diminuição nos teores de ácidos orgânicos, aumentando a relação SS/AT à medida que o estágio de maturação dos frutos avança (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Portanto esta relação é um bom indicador do ponto ideal de colheita, podendo ser utilizados também como parâmetro para se estabelecer o tempo de vida útil deste produto, já que esta diretamente ligado a qualidade sensorial do produto (MACIEL, 2008).

3.4.8. **Ácido Ascórbico**

A estabilidade das vitaminas em alimentos é afetada por vários fatores, como luz, oxigênio, pH, acidez, íons metálicos, teor de umidade, atividade de água, presença de aminoácidos, carboidratos e lipídios, enzimas e principalmente temperatura (UDDIN *et al.*, 2002).

Cada nutriente difere consideravelmente em susceptibilidade em condições adversas. A niacina, por exemplo, é bem resistente à maioria das condições adversas, incluindo altas temperaturas, em contrapartida o ácido ascórbico é extremamente sensível. Por sua susceptibilidade é que pesquisadores sugerem que a perda desta vitamina é um bom indicador do valor nutricional dos vegetais frescos (KLEIN, 1987) e como parâmetro de avaliação das condições de manuseio, estocagem e processamento de alimentos (ROJAS e GERSCHENSON, 1997).

Kader (1992), comparando o uso de refrigeração (15°C) e o armazenamento a temperatura ambiente de mangas (*Mangífera índica* L.) detectou melhor estabilidade do ácido ascórbico, bem como menor degradação da clorofila e maiores valores em acidez total, contribuindo para o aumento da vida útil do produto.

Grosso *et al.* (2003) utilizando aplicação de revestimento de alginato de sódio (1%) e CaCl₂ (1%) não impediu que houvesse redução nos teores de ácido ascórbico de laranjas 'Pera' minimamente processadas ao longo de 12 dias de armazenamento.

As perdas relacionadas à oxidação do ácido ascórbico, principalmente durante a estocagem, formam diversas substâncias como dióxido de carbono e furfural que, além de diminuir ou eliminar a atividade do ácido ascórbico, (ROJAS e GERSCHENSON, 1997) alteram também as características sensoriais, provocando cor e sabor indesejáveis, diminuindo a aceitação dos alimentos e levando, eventualmente, a perdas econômicas consideráveis. (UDDIN *et al.*, 2002).

Os frutos tropicais são particularmente importantes devido ao teor de ácido ascórbico, sendo a concentração de ácido ascórbico em carambola semelhante a do limão, com média em torno de 45 mg / % (SILVA e DONADIO, 2009).

3.5. Análise Sensorial

Muitos pesquisadores acreditam que os atributos sensoriais são mais sensíveis às etapas de processamento do que os nutrientes. Sendo assim, técnicas que preservem os atributos sensoriais de qualidade resultam em boa retenção de nutrientes e devem ser consideradas (KLEIN, 1987; MUÑOZ, 1992).

O instrumento de medida utilizado pela Análise Sensorial é o homem e, segundo Meilgaard *et al.* (1999), nenhum instrumento ou combinação de instrumentos poderia substituir os sentidos humanos, os quais são capazes de registrar uma expressão integral da complexidade de um alimento.

Os testes sensoriais são importantes por serem capazes de identificar a presença ou ausência de diferenças perceptíveis, definir características sensoriais de um produto e detectar particularidades dificilmente mensuradas por outros procedimentos analíticos, e ainda avaliarem se um produto é aceito ou não pelo consumidor (MUÑOZ *et al.*, 1992).

Alguns dos mais importantes atributos sensoriais que devem ser considerados no desenvolvimento de um revestimento comestível para frutas e vegetais minimamente processados incluem (ZHAO e Mc'DANIEL; 2005):

- Aparência → A escolha seletiva do material do revestimento pode reduzir a perda de umidade, controlar a desidratação da superfície do alimento, bem como a descoloração e aumentar o brilho na superfície do alimento;
- Textura → Representada pela firmeza e crocância, a textura do produto pode ser melhorada através de revestimentos comestíveis que reduzem a perda de água e previne a desidratação;
- Sabor e outros atributos sensoriais → Revestimento comestível pode retardar produção de etileno, atrasando o processo de maturação, assim impedindo o desenvolvimento de “*off-flavor*” durante o armazenamento pós-colheita. Os ingredientes utilizados para formação de revestimentos comestíveis devem ser selecionados cuidadosamente para evitar sabores indesejáveis.

Segundo Bolzand (2008), o trabalho com diferentes revestimentos demonstrou que o controle das reações metabólicas de maturação do tomate não foram analisadas isoladamente como critério na escolha do filme a ser aplicado, os atributos sensoriais como melhor aparência, melhor coloração e melhor firmeza de polpa, foi decisivo para a escolha do biofilme fécula de mandioca, pois este conjunto de características garante uma boa aceitabilidade dos consumidores.

3.5.1. Comparação Múltipla

Para a NBR 13526 (1995) o teste de comparação múltipla, também conhecido como diferença de controle é discriminativo que avalia simultaneamente uma ou mais

amostras quanto a um atributo específico, determinando a diferença e o grau de diferenças em relação a um controle.

É o tipo de teste apropriado para ser usado em controle de qualidade e estudo de estocagem, examinar efeitos da substituição de um ingrediente ou material de embalagem, de mudança de processo, ou quando se apresentam mais de três amostras para serem testadas (MININ, 2006).

As amostras são avaliadas em relação ao controle, referência ou padrão, podendo ser estimado o tamanho da diferença. Os provadores recebem todas as amostras simultaneamente e o controle pode ou não ser incluído entre as amostras codificadas (MININ, 2006).

Alves *et al.* (2005), com objetivo de estudar a conservação das raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) MPs e armazenadas em diferentes embalagens à 5°C, observou que a amostra armazenada sobre o vácuo apresentou maior nota quando comparado ao tratamento controle do que a embalagem sem vácuo quanto a avaliação global (aparência visual e o sabor), após 24 dias de armazenamento.

3.5.2. Teste Afetivo: Aceitação

O objetivo do método afetivo é avaliar a aceitação e preferência dos consumidores em relação a um ou mais produtos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Em geral, os testes afetivos são aplicados frente a quatro objetivos principais: verificação do posicionamento do produto no mercado (em geral são avaliados projetos que envolvem redução de custos, substituição de ingredientes ou alteração de embalagem), otimização da formulação do produto (algumas características do produto são melhoradas por meio de alterações no processo de produção ou uso de ingredientes), desenvolvimento de novos produtos e avaliação do potencial do mercado (MININ, 2006). É importante ressaltar que o principal critério a ser aplicado é a necessidade do julgador fazer parte do grupo da população que consome a classe do produto de interesse, ou seja, da população alvo do produto. Assim, são os próprios consumidores do produto que devem ser consultados (MININ, 2006).

Utilizado para mensurar o quanto um consumidor gosta ou desgosta de um determinado produto. Esta avaliação é feita através de uma escala de aceitabilidade, onde os provadores registam o quanto gostaram, de forma global, do produto (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Pereira *et al.* (2003) analisando a aceitação de goiaba MP fresca e desidratadas osmoticamente, ambas armazenadas sob atmosfera modificada passiva identificou a preferência dos provadores pela amostra desidratada, atribuindo notas médias entre 7 e 9 até 24 dia de armazenamento à 5°C.

Santos *et al.* (2005) em seu trabalho com abacaxi “Pérola” MP armazenado sob atmosfera modificada passiva e ativa armazenado a 5°C, identificou a preferência pelo produto armazenado sob atmosfera passiva, recebendo notas médias para aparência, cor e sabor superiores aos demais tratamentos em todos os dias de análise, apresentando um tempo de vida útil sob atmosfera modifica passiva superior (8 dias) a daquele armazenado sob atmosfera modificada ativa (2 dias).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

- Carambolas (*Avehrroa carambola* L.) cv. Taiwan foram selecionadas segundo seu estágio de maturação, definido pela cor da casca, sendo selecionadas as com 30 a 40% da casca amarela, provenientes de um único fornecedor estabelecido no município de Petrolina - PE e obtido na Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (CEASA/RJ), sendo processadas 24 horas após a aquisição, estabelecendo assim o tempo 4 dias entre a colheita e o processamento do fruto.

- Alginato de Sódio marca Sigma[®], com umidade máxima de 16%, pH (solução a 1%, 20°C) de 4,0-7,0 e viscosidade (solução a 1%, 20°C) de 1000-1300 cP.

- Quitosana – cedidos pela empresa Polymar[®], granulimetria de 100 *mesh*, pó de coloração creme e odor característico, com leve semelhança ao de crustáceos; quando solubilizada em solução 1% de ácido acético, apresenta coloração variando do amarelo ao creme, pH 7,0 e grau de desacetilação de 98,2%;

- Glicerol – aquirido da empresa Vetec[®];
- Polietilenoglicol (PEG) 400 – marca Sigma[®].
- Lactato de cálcio – marca Sigma[®].
- Ácido acético PA. – marca Sigma[®].

4.2 - Métodos

4.2.1 - Preparação dos revestimentos comestíveis

A escolha das concentrações de todos os reagentes utilizados para a preparação dos revestimentos foi definida através de pré-testes onde foram avaliadas várias concentrações e formulações (ANEXO I). A escolha foi feita pela aparência, viscosidade e homogeneidade do filme formado, após completa secagem das soluções filmogênicas vertidas em placas de petri.

4.2.1.1 - Solução filmogênica de Alginato

– Alginato de sódio à 1%, lactato de cálcio à 0,3%*, Glicerol e PEG 400 à 10%**.

A suspensão foi preparada sob agitação constante, sendo adicionando 1g de alginato de sódio para cada 70ml de água destilada aquecida a 70°C. Após completa solubilização do polímero, ainda sob agitação, foram acrescentados os plastificantes

glicerol e PEG 4000 (1 g para cada grama de alginato de sódio) e a solução de lactato de cálcio pré solubilizada. Após completa solubilização de todos os ingredientes, o volume final foi completado com água destilada alcançando 1000 mL.

4.2.1.2. Solução filmogênica de Quitosana

– Quitosana a 1,5%, solução de ácido acético a 1%, Glicerol a 20% **e PEG 400 a 10%**.

A solução foi preparada sob agitação adicionando-se 1,5g de quitosana à cada 70ml de solução a 1% de ácido acético, preparado com água destilada e aquecida em placa térmica à temperatura de 50°C. Após completa diluição do polímero foram adicionados os plastificantes Glicerol e PEG 400 (0,2 e 0,1g para cada grama de quitosana, respectivamente). Após completa solubilização de todos os ingredientes, o volume final foi completado com água destilada alcançando 1000 mL.

*- o lactato de cálcio foi solubilizado antes de ser acrescentado ao revestimento, para evitar a formação de grumos e facilitar a troca iônica e formação de gel.

** - a porcentagem foi relacionada ao peso do polímero principal.

4.2.2. Processamento

O experimento foi conduzido na Planta Piloto de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria de Alimentos (CTAA), Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

A higiene do processo foi assegurada através dos procedimentos estabelecidos pelas Boas Práticas de Fabricação. Equipamentos, acessórios, utensílios, sala do processamento mínimo, embalagens e área de armazenamento foram lavados e sanitizados em solução a 200 ppm de cloro ativo. A área destinada ao processamento (área limpa) foi refrigerada e manteve temperatura de aproximadamente 18°C.

As carambolas foram selecionadas de acordo com o tamanho, cor e ausência de danos mecânicos ou podridão, lavadas com detergente neutro para remoção de sujeiras aderidas à casca e armazenadas em câmara a temperatura $5,5 \pm 1^\circ\text{C}$, por 18 horas, este pré-resfriamento é feito com o objetivo de tirar o calor da fruta e reduzindo seu metabolismo.

Os frutos passaram pela etapa de sanitização utilizando Sumaveg[®], produto sanitizante próprio para alimentos, em água potável com temperatura de 5°C, na concentração de 150ppm por 15 minutos. Em seguida iniciou-se, de forma manual, a etapa de corte, onde as carambolas foram fatiadas com espessura de $0,7 \text{ cm} \pm 0,1$, tomando o formato singular de estrela.

As fatias de carambola foram enxaguadas em solução de 5ppm de cloro ativo por 3 minutos a uma temperatura de 5°C, com o objetivo de eliminar o suco celular e drenado em peneira por aproximadamente 5 minutos. Depois foram aplicados os tratamentos:

- Tratamento 1 (T1): Controle – imersão em água destilada.

As fatias de carambola foram imersas em água destilada por 3 minutos, drenadas por 3 minutos e secas em túnel de vento;

- Tratamento 2 (T2): revestimento alginato (1%)

As fatias de carambola foram imersas na solução de alginato por 3 minutos, drenadas por 3 minutos e secas em túnel de vento.

- Tratamento 3 (T3): revestimento quitosana (1,5%)

As fatias de carambola foram imersas em solução de quitosana por 3 minutos, drenadas por 3 minutos e secas em túnel de vento.

As fatias de carambola foram acondicionadas em bandejas de polipropileno com tampa embutida, de cor translúcida e dimensões de 220x 150 x 54 mm. Foram dispostas em cada bandeja (unidade experimental) aproximadamente 7 fatias de carambola, resultando em uma massa média de 80g por bandeja.

Em seguida as bandejas foram armazenadas em estufa B.O.D. a temperatura de $9^{\circ}\text{C} \pm 1$, UR de 85% por no máximo 8 dias, tempo estabelecido para o fim do experimento, sendo avaliadas a cada 2 dias através de determinações físico-químicas, e após seis dias para análises microbiológicas e sensoriais.

A temperatura de armazenamento de 9°C utilizada buscou reproduzir a faixa de temperatura em que estes tipos de produtos ficam expostos nas gôndolas dos estabelecimentos de venda, apesar de estudos demonstrarem que a carambola tem sua vida útil ampliada quando estocada a 2°C .

O processamento mínimo das carambolas foi esquematizado segundo fluxograma do processamento (Figura 4) e ilustrações (Figuras 5 e 6).

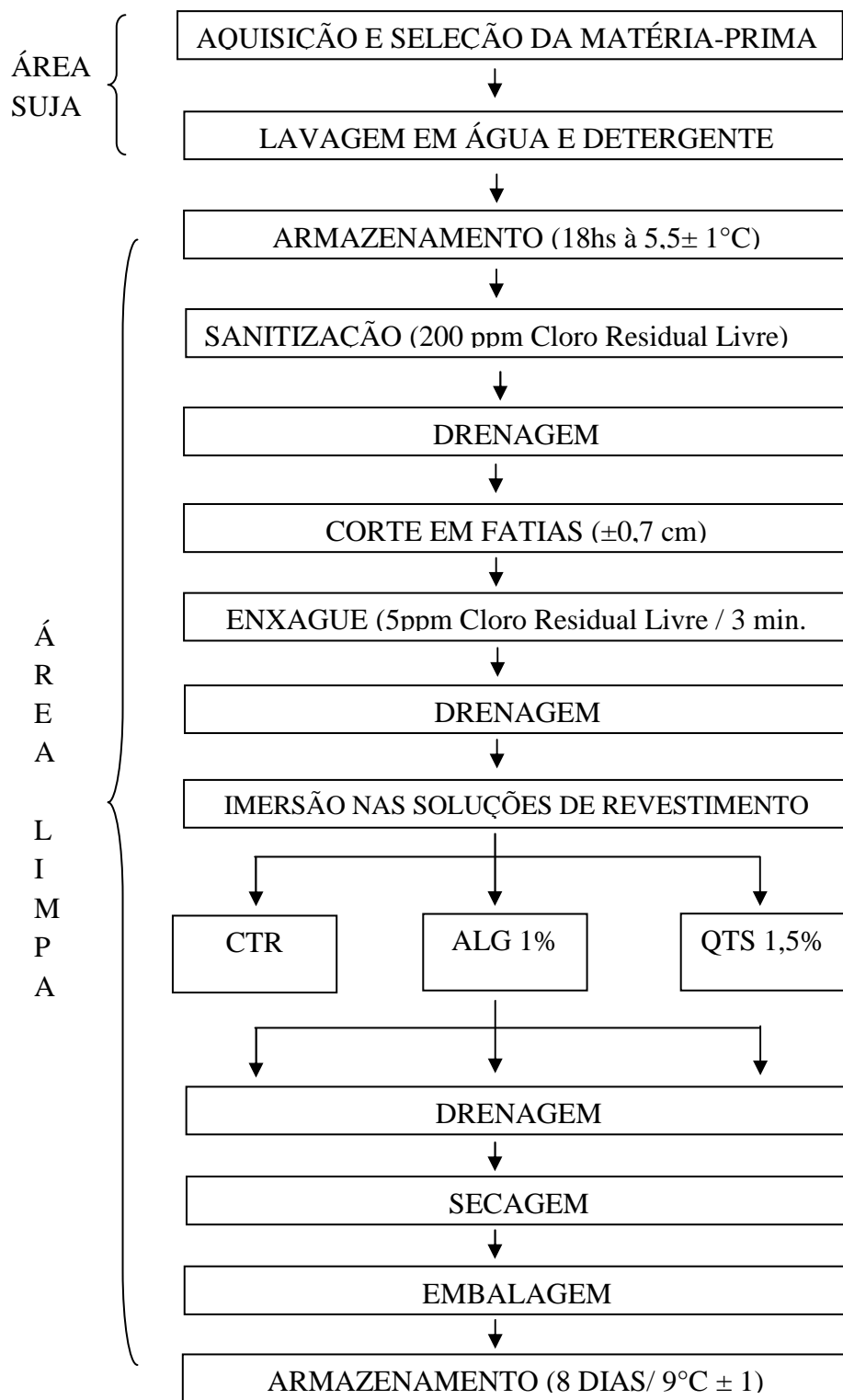


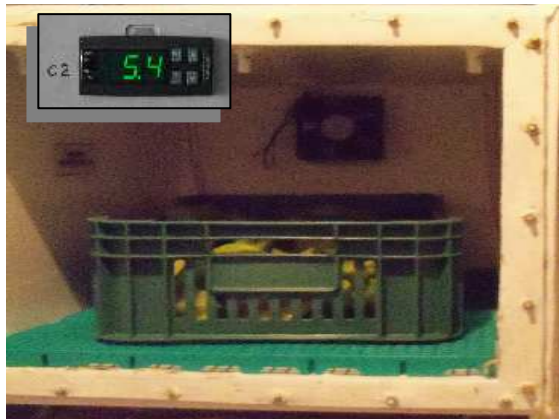
Figura 4. Fluxograma de carambola minimamente processada submetido a tratamento com revestimento comestível. Legenda: CTR = controle; ALG = alginato e QTS = quitosana.



1. Matéria-Prima



2. Lavagem com água e detergente



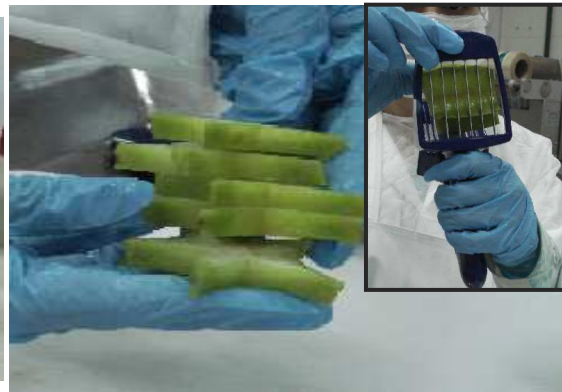
3. Armazenamento por 18h à $5.5 \pm 1^\circ\text{C}$



4. Sanitização (200 ppm de cloro residual livre)



5. Retirada extremidades e cortada ao meio



6. Corte em fatias de $\pm 0,7$ cm



7. Enxágüe (5 ppm cloro residual livre)



8. Drenagem

Figura 5. Etapas iniciais do processamento mínimo da carambola



9. Imersão em água destilada (CRT)



10. Imersão em Alginato de Sódio (ALG)



11. Imersão em Quitosana (QTS)



12. Drenagem



13. Secagem



14. Embalagem



15. Armazenamento a 9°C

Figura 6. Aplicação de revestimentos, embalagem e armazenamento da carambola MP

4.4. Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de microbiologia da Embrapa/ CTAA para atender o que preconiza a resolução RDC n° 12 de 02 de janeiro de 2001. Foram realizadas análises de *Salmonella* sp. e coliformes termotolerantes (a 45°C), e para estabelecer padrões de qualidade em amostras de carambola MP foram realizadas análises de bactérias psicotróficas, bolores e leveduras.

Todas as análises foram realizadas de acordo com metodologia descrita por Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods da Health Canadá (CANADÁ, 2001).

4.5. Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas: concentração de CO₂ e O₂, perda de massa, umidade, cor, firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, pH, *Ratio* e % de ácido ascórbico foram realizadas no laboratório de fisiologia pós-colheita da Embrapa/CTAA.

4.5.1. Concentração de CO₂

Logo após processamento, amostras foram pesadas e colocadas em recipiente de vidro de volume conhecido, sendo totalmente lacrado. Paralelamente, frutas inteiras também foram acondicionadas sob as mesmas condições. Todas as amostras foram armazenadas em temperatura de 21°C ± 1 durante toda a análise. As leituras foram feitas imediatamente após a vedação, e nos tempos de 04, 44, 48, 72 e 120 horas após processamento. A concentração de CO₂ foi quantificada em analisador de gases portátil PBI Dansensor, modelo CheckPoint O₂/CO₂. Os resultados foram expressos em porcentagem de CO₂.

4.5.2. Perda de Massa Fresca

A variação de perda de massa das carambolas minimamente processada foi determinada a cada dois dias, através da pesagem de uma mesma embalagem de cada tratamento em balança semi-analítica Mettler®, modelo AJ150, durante 8 dias de estocagem. Os resultados foram expressos em porcentagem, considerando-se a diferença entre o peso inicial das fatias e aqueles obtidos a cada intervalo de mensuração, descontando o peso padrão das embalagens sob prévia tara da balança (NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

4.5.3. Umidade

Para a determinação de umidade as amostras foram homogeneizadas após o processamento e depois de 2, 4, 6 e 8 dias de armazenamento. A análise foi realizada pelo método direto de estufa segundo metodologia descrita pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005). O teor de umidade foi calculado pela diferença de peso das amostras no início (dia do processamento) e a cada dois dias de armazenamento e os resultados expressos em percentuais. A análise teve por finalidade justificar possível absorção ou perda de água por fechamento inadequado da embalagem utilizada.

4.5.4. Cor

A cor instrumental foi avaliada utilizando-se o Color Reader CR-10 Minolta[®]. A medição foi realizada nas amostras após total homogeneização com auxílio de um liquidificador. Os resultados foram expressos em a* (cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+)), b* (cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+)) e L (luminosidade de preto (0) para branco (100)), a partir dos quais foi calculado o croma (Equação 1) e o Índice de Escurecimento (IE) de acordo com Palou *et al.* (1999), segundo a Equação 2:

$$C = \sqrt{(a^*)^2} + \sqrt{(b^*)^2} \quad (\text{Equação 1})$$

$$IE = [100 (X - 0,31)]/0,172$$

em que: (Equação 2)

$$X = (a^* + 1,75L)/(5,645L + a^* - 3,02b^*).$$

4.5.5. Firmeza

Foi realizada com ajuda do texturômetro TA-Hdi (Stable Micro Systems - Surrey, UK), sendo utilizado uma probe de 5mm (Diameter Cylinder Stainless) para a medida da resistência à força de compressão. A velocidade do teste foi de 1,00 mm/s e a velocidade do pós-teste de 10,00 mm/s. A distância de penetração foi de 5 mm, o que representou 50% da espessura da amostras. Para maior representatividade da unidade experimental, para cada tratamento, foram utilizadas 9 fatias de carambola, sendo feito uma leitura em cada fatia, na região carpelar. Os resultados foram expressos em Newton (N).

4.5.6. Sólidos Solúveis

Os sólidos solúveis foram determinados por leitura direta utilizando-se o refratômetro manual digital Atago PR-101, dotado de sistema de ajuste de temperatura, sendo utilizado o método International Standard ISO 750 (1998). As amostras foram homogeneizadas em *blender*, não sendo necessária a diluição da polpa em água. Os resultados expressos em °Brix.

4.5.7. Acidez Titulável

A acidez titulável foi obtida utilizando-se Titulador Automático Metrohm 794 Basic Titrino, pelo método ISO 750 (1998), onde 10g de polpa homogeneizada é dispersa em 50 mL de água destilada, foi titulada com solução de NaOH 0,1N (fc =0,9984), sendo os valores expressos em % de ácido oxálico.

4.5.8. pH

O pH foi obtido pesando-se 10g de polpa homogeneizada em 50mL de água destilada e sob agitação magnética. A leitura foi feita utilizando-se Titulador Automático Metrohm 794 Basic Titrino, pelo método ISO 1842 (ISO 1991).

4.5.9. Ratio

O ratio foi calculado através da formula: *Ratio* = sólidos solúveis/ acidez titulável (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

4.5.10. Ácido Ascórbico

A análise de ácido ascórbico foi realizada pela metodologia de Tillmans, onde 10 g de polpa homogeneizada foram pesadas em balança analítica e tituladas com solução de Tillmans até obter uma coloração ligeiramente rosada e estável por 15 segundos (STROHECKER e HENNING, 1967).

4.6. Análise Sensorial

Os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas da Embrapa/ CTAA em cabines individuais, utilizando-se luz branca, amostras codificadas com número de três dígitos, acompanhada de água mineral para limpeza do palato. Os testes foram realizados no horário da manhã, de 9 as 12horas, e a tarde, das 14 as 16:30 horas. Para realização foi utilizado o programa Fizz Sensory Analysis and

Consumer Test Management Software, versão 2.10, revisada em Março de 2005, empresa Biosystemes®.

Para realização desse teste o projeto foi submetido e autorizado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Foram realizados dois testes distintos detalhados a seguir:

4.6.1. Teste de Comparação Múltipla

Primeiramente, foi realizada a etapa de levantamento de atributos, na qual se apresentou aos oito provadores amostras de carambolas MPs (controle e revestidas com alginato a 1% e quitosana a 1,5%) com zero e seis dias de armazenamento a $9^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR. Os provadores identificaram entre as características de aparência, aroma, textura e sabor, as que mais se destacavam. Para discussão e identificação dessas características cada provador recebeu uma ficha (ANEXO II) destinada às anotações. Após o preenchimento da ficha, houve consenso entre os provadores para se definir quais atributos seriam avaliados. Este levantamento de atributo foi realizado uma semana antes do teste.

Para a realização do teste, cada provador recebia amostra referência ou controle (R). As amostras controle e amostras teste (alginato e quitosana), devidamente codificadas, foram oferecidas uma por vez de forma randomizada. Aos provadores solicitou-se que assinalassem em cada amostra se era igual ou diferente da referência e o grau da diferença de acordo com uma escala de categoria que variou de 1 – extremamente menos que R a 9 – extremamente mais que R (5 – igual a R) (ANEXO III). Sendo essa avaliação feita em duas seções, ou seja, duplicata.

Os atributos avaliados para a aparência foram: cor amarela da casca; cor verde da casca; cor parda da polpa; presença de manchas na polpa; aspecto úmido; aspecto murcho; bordas queimadas; Para o aroma: característico de carambola e ácido; Para a textura: firmeza, crocância, suculência; Para o sabor: característico da carambola, gosto doce, gosto ácido, de fruta verde, adstringência.

Estes atributos foram apresentados em uma tela de computador utilizando o programa Fizz (ANEXO III), presente em cada uma das cabines.

O teste foi realizado em dois dias, uma para a apreciação da carambola no dia em que foi processada e após seis dias de armazenamento, permitindo conclusões sobre as diferenças apresentadas entre o tratamento e o controle ao longo do armazenamento.

4.6.2. Teste de Aceitação

O teste de aceitação foi realizado utilizando somente as amostras: referência ou controle (R) e alginato (A). O tratamento quitosana não foi contemplado, pois os resultados obtidos no teste anterior (teste de comparação múltipla) ter sido muito aquém do esperado e apresentarem grande desproporcionalidade com as demais amostras.

Para o teste de aceitação, no 1º dia de armazenamento, amostras de carambolas foram testadas: controle e com revestimentos de alginato. Avaliaram as carambolas minimamente processadas, 80 provadores não treinados, incluindo homens e mulheres na faixa etária de 18 a 50 anos, consumidores de carambola, com disponibilidade e interesse em participar dos testes.

As amostras foram apresentadas, uma de cada vez, em pires brancos codificados. As amostras foram servidas a temperatura ambiente, juntamente com um copo de água, para limpeza do palato entre uma amostra e outra. O modelo representativo da ficha de avaliação sensorial das amostras se encontra no Anexo IV.

Os provadores avaliaram as amostras quanto a aceitação global, utilizando a escala hedônica de nove pontos, híbrida não estruturada, variando do 1 – desgostei muitíssimo ao 9- gostei muitíssimo, e 5 – nem gostei nem desgostei.

4.7. Métodos Estatísticos

4.7.1. Análises Físico-Químicas

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 3 repetições e distribuição fatorial (5x3): cinco períodos de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 dias) e três tratamentos (controle, alginato a 1% e quitosana a 1,5%).

Os resultados das várias características avaliadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e posteriormente foram feitos testes de comparação múltipla de Tukey com 5% de significância para o fator tratamento. Para o fator período foram feitas análise de regressão polinomial, aceitando as equações que apresentaram pelo menos 5% de significância pelo teste de F. Para as análises, foi utilizado o programa SISVAR[®], modelo 5.1.

4.7.2. Análise Sensorial

A interpretação dos resultados da análise sensorial foi realizada por meio da análise de variância (ANOVA), e posteriormente pelo teste de Dunnett com 5% de significância, pois o interesse era comparar amostra-teste (alginato a 1% e quitosana a 1,5%) com a amostra-controle. As amostras foram apresentadas em delineamento experimental de blocos completos casualizados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise Microbiológica

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises microbiológicas de carambolas cv. Tawan minimamente processadas.

Tabela 1. Análises microbiológicas de carambolas minimamente processadas no dia 0 e 6 de armazenamento, submetida a diferentes tratamentos e armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\%$ de UR.

| Análises | Tempo (dias) | Legislação ¹ | Controle | Alginato | Quitosana |
|--|--------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Coliformes a 45° C (UFC/g) | 0 | $<5,0 \times 10^2$ | $< 3,3$ | $< 3,3$ | $< 3,3$ |
| | 6 | | $< 3,3$ | $< 3,33$ | $< 3,3$ |
| Contagem de Fungos Filamentosos e Leveduras (UFC/g) | 0 | ----- | $< 1,0 \times 10^1$ | $< 1,0 \times 10^1$ | $< 1,0 \times 10^1$ |
| | 6 | | $3,0 \times 10^2$ | 54×10^2 | $< 1,0 \times 10^1$ |
| Contagem Padrão em Placas de Aeróbios Psicrotróficos (UFC/g) | 0 | ----- | $< 1,0 \times 10^1$ | $< 1,0 \times 10^1$ | $< 1,0 \times 10^1$ |
| | 6 | | 26×10^2 | $6,0 \times 10^2$ | $< 1,0 \times 10^1$ |
| <i>Salmonella</i> sp. (ausência em 25g) | 0 | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência |
| | 6 | | Ausência | Ausência | Ausência |

¹Resolução RDC 12 de 02/01/2001 – ANVISA

Em nenhuma das amostras analisadas foi detectada a presença de *Salmonella* sp. e os valores para coliformes a 45°C foram inferiores a 3,3 UFC/g, indicando que as boas práticas de sanitização e higiene durante o processamento do produto foram efetivas. Assim, pode-se afirmar que até o sexto dia de armazenamento todas as amostras se encontravam dentro dos limites preconizados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2001), que determina ausência de *Salmonella* sp. em 25g da amostra e no máximo 5×10^2 UFC de coliformes a 45°C por grama de fruta fresca.

Para a contagem padrão de aeróbios psicrotróficos após o processamento, para todos os tratamentos observou-se valores abaixo de 10 UFC/g de fruta fresca, limite inferior de sensibilidade do teste aplicado. Após seis dias de armazenamento, valores na ordem de 26×10^2 e 6×10^2 foram detectados no grupo controle e alginato respectivamente, já as amostras tratadas com quitosana permaneceram com valores

abaixo de 10 UFC/g de fruta fresca, estabelecendo vantagens deste revestimento quando comparado ao controle e alginato.

Quanto a bolores e leveduras, os tratamentos controle e alginato, registraram contagem de $3,0 \times 10^2$ e 54×10^2 UFC/g, respectivamente, no sexto dia de armazenamento. Quanto ao grupo quitosana não se observou qualquer crescimento até o sexto dia de armazenamento, permanecendo com contagem abaixo de 10 UFC/g, sugerindo que o revestimento de quitosana a 1,5% sob temperatura de refrigeração de 9°C, pode ter servido de barreira contra estes microrganismos, apresentando nesta concentração estudada ação antifúngica.

Gonzalez-Aguilar *et al.* (2005) relataram que a aplicação de revestimento comestível utilizando concentrações de 1% e 2% de quitosana retardou o crescimento de bactérias mesófilas e fungos quando aplicado em mamões minimamente processados armazenados a 5°C por 15 dias. Da mesma forma, Chien *et al.* (2007) encontraram efeito antimicrobiano em revestimentos formulados com quitosana em concentrações de 0,5%, 1% e 2% quando aplicados em mangas minimamente processadas e armazenadas a 6°C por 8 dias.

Embora não exista na legislação brasileira vigente norma específica minimamente processados, em termos de padrões microbiológicos, tem sido preconizado que alimentos contendo contagens microbianas acima de 10^5 UFC/g podem ser impróprios para o consumo humano por causa da perda do valor nutricional, alterações sensoriais e riscos de contaminação (Vitti *et al.*, 2004). Como no 6° dia de análise, a contagem de bolores e leveduras ficou abaixo desses limites, a análise sensorial pôde ser realizada.

Fontes *et al.* (2007) avaliando as características microbiológicas de maçãs MPs, tratadas com solução conservadora e películas comestíveis (dextrina, amido de mandioca e alginato de sódio) armazenadas sob refrigeração por 13 dias, encontrou ausência para *Salmonella*, coliformes totais e fecais, assegurando a inocuidade sanitária do produto durante o período do estudo. No entanto não foi feita comparações sobre os resultados das maçãs com os tratamentos e o grupo controle, ficando uma lacuna sobre uma possível ação das películas sob a manutenção da qualidade microbiológica em maçãs MP.

5.2. Análises Físico-Químicas

5.2.1. Concentração de CO₂

Foi avaliada a concentração de CO₂ dentro do recipiente totalmente lacrado a temperatura ambiente de 21±2°C (Tabela 2 e Figura 7), sendo verificada diferença significativa entre os tratamentos bem como a interação entre tratamento e tempo de armazenamento.

Tabela 2. Médias das concentrações de CO₂ % no interior de recipientes totalmente vedados contendo carambola minimamente processada submetida a tratamentos diferentes e fruta íntegra armazenadas a 21±2°C a 85% UR por 120 horas.

| Tratamento | Armazenamento (horas) | | | | | |
|-------------------|-----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 4 | 44 | 48 | 72 | 120 |
| Controle | 0.2Aa | 2.7Ba | 10.0Ca | 10.3Ca | 12.3Da | 15.7Ea |
| Alginato a 1% | 0.3Aa | 2.4Ba | 10.3Ca | 10.4Ca | 13.0Da | 15.5Ea |
| Quitossana a 1.5% | 0.4Aa | 2.4Ba | 6.1Cb | 6.2Cb | 6.9Cb | 7.2Cb |
| Inteira | 0.2Aa | 1.4Bb | 3.4Cc | 3.5Cc | 3.8Cc | 3.9Cc |

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Pela análise da Tabela 2 conclui-se que as injúrias mecânicas a que as carambolas são sujeitas durante a preparação contribuem muito para o aumento da taxa de liberação de CO₂. Esta taxa é fortemente aumentada pelo aumento da superfície do produto devido ao corte sofrido. A carambola em fatias apresenta uma taxa de produção de CO₂ muito superior à carambola inteira. O aumento verificado foi de cerca de 2 vezes maior 4 horas após o processamento, chegando a apresentar um aumento de 5 vezes após 5 dias de armazenamento a 21°C, mais facilmente visualizado na Figura 7. Este fato não pode ser ignorado na conservação de produtos hortifrutícolas minimamente processados, pois quanto maior for à extensão do tratamento mecânico mais cuidados são necessários para manutenção da vida útil do produto.

Spagnol *et al.* (2006) também observaram aumento na taxa de respiração das cenouras MP em relação ao produto inteiro. Em seu estudo também foi correlacionado o aumento da taxa respiratória com as temperaturas de armazenamento de 0 e 10°C. Não só os danos físicos causados pelo processamento mínimo neste vegetal, mas o aumento de temperatura de armazenamento pode ser atribuído como responsável pelo aumento de até 5 vezes na taxa respiratória.

A intensidade respiratória neste trabalho também acompanhou o mesmo aumento, podendo propor que ao realizarmos esta análise à temperatura de 21°C esta taxa foi intensificada e ao refrigerarmos a carambola a temperatura de 9°C estas taxas também sejam reduzidas, conseqüentemente, ganhando um acréscimo na sua capacidade de conservação, superior aos 5 dias atingidos a temperatura de 21°C.

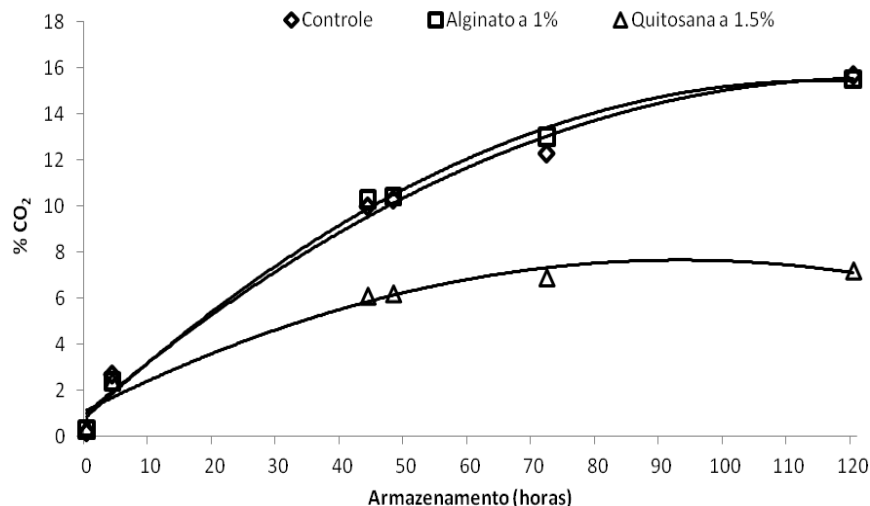


Figura 7. Concentração de CO₂ em recipiente vedado contendo carambolas minimamente processadas submetida a tratamentos de revestimento comestível alginato a 1% e quitosana a 1,5% durante armazenamento a 21±2°C a 85±2% UR por 120 horas.

A leitura realizada 2 dias após o fechamento do recipiente (44 horas), mostrou significativas diferenças entre a intensidade respiratória menor nas carambolas MP revestida com quitosana que nas MP tratadas com alginato e o grupo controle, assim se pode concluir, que ao longo do armazenamento, o fruto com tratamento de quitosana teve menor intensidade respiratória. Sendo que uma das características requeridas das películas comestíveis é que permitam transferência moderada de gases para reduzir (mas não inibir) a respiração e evitar processos fermentativos resultantes de anaerobiose.

Apesar dos revestimentos a base de polissacarídeos, como a quitosana e o alginato, apresentarem barreira aos gases, neste trabalho, o revestimento de alginato não apresentou diferença estatística quando comparada ao grupo controle, com pouca ou nenhuma efetividade quanto à barreira a gases. Possivelmente a concentração de 1% do polissacarídeo utilizado na formulação testada não foi suficiente para garantir este efeito.

A análise de regressão (Figura 8) mostra a concentração de O₂ formada após fechamento do recipiente contendo carambolas minimamente processadas durante armazenamento a 21±2°C a 85% UR por 120 horas.

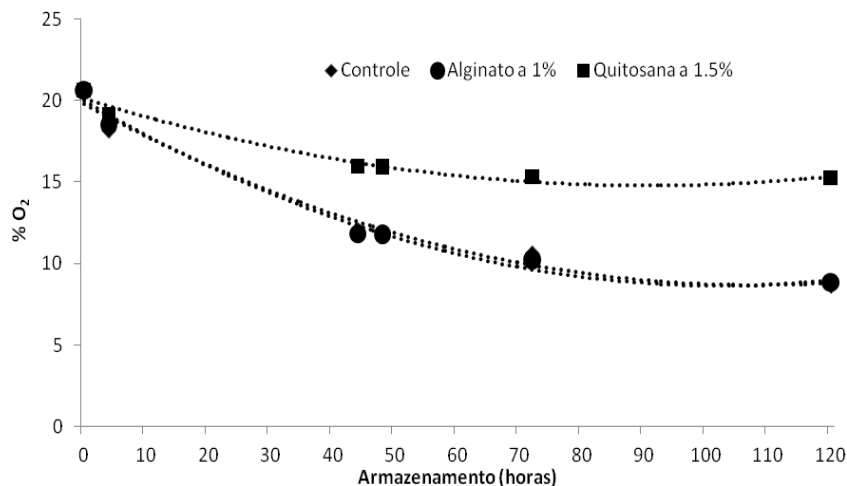


Figura 8. Concentração de O₂ em recipiente vedado contendo carambolas minimamente processadas submetida a tratamentos de revestimento comestível alginato a 1% e quitosana a 1,5% durante armazenamento a 21±2°C a 85±2% UR por 120 horas.

A maior intensidade respiratória dos pedaços com revestimento alginato e controle armazenados a 21°C alterou a atmosfera interna do recipiente de maneira prejudicial à conservação dos mesmos (Figura 7 e 8). Estes tratamentos apresentaram rápido decréscimo da concentração de oxigênio, de 20,6% para 8,65%, e pronunciado aumento na concentração de dióxido de carbono, de 0,3% para 15,5%, em cinco dias de armazenamento. Estas alterações possivelmente pelas altas concentrações de CO₂ acarretaram uma respiração anaeróbica e provocou o descarte dos produtos no quinto dia, apesar da aparência ainda adequada. Palácios *et al.* (2001) também observaram que frutos de carambola apresentavam danos quando a concentração de CO₂ no ambiente de armazenamento era de 10%.

Mesmos resultados foram encontrados em estudos realizados por Durigan *et al.* (2002) com carambola MP armazenadas sob diferentes temperaturas, que identificou maior intensidade respiratória nos pedaços armazenados a 10°C modificando a atmosfera interna das embalagens de maneira prejudicial à sua conservação, promovendo uma respiração anaeróbica e ao descarte dos frutos no oitavo dia de armazenamento.

5.2.2. Perda de Massa Fresca

A interação tempo de armazenamento e tratamentos apresentou efeito significativo sobre a perda de massa (Tabela ANEXO V). Em geral os tratamentos apresentaram perda de massa crescente no decorrer do tempo de armazenamento (Figura 9). As duas formulações foram eficientes para reduzir a perda de água durante o armazenamento, sendo a formulação de alginato a 1% com maior eficiência, exercendo uma barreira contra o vapor d'água.

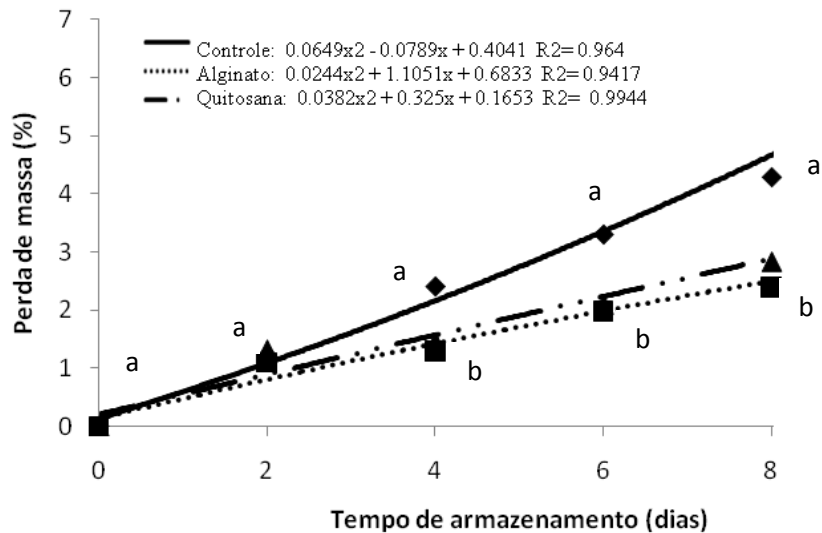


Figura 9. A análise de regressão para o comportamento de perda de massa de carambolas MP tratadas alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Conforme Moreira (2004), a maioria das frutas e hortaliças é composta por 80 a 95% de água. A umidade relativa nos espaços intercelulares é muito próxima a 100%, e freqüentemente o ambiente tem umidade relativa inferior a esse valor, fazendo com que o vapor d'água se difunda desses espaços para o ambiente através do processo de transpiração. A presença de alta umidade relativa na superfície da carambola, proporcionada pela aplicação dos filmes de característica hidrofóbica, pode ter contribuído na redução da perda de água nas fatias de carambola.

Frutas e verduras diferem na quantidade de água que podem perder sem que haja uma depreciação observável da sua qualidade (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Segundo Almeida (2010), morangos exibem sinais evidentes de murchidão se perderem mais de 6% de seu peso fresco, enquanto que fatos apontam que a comercialização de nectarina só fica comprometida quando esta perda atinge 21% do seu peso fresco. Nas fatias de carambola esta perda na qualidade foram notadas a partir do sétimo dia de armazenamento para o tratamento controle quando as perdas de massa fresca foram de 4%, o dobro do observado nas fatias que receberam tratamento com revestimentos de alginato e quitosana com perda de 2 e 2,3% respectivamente no mesmo período de armazenamento. Assim, as fatias de carambolas que receberam aplicação de revestimento comestível não apresentaram perda da qualidade por murchamento até o décimo dia de armazenamento a 9°C .

Segundo Bicalho (1998), quando o tratamento se mostra eficiente, o processo de perda de massa do fruto é atenuado e não prejudica a qualidade do mesmo, prolongando sua vida útil.

Ali *et al.* (2004) fazendo estudo com carambolas armazenadas em temperatura de 28, 10 e 5°C , observaram a perda de até 12% a 28°C , de 3,5% a temperatura de 10°C e 1% a temperatura de 5°C após 10 dias de armazenamento. Se compararmos os resultados de perda de massa em carambola a 10°C (3,5%) com as perdas de 7% encontradas nas carambolas MP do grupo controle a temperatura de 9°C , pode-se notar

que a razão superfície/volume, aumentada após o corte nos PMP, é um dos fatores principais que determina o aumento na taxa de perda de massa no produto.

Resultados positivos com revestimento de quitosana a 1% aplicada em fatias de maçã também foram observados no estudo de Qi *et al.* (2010), com redução de 15% de perda de massa quando comparando com o tratamento controle armazenadas a 5°C por 8 dias. Valores mais expressivos foram encontrados neste trabalho, atingindo redução de 50% na perda de massa ao sétimo dia de armazenamento em fatias de carambola, possivelmente a maior concentração de quitosana utilizada neste trabalho (1,5%), bem como a utilização de plastificantes pode ter resultado em um filme mais coeso e viscoso, dificultando a perda de água do produto.

5.2.3. Umidade

A umidade de carambolas minimamente processada ao longo do armazenamento (Figura 10, Tabela ANEXO VI) apresentou diferença estatística para os tratamentos e para os dias de armazenamento.

O grande conteúdo de umidade na polpa das carambolas, também foi observado por Wilson (1990) e Teixeira *et al.*, (2001), que relataram valores entre 87,81% a 91,13% em seis diferentes cultivares da fruta. Valores semelhantes também foram encontrados nesta pesquisa, sendo a média no dia zero de 90,6% (Figura 10).

Uma das principais características das frutas MP é seu alto teor de umidade, que as torna mais semelhantes aos produtos frescos. Dessa forma, é importante evitar a perda de umidade desses produtos.

Houve uma redução na umidade das carambolas MPs ao longo do armazenamento em todos os tratamentos, sendo o controle o de maior porcentagem de perda de umidade com 7,47% seguida do tratamento com quitosana e alginato, com 2,84% e 1,2%, respectivamente.

Resultados positivos com a aplicação de revestimento de alginato também foi relatado por Hershko e Nussinovitch (1998) quando aplicaram em bulbo de alho, reduzindo a perda de umidade no produto ao final de 14 dias de armazenamento a 20°C. Assim como em fatias de carambola, o alginato também se mostrou eficiente quanto a perda de umidade em alho.

Em frutas minimamente processadas, a perda de umidade reduz a qualidade sensorial, causando murchamento, enrugamento e perda de turgidez (Lima *et al.*, 2000).

Embora as perdas quantitativas de umidade tenham sido significativas, 4% no tratamento controle, e de 1% e 0,9% para os tratamentos quitosana e alginato respectivamente, estes não foram percebidos pelos provadores quando questionados sobre a característica de murchamento e aspecto úmido na superfície do produto no sexto dia de armazenamento.

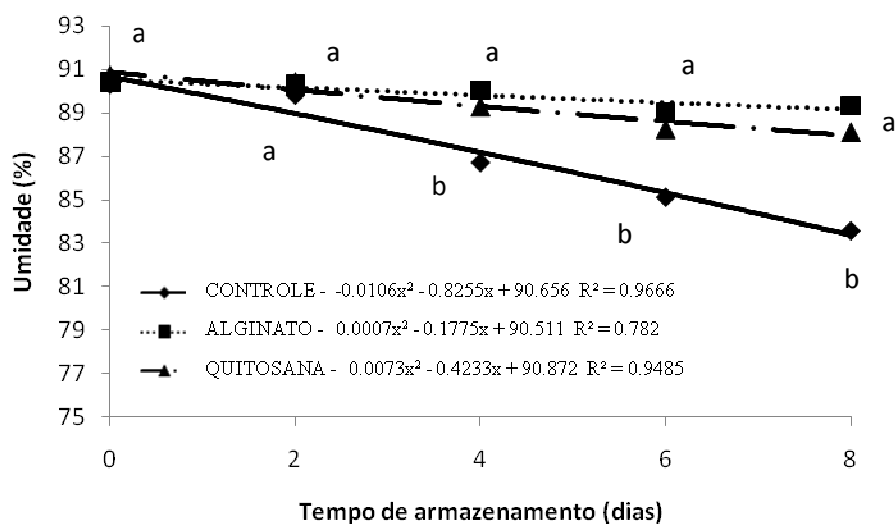


Figura 10. A análise de regressão para umidade de carambolas MP's tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias.

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

5.2.4. Cor

5.2.4.1. Luminosidade

Para a variável luminosidade, que diferencia cores claras de escuras, os resultados são apresentados na Figura 11 (Tabela ANEXO VII). Houve diferença significativa para os tratamentos no dia 4 e aumento significativo ao longo do armazenamento.

Tanto o alginato quanto a quitosana apresentaram as maiores médias (coloração mais clara) de luminosidade em todos os períodos de armazenamento. Como as amostras foram homogeneizadas à realização da cor instrumental, a presença de brilho na superfície das fatias de carambola não deve ser considerada.

Como as médias de L^* apresentaram crescimento ao longo do armazenamento para todos os tratamentos, pode ser indicado que uma tendência para uma polpa mais translúcida.

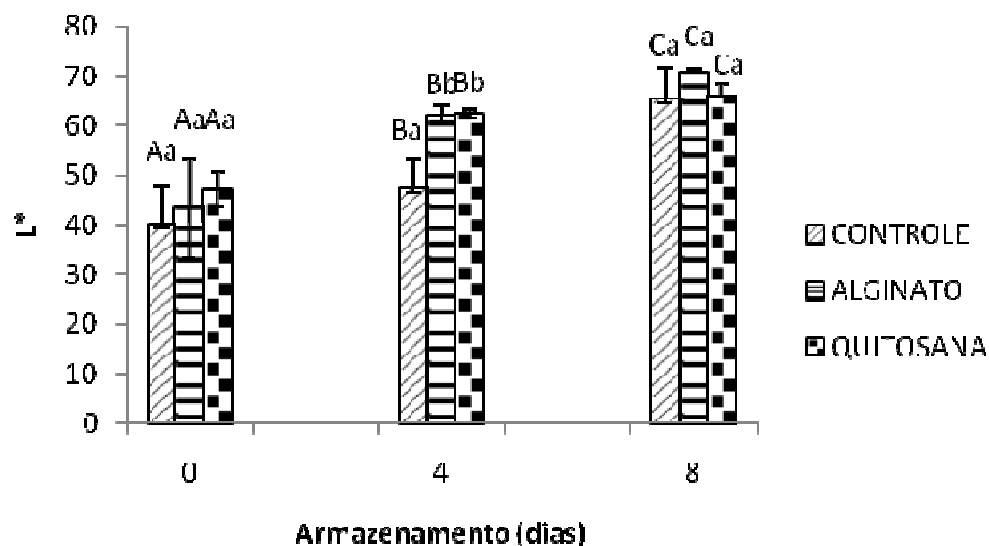


Figura 11. Histograma com as médias de luminosidade para carambolas minimamente processadas e tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias.

*Médias seguidas de mesma letra minúscula indicam que não houve diferença entre os tratamentos nos respectivos dias de armazenamento; e médias seguidas de diferentes letras maiúsculas indica que houve diferença significativa entre os dias de armazenamento pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Avaliando a luminosidade em melões (*Cucumis melo* L.) MP e diferentes tipos de embalagens, Arruda *et al.* (2004) correlacionou a melhor aparência do produtos na embalagem que apresentou o maior valor de L^* durante o armazenamento, justificando este aumento na manutenção da cor translúcida característica do produto e melhor aceitabilidade destes pelos provadores.

5.2.4.2. Cromaticidade

Os valores de cromaticidade variaram de 20,05 a 42,12 (Figura 12, Tabela ANEXO VIII). Houve diferença significativa para os tratamentos e para a interação entre tratamentos e dias de armazenamento.

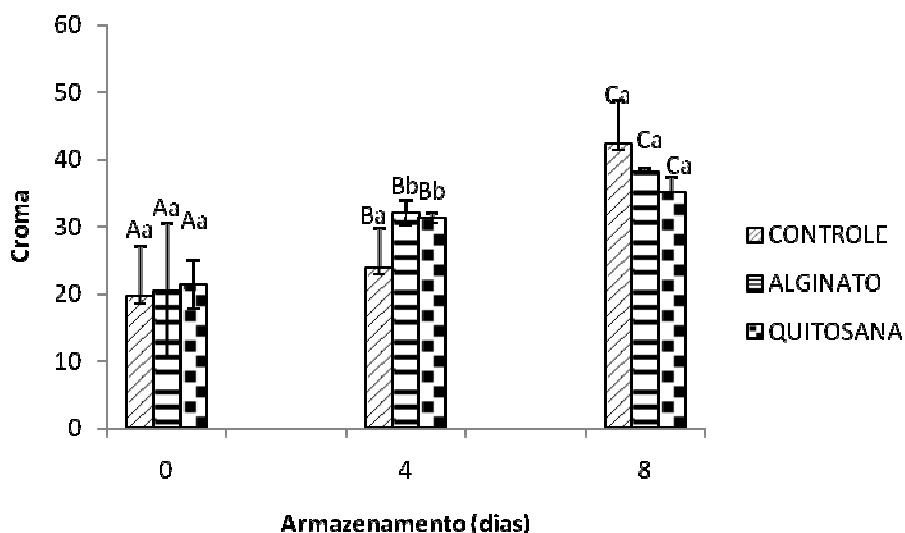


Figura 12. Histograma com as médias de cromaticidade para carambolas minimamente processadas e tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias.

*Médias seguidas de mesma letra minúscula indicam que não houve diferença entre os tratamentos nos respectivos dias de armazenamento; e médias seguidas de diferentes letras maiúsculas indica que houve diferença significativa entre os dias de armazenamento pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

No dia do processamento, as médias de cromaticidade apresentaram-se menor (coloração amarela menos intensa) que ao longo dos dias de armazenamento. Assim, como nos resultados de cor instrumental, os provadores não observaram diferença significativa entre a cor da casca, e cor parda da polpa quando foi comparado o tratamento controle com alginato e quitosana. Este fato é relevante, uma vez que a coloração parda do revestimento de quitosana e esbranquiçada do alginato não sobressaíram quando aplicados sobre as fatias de carambola.

O aumento da cromaticidade no 4º e 8º dias de armazenamento demonstraram a maior saturação de cores, possivelmente a cor amarela, aumentada no decorrer do amadurecimento das carambolas. Porém, este aumento não foi perceptível nas análises sensoriais realizadas.

5.2.4.3. Índice de Escurecimento

Os valores no índice de escurecimento apresentaram diferença estatística entre os tratamentos e entre os dias de armazenamento (Figura 13, Tabela ANEXO IX).

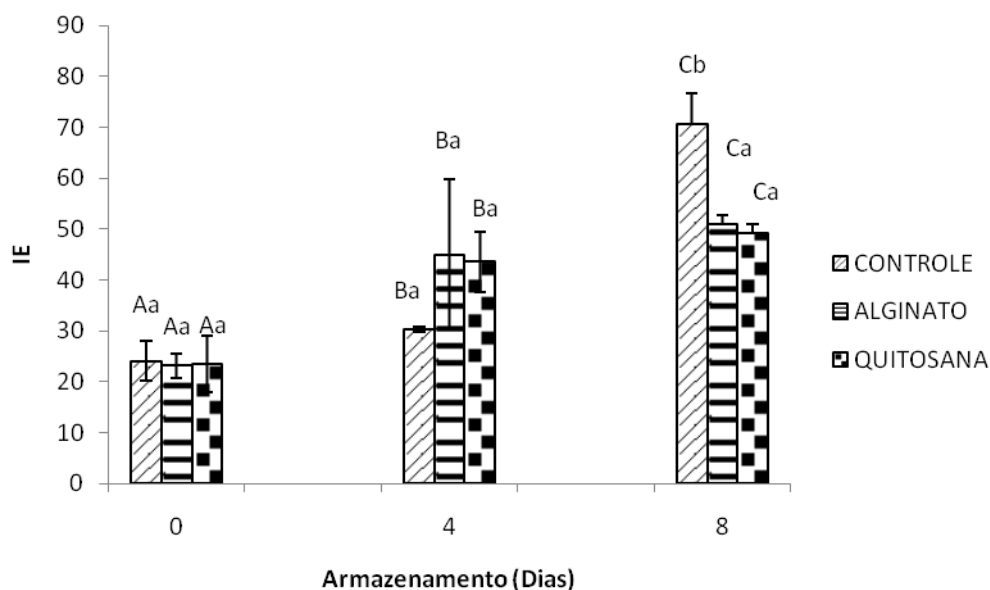


Figura 13. Histograma do índice de escurecimento para carambolas minimamente processadas e tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias.

*Médias seguidas de mesma letra minúscula indicam que não houve diferença entre os tratamentos nos respectivos dias de armazenamento; e médias seguidas de diferentes letras maiúsculas indica que houve diferença significativa entre os dias de armazenamento pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Em todos os tratamentos avaliados pode-se observar aumento no índice de escurecimento em função do tempo de armazenamento. O tratamento controle foi o que apresentou maior acréscimo; em contrapartida, a aplicação dos filmes de alginato e quitosana mostrou-se igualmente eficazes quanto à retenção do escurecimento na fruta. Segundo Donadio *et al.* (2001) o rápido escurecimento observado principalmente nas costelas de carambolas é uma das características que leva a depreciação e diminuição do seu valor comercial.

Sendo assim, as carambolas MPs revestidas com alginato e quitosana apresentaram uma redução no escurecimento no 8º dia de armazenamento.

5.2.5. Firmeza

A firmeza das carambolas MP (Figura 14, Tabela ANEXO X) apresentou diferença estatística significativa para dias de armazenamento. As médias de 3,37, 2,98 e 3,34 N foram obtidas para o controle, alginato e quitosana respectivamente.

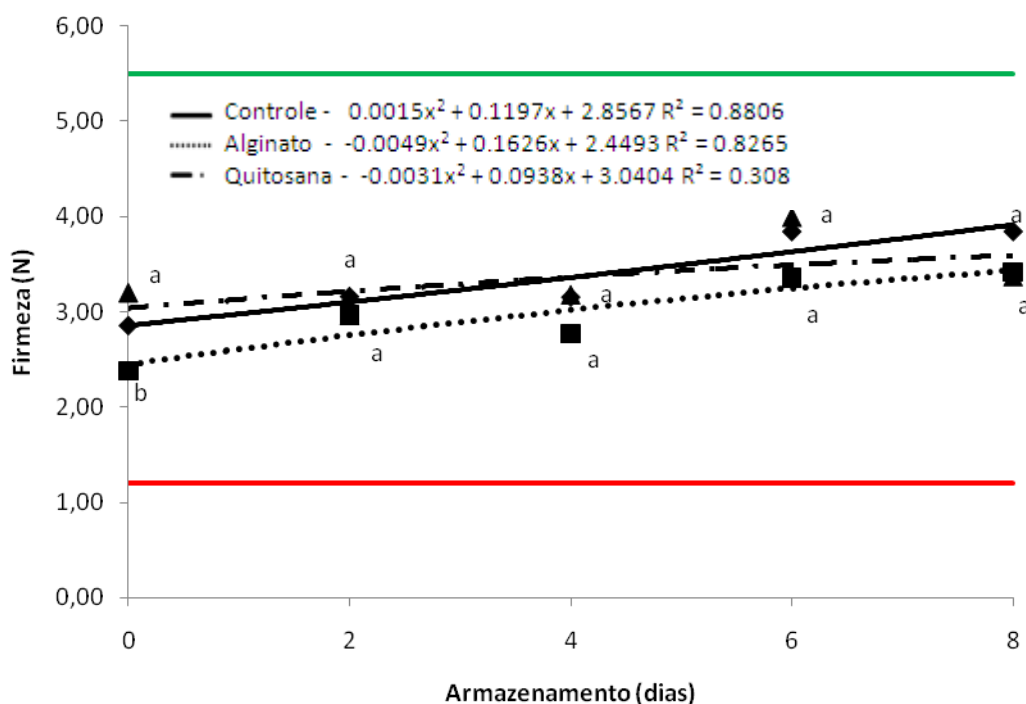


Figura 14. A análise de regressão para firmeza instrumental de carambolas MP tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) e o grupo controle armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias.

*representação de Firmeza de frutos muito maduros (linha vermelha – 1,2N) e muito verdes (linha verde – 5,5N).

**Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

A firmeza sofre alterações durante o amadurecimento e armazenagem do fruto, sendo o amolecimento a alteração mais marcante e pode ser resultante de alguns processos como: perda excessiva de água, modificações na lamela média e parede celular devidas à atividade enzimática, solubilizando a pectina (WILLS, 1981; KLUGE e NA-CHTIGAL, 1997).

Durigan *et al.* (2001) com seis cultivares de carambola demonstrou uma variação significativa de 63,7 e 48,6 N entre as variedades Fwang Tung e Arkin. A menor firmeza da cv. Arkin foi relacionada com a maior solubilização de suas pectinas.

Os tratamentos não apresentaram diferença estatística significativas, com exceção do dia 0 para o tratamento controle. Por ser um parâmetro muito variável quando se trabalha com frutas frescas, os valores obtidos podem inferir que as diferenças constatadas estejam relacionadas com a variabilidade da matéria-prima, já que as porções utilizadas para a medição foram tomadas de frutos diferentes.

A não redução da firmeza nas amostras ao longo do armazenamento não foi observada, como era de se esperar, principalmente pela solubilização da pectina e a porcentagem considerável de perda de água. Quando observamos as respostas dos provadores para os atributos de textura avaliados: firmeza, crocância e suculência,

também não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos e os dias de armazenamento.

A referência proposta através de linhas vermelhas e verdes sobre o gráfico de dispersão mostra que ao longo do armazenamento as fatias de carambola tenderam a se aproximar das características de frutos verdes, não sendo este aumento estatisticamente diferente, o gráfico nos aponta uma tendência de fatias mais rígidas, característica da própria diversidade das amostras.

Avaliação da firmeza realizada por Durigan *et al.* (2001) em diferentes cultivares de carambolas mostrou valores entre 48,61 e 63,7 N, superiores as médias encontradas neste trabalho, isto se deve, principalmente, por terem sido avaliadas sobre a casca da fruta. Essa discordância pode ser creditada a parte da fruta que a firmeza foi mensurada, que neste estudo foi diretamente sobre a polpa. Assim pode-se afirmar que a firmeza difere em função da parte do fruto em que foi realizada.

5.2.6. Sólidos Solúveis

Para o teor de sólidos solúveis (Figura 15, Tabela ANEXO XI) houve diferença significativa para a interação entre tratamentos e dias de armazenamento.

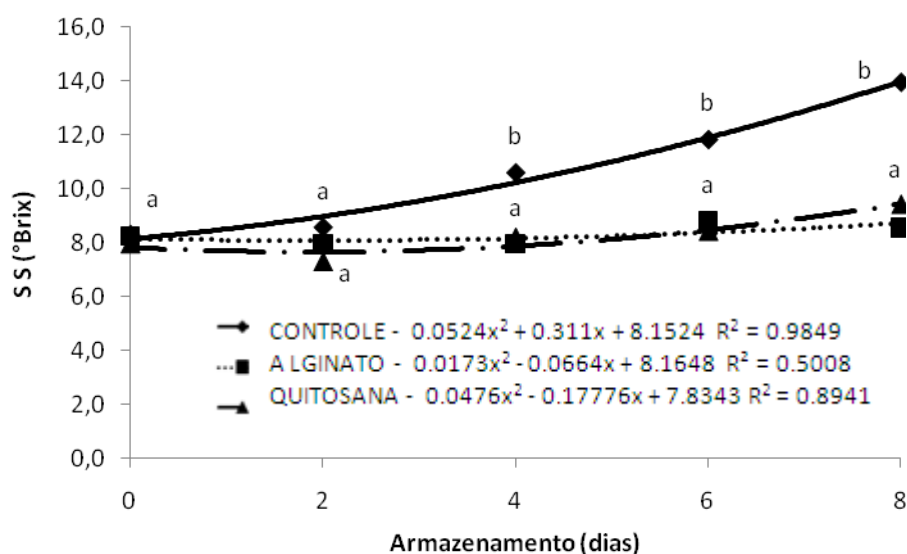


Figura 15. A análise de regressão de teor de sólidos solúveis em carambolas MP tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

De maneira geral, houve um acréscimo a partir do 2º dia de armazenamento no teor de sólidos solúveis nas carambolas minimamente processadas do grupo controle. Este aumento observado, talvez seja devido à perda de água, concentrando essas substâncias nos frutos. Kluge e Na-Chtigal, (1997) relataram que ao ocorrer perda de massa há aumento no teor de sólidos solúveis, isto porque há concentração nos teores de açúcares no interior dos tecidos.

Outra hipótese para este aumento significativo nos teores de sólidos solúveis no grupo controle pode ser relacionado com possíveis reações do processo de maturação do fruto, promovendo, por biossíntese e degradação de polissacarídeos, o aumento de açúcares, que corresponde de 60 a 70% dos sólidos solúveis dos frutos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Teixeira *et al.* (2001) identificaram concentrações de sólidos solúveis em carambola de diferentes cultivares, variando de 7,88 a 10,25 °Brix. Os valores médios para os tratamentos com revestimento de alginato e quitosana, 8,5 e 8,7 respectivamente, podem ser relacionados com os encontrados por Teixeira (2001).

Teixeira *et al.* (2005) estudando a variação dos sólidos solúveis em fatias de carambolas em dois diferentes estádios de maturação e armazenadas por 9 dias a 6°C mostraram diferenças significativas no conteúdo de sólidos solúveis, detectando diferenças fisiológicas, com maior concentração de açúcares nas fatias mais maduras.

Diferentemente da avaliação instrumental de sólidos solúveis, pelo teste sensorial os provadores não conseguiram identificar diferença quando questionados sobre o sabor doce das carambolas, entre o grupo controle e com os revestimentos de alginato e quitosana, portanto, esse aspecto não foi influenciado na aceitação do produto.

5.2.7. Acidez Titulável

Os teores de acidez titulável em carambola, ficaram na faixa de 0,16 e 0,37 g% de ácido oxálico (Figura 16, Tabela ANEXO XII). Para esta variável houve efeito significativo para interação entre tratamento e dias de armazenamento.

Apesar de apresentar diferença estatística, os teores de acidez variaram pouco durante o armazenamento, mostrando que em carambolas MP esta variável não se modifica durante o processo de senescência.

Em todo o período avaliado, as carambolas com alginato e quitosana apresentaram valores próximos e constantes. Na maioria dos frutos é comum observar a redução de acidez durante a maturação devido ao uso de ácidos orgânicos como fonte de energia (Wills *et al.*, 1981). Entretanto, no caso do presente experimento em que foram usados frutos no ponto ótimo de maturação, com 30 a 40% da coloração amarela da casca e armazenamento sob condições refrigeradas por período curto, era esperado que a variação de acidez não fosse significativa, respaldando os valores encontrados neste trabalho.

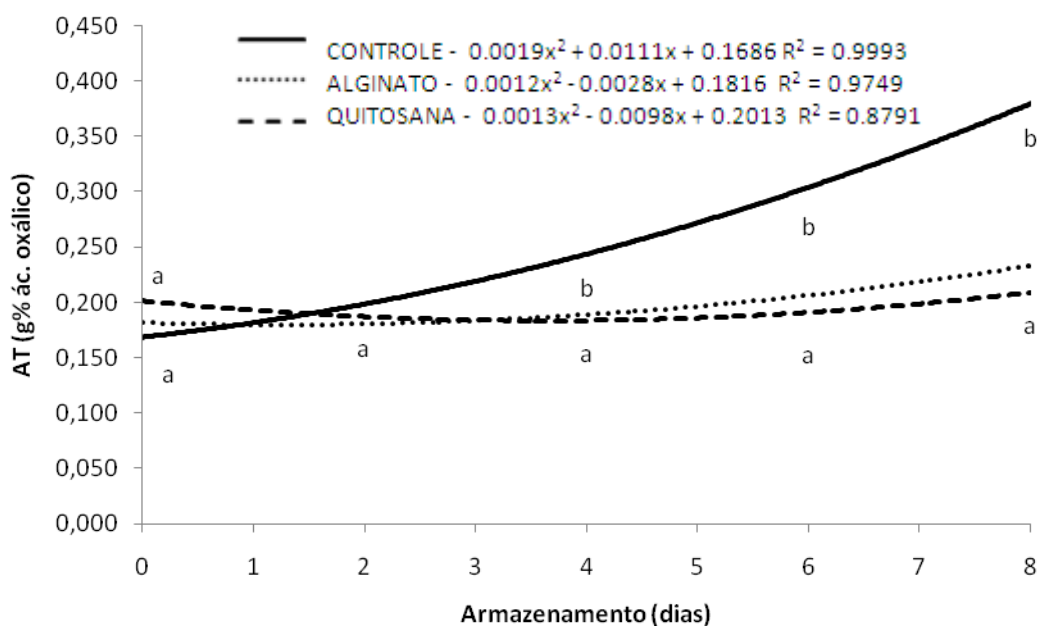


Figura 16. A análise de regressão de acidez titulável em carambolas MP tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) e o grupo controle, armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Segundo Teixeira *et al.* (2001) os valores médios de acidez titulável em seis cultivares de carambola no estágio 3 de maturação se encontravam na faixa de 0,37 a 0,63 g% de ácido oxálico. Segundo Silva e Donadio (2009), em seu estudo apresentaram uma faixa ampla de acidez titulável aceita para carambolas, podem variar de 0,04 a 0,7g % de ácido oxálico. Apesar de não especificar o estágio de maturação e os cultivares utilizados, esta importante variação para esta análise pode ser proposta pelas diferentes cultivares existentes e popularmente divididas em dois grandes grupos como as “azedas” e as “doces”. Desta forma, as médias encontradas no presente trabalho ficam dentro desta faixa, variando de 0,16 a 0,37 g% de ácido oxálico.

5.2.8. *Ratio*

De acordo com os resultados de *ratio*, (Figura 17, Tabela ANEXO XIII) não foi observado diferença significativa entre os tratamentos e os dias de armazenamento

Os tratamentos apresentaram médias de 42,33, 42,25 e 42,53 para o controle, alginato e quitosana respectivamente. Apesar das médias praticamente idênticas, a representação gráfica mostra pequeno declínio nos tratamentos controle e alginato, diferente da quitosana, com leve aumento.

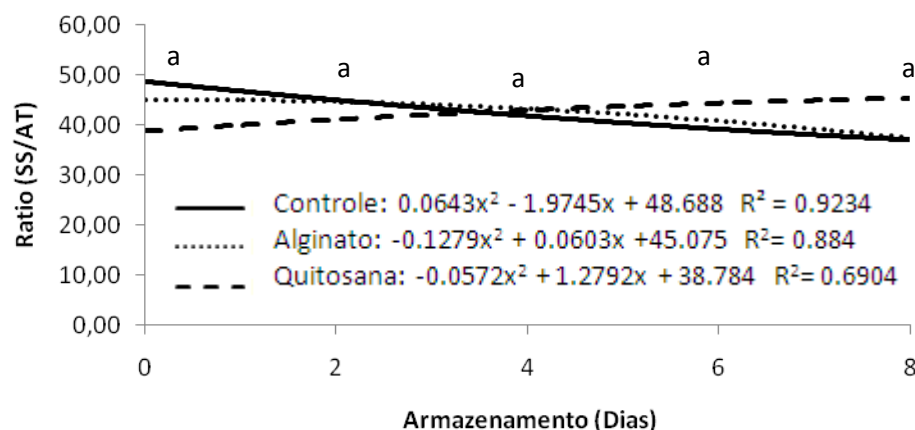


Figura 17. *Ratio* para carambolas MP tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Este comportamento pode ser explicado pelo aumento da acidez titulável para o grupo alginato e a redução da acidez no grupo quitosana, já que os valores de sólidos solúveis permaneceram praticamente constantes. Quanto ao grupo controle, esses valores próximos aos demais tratamentos foi reflexo das concentrações de ácidos titulável e sólidos solúveis que tiveram aumento proporcional durante o armazenamento, e como o *ratio* é calculado pela razão entre as variáveis, encontrou-se valores próximos aos demais tratamentos.

Em estudo conduzido por Groppo *et al.* (2009) com laranjas MP tratadas com alginato a 1% apresentaram uma pequena redução no *ratio*, ao longo de 12 dias de armazenamento a 12°C , embora não significativo. Segundo o autor isto está relacionado aos teores de sólidos solúveis e acidez titulável que apresentaram valores médios menores para este tratamento.

O alto valor na relação SS/AT indica uma excelente combinação de açúcar e ácido que se correlacionam dando suavidade ao sabor da uva (FERREIRA, 2004). Kader (1999) propõem em seu estudo concentrações mínimas de sólidos solúveis e máximas de acidez titulável para obtenção de '*flavor*' aceitável para algumas frutas, surgindo assim alguns valores médios que podem se correlacionados com um ponto de excelente sabor, característico de cada fruto.

Não foi encontrado na literatura um valor padrão para o *ratio* de carambola, para tanto comparamos os valores analíticos com os resultados da análise sensorial (avaliação global do produto). De acordo com os resultados da análise sensorial, pontuação média de 5,23 para o grupo controle, demonstrou que o *ratio*, de 42,33, não seria uma média ideal para agradar os consumidores, por não atingir concentrações de SS e AT ideais para este fruto.

5.2.9. pH

Quanto ao pH (Figura 18, Tabela ANEXO XIV) houve diferença significativa para a interação entre tratamento e dias de armazenamento. Apresentou médias de 4.05, 4.01 e 4.14 para o controle, alginato e quitosana, respectivamente. Ao analisar as médias dos tratamentos podemos notar uma pequena variação entre os mesmos.

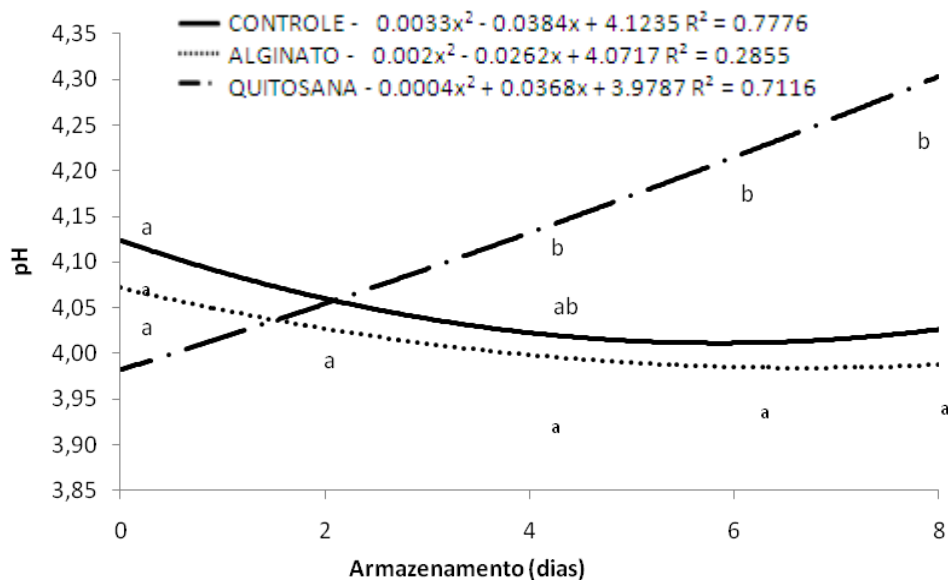


Figura 18. pH para carambolas MP tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a 9 ± 1°C e 85 ± 2% UR durante 8 dias.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Apesar de não apresentar diferença estatística entre os tratamentos no dia 0, o valor abaixo de 4 apresentado no tratamento de quitosana, pode ter ocorrido pelo baixo pH do revestimento, essencial para que a quitosana aumente seu potencial hidrofílico e assim ocorra a formação do filme.

O pH dos grupos controle e alginato foram os que se mantiveram mais estáveis até o 8º dia de armazenamento. Os resultados concordam com os encontrados por Groppo (2009), observou que os tratamentos com alginato de sódio a 1%, cloreto de cálcio a 1% e o controle, não diferiram entre si e apresentaram comportamento semelhante no final do armazenamento de 12 dias a 10°C em laranjas MP.

O aumento do pH no grupo quitosana pode ter sido relacionado com a presença do ácido acético utilizado na elaboração do revestimento, resultando nesta diferença de pH, de 4,03 para 4,25 no dia 0 e 8º dia de armazenamento. O aumento do pH após aplicação de revestimento de quitosana em morangos frescos foi relatado por Han *et al.* (2004), Ghauth *et al.* (1991) e Garcia *et al.* (1998), de acordo com o autor, o aumento do pH que diminuem a acidez dos frutos durante o armazenamento demonstraram senescência.

O pH, por ser uma importante barreira para o crescimento de microrganismos, faixas que alcancem pH superior a 4,5 (alimentos pouco ácidos) seriam preocupantes para a sua conservação. Porém, como observados nos testes microbiológicos, este pequeno aumento no pH não influenciou os resultados das análises microbiológicas.

5.2.10. Ácido Ascórbico

Para ácido ascórbico (Figura 19, Tabela ANEXO XV) foi observado diferença estatística entre os dias de armazenamento e entre os tratamentos.

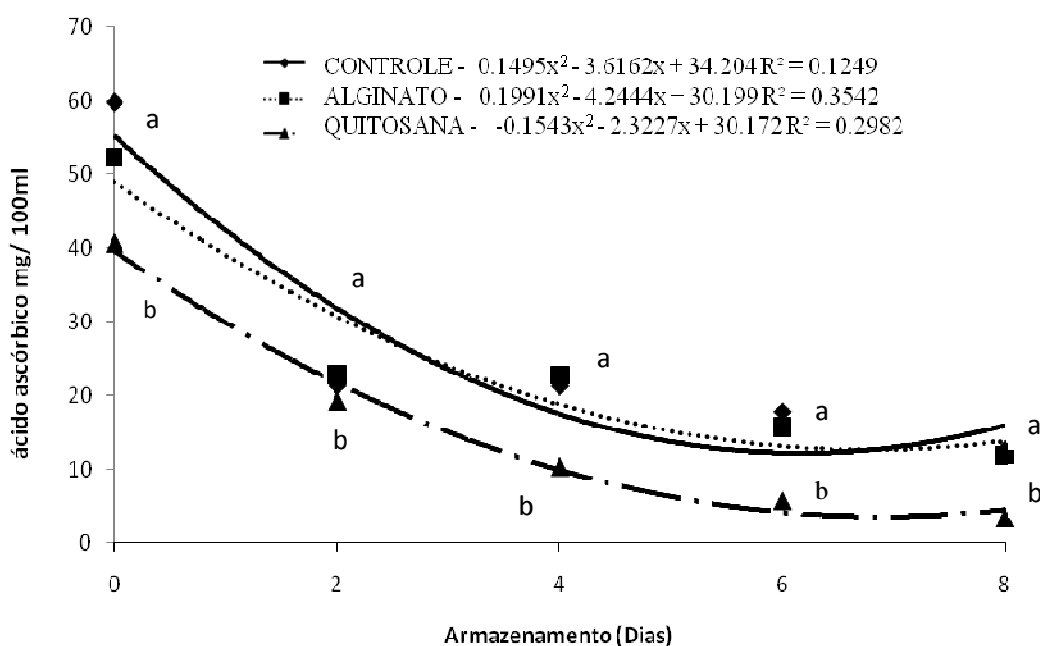


Figura 19. Teor de ácido ascórbico em carambolas MP tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

A redução das concentrações de ácido ascórbico em produtos que passam por processamento, aumento no seu metabolismo, alterações de temperatura, exposição ao ar e luz já são esperadas e podem ser observadas no gráfico acima em todos os tratamentos. Porém este decaimento não teve a mesma intensidade em todos os tratamentos, tendo o fruto revestido com quitosana apresentado a perda mais acentuada, embora todos os tratamentos tenham apresentado redução nos teores de ácido ascórbico ao longo do período de armazenamento (Figura 19).

No entanto, além de não provocar efeito positivos na preservação do ácido ascórbico, quando utilizado o revestimento de quitosana a degradação ocorreu de forma mais acentuada, apresentando diferença estatística quando comparada aos tratamentos controle e alginato ao longo do armazenamento. As características da solução filmogênica, como pH, acidez, presença de ácidos fortes ou em concentrações que

possam ter provocado efeito a oxidação e degradação da vitamina, dever ser considerados.

Essa degradação acentuada pode estar relacionada com a presença do ácido acético no revestimento. A degradação do ácido ascórbico em condições adversas de pH, calor, oxidação, dessecação, armazenamento e aplicação de frio são relatados por Franco (1998).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) o processo de maturação e com o armazenamento o teor de ácido ascórbico tende a diminuir devido à atuação direta da enzima ácido ascórbico oxidase (ascorbato oxidase) ou pela ação de enzimas oxidativas como a peroxidase.

A queda acentuada dessa vitamina contribui para a perda da qualidade nutricional do produto como um todo, indicando que outras vitaminas também podem ter sido degradadas durante o armazenamento. Franco (1998) justifica esta degradação do ácido ascórbico pelos danos provocados pelo processamento mínimo, que estimula reações anti-oxidativas de defesa nos produtos o que pode consumir o ácido ascórbico. Estas reações naturais dos vegetais após danos físicos provocados pelo processamento mínimo foram identificadas por Moreira (2004), com a redução de ácido ascórbico em tangores “Murcott” minimamente processados e armazenados a 6 e 12°C por 9 dias.

Os teores de ácido ascórbico do fruto dependem de muitos fatores, incluindo cultivar, estágio de maturação, práticas cultivares (Miranda, 2001). Donadio *et al.* (2001) observou médias de ácido ascórbico variando de 12,54 a 26,28 mg%. em seis cultivares de carambolas. Diferentemente das encontradas neste trabalho, com média de 47mg% de ácido ascórbico inicialmente, podemos justificar estas variações pela diferença entre as cultivares ou mesmo a metodologia empregada para sua determinação.

5.3. Considerações Sobre Análises Físico-Químicas

Nas condições deste trabalho pode-se dizer que houve diferenças significativas entre as carambolas tratadas com revestimento comestível de alginato (1%) e quitosana (1,5%) e o grupo controle, principalmente quanto a respiração, perda de massa e umidade.

Pode-se afirmar que a aplicação dos revestimentos foi eficiente na redução da perda de qualidade e no aumento da vida útil do produto. Porém quando comparamos o desempenho dos dois revestimentos alguns pontos devem ser observados.

Nas análises de cor podemos observar vantagens na aplicação dos revestimentos para controlar o escurecimento nas fatias de carambolas, sendo esta ação mais efetiva a partir do quarto dia de armazenamento.

Nas condições de elevada temperatura (21°C) em que foi testada a capacidade de barreira a gases dos revestimentos, a quitosana apresentou o melhor desempenho, reduzindo o metabolismo respiratório das fatias de carambolas. Porém, a temperaturas de refrigeração (9°C), não foi possível constatar essas vantagens para o revestimento de quitosana durante os testes físico-químicos.

O comportamento do revestimento com quitosana quanto a degradação do ácido ascórbico e a grande oscilação do pH durante o armazenamento deve ser melhor estudado.

Neste sentido, o revestimento a base de alginato (1%) foi o que apresentou maior vantagem durante o armazenamento sob refrigeração. Maior conservação do produto, sem com isso alterar as características físico-químicas intrínsecas da fruta. Nesse caso a aplicação do filme mostrou benefícios.

5.4. Análise Sensorial

Uma condição sinequanon para a comercialização de um produto é sua característica sensorial, sendo este estudo uma etapa importante para a avaliação da aplicação de revestimento comestível sobre sua aparência, sabor, cor, odor e textura. Para tanto foi desdobrado dois trabalhos com o objetivo de avaliar melhor cada característica relevante sobre a carambola minimamente processada, o teste de comparação múltipla e o teste de preferência, abordados a seguir.

5.4.1. Teste de Comparação Múltipla

Este teste foi desenvolvido em três etapas, identificação e seleção de 7 (sete) provadores, seguindo com o levantamento de atributos pelos provadores e posterior identificação destes durante testes em cabines individuais, onde foram comparadas as amostras com revestimento de alginato e quitosana e o grupo controle. Assim, o teste pode avaliar se a aplicação dos revestimentos pode ser percebida pelos sentidos humanos e o quanto esta percepção se distanciou positivamente ou negativamente do tratamento sem revestimento.

Para melhor descrever a carambola MP, cada atributo de aparência, aroma textura e sabor, foi desdobrado em características pertinentes ao fruto a ser analisado e estas são apresentadas a seguir.

5.4.1.1. Aparência

A aparência do produto exerce papel fundamental na decisão de compra, pois através deste parâmetro o consumidor seleciona, escolhe e consome o alimento. Assim, a disponibilidade no mercado de produtos com qualidade sensorial adequada, contribui para a satisfação do consumidor, favorecendo um maior consumo do produto em questão (DELIZA, 2000).

Características conferidas por alguns revestimentos comestíveis, como brilho e a melhor integridade estrutural, tem chamado a atenção dos consumidores por tornar os produtos mais atrativos (KESTER e FENEMA, 1986).

As notas atribuídas à aparência das amostras de carambolas minimamente processadas (Tabela 3) mostrou que houve diferença significativa entre dois atributos levantados pelos provadores no dia do processamento e no 6º dia de armazenamento.

As médias atribuídas ao grupo controle pelos provadores ficaram bem próximas a 5 (igual a R), isto é, não identificaram diferença significativa entre as mesmas amostras, confirmando boa identificação e correlação das características avaliadas.

Para as características cor verde da casca, cor amarela da casca, cor parda da polpa, presença de manchas na polpa e aspecto murcho, não apresentaram diferença entre os tratamentos no dias analisados.

Apesar de não apresentar diferença estatística para o aspecto 'murcho', o tratamento com quitosana, seguido do alginato apresentaram melhores resultados, isto é,

melhor aparência, com menor aspecto murcho quando comparado ao controle no 6° dia de armazenamento.

As respostas quando as características avaliadas de aspecto úmido e de bordas escurecidas nas fatias de carambola foram destoantes entre o tratamento com quitosana e grupo controle. Aquele apresentou uma aparência de maior umidade na superfície para o dia 0 armazenamento e as bordas escuras nas fatias passaram a ser visíveis ao longo dos dias de armazenamento, deixando o produto com aspecto não desejado. (Figura 20).

O aparecimento de borda escurecida é de grande relevância por causar depreciação no produto final. Por ser localizado incisivamente nas bordas da fruta acredita-se que possa ser pela ação de enzimas polifenoloxidase e peroxidase, responsáveis pelo aparecimento de manchas escuras em frutas. Estudos mais detalhados devem ser realizados para esclarecimento deste aspecto depreciativo na fruta.

As reações de escurecimento em frutas têm sido estudadas e correlacionadas à atuação da polifenoloxidase (PPO) (JIANG, 2000), a sua atuação se dá principalmente pela oxidação de compostos fenólicos resultando na formação de subprodutos marrons (melanina), frequentemente acompanhados de mudanças indesejáveis na aparência e nas propriedades organolépticas do produto, resultando na diminuição da vida útil.

Tabela 3. Características avaliadas para o atributo aparência no dia do processamento e após 6 dias de armazenamento refrigerado a 9°C.

| Atributos | Tratamento | Armazenamento (dias) | |
|--------------------------------|------------------|----------------------|---------|
| | | 0 | 6 |
| 1. Cor amarela da casca | Controle | 4.93 | 6.38 |
| | Alginato a 1% | 4.64 | 5.62 |
| | Quitosana a 1,5% | 5.36 | 5.92 |
| 2. Cor verde da casca | Controle | 5.14 | 3.62 |
| | Alginato a 1% | 4.86 | 4.69 |
| | Quitosana a 1,5% | 4.86 | 3.77 |
| 3. Cor parda da polpa | Controle | 5.29 | 5.62 |
| | Alginato a 1% | 4.71 | 5.92 |
| | Quitosana a 1,5% | 4.86 | 5.77 |
| 4. Presença de manchas (polpa) | Controle | 4.5 | 4.54 |
| | Alginato a 1% | 4.43 | 5.15 |
| | Quitosana a 1,5% | 5.57 | 5.77 |
| 5. Aspecto úmido | Controle | 5.07 | 4.77 |
| | Alginato a 1% | 5.21 | 4.92 |
| | Quitosana a 1,5% | 6.79*** | 5.31 |
| 6. Aspecto de murcho | Controle | 4.43 | 4.46 |
| | Alginato a 1% | 4.36 | 3.96 |
| | Quitosana a 1,5% | 4.07 | 3.92 |
| 7. Bordas queimadas | Controle | 4.71 | 4.54 |
| | Alginato a 1% | 5.29 | 4.46 |
| | Quitosana a 1,5% | 5.57 | 7.62*** |

***médias diferem entre si, pelo Teste de Dunnett em nível de 1% de probabilidade.

Jiang *et al.* (2004) testando revestimento de quitosana em lichias identificaram uma redução acentuada na atividade da PPO durante a avaliação de sua vida útil. A inibição da atividade da PPO por revestimento de quitosana também foi relatada por Jiang e Li (2000) e Peng e Jiang (2003) em maçãs, tendo esta inibição justificativa pela presença de componentes antioxidantes utilizados na composição do revestimento, sendo o mais comum o ácido ascórbico. No entanto, para este trabalho não foram utilizados tais componentes na formulação do filme de quitosana. Esta diferença pode ter sido a responsável pelas divergências dos resultados.

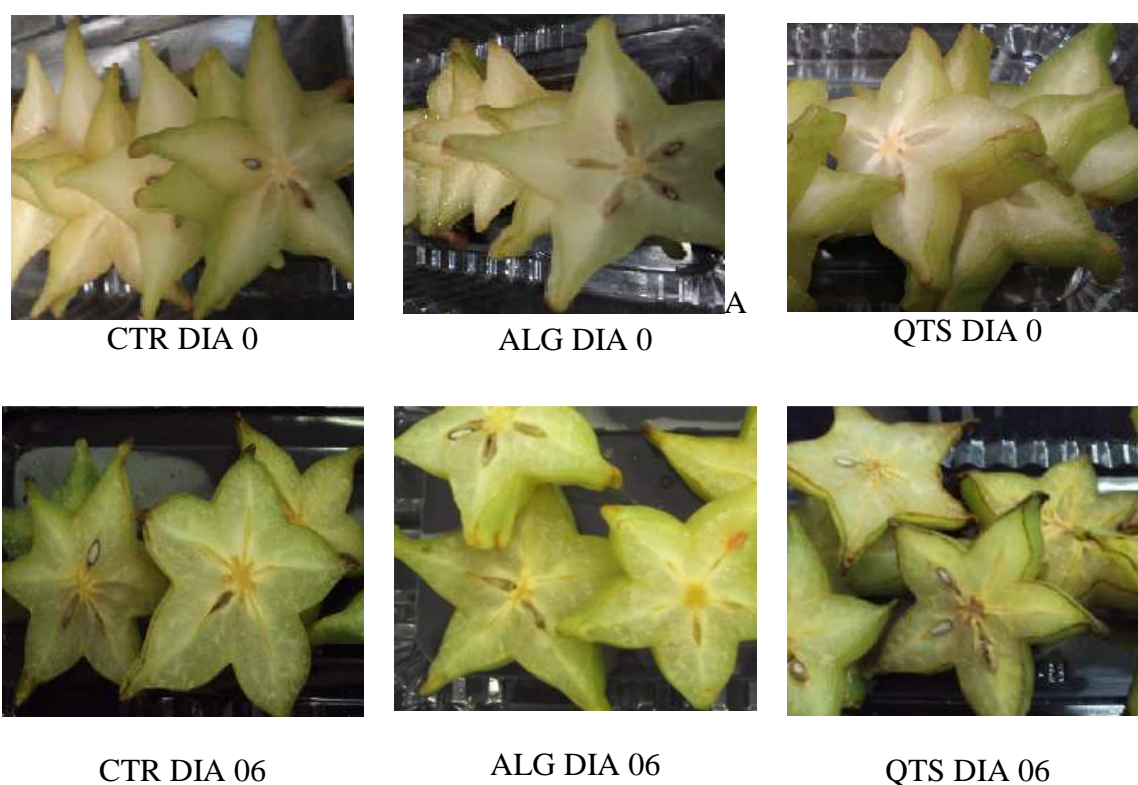


Figura 20. Aspecto das carambolas minimamente processada no dia do processamento e após seis dias de armazenamento a 9°C.

5.4.1.2. Aroma

Ao avaliarem o aroma nas amostras, os provadores não identificaram diferença entre o tratamento com revestimento de alginato e o grupo controle em nenhum dos dias analisados. No entanto a carambola revestida com quitosana apresentou uma diferença significativa, sendo identificada a presença de aroma ácido pelos provadores no primeiro dia de teste, isso é no dia em que o revestimento foi aplicado.

Para o atributo de aroma característico da fruta, as notas atribuídas para o dia 0 e 6º dia de armazenamento foram de 3.57 e 3.23 respectivamente (Tabela 4). A menor nota atribuída ao revestimento quitosana pode ser devido a dois fatores, o odor

característico da quitosana e ao ácido utilizado para sua dissolução, mascarando os próprios ácidos voláteis da fruta. A utilização de outros ácidos, como o ácido cítrico e ascórbico, podem ser sugestões de substituição ao ácido acético, pois permite a formação do filme sem alterar as características sensoriais.

O aroma ácido também foi sentido de forma bem acentuada no tratamento quitosana no dia da sua aplicação, sendo pontuado com 6,07 pelos provadores, isso é, muito mais ácido que a referência. Possivelmente esse aroma foi proveniente do ácido acético da formulação, que é bem característico. Ao longo do armazenamento esse aroma não mais prevaleceu, não apresentando diferença quando analisando no 6º dia, acredita-se que a volatilização deste ácido tenha ocorrido.

Tabela 4. Características avaliadas para o atributo aroma no dia do processamento e após 6 dias de armazenamento refrigerado a 9°C.

| Atributos | Tratamento | Armazenamento (dias) | |
|--------------------------------|------------------|----------------------|---------|
| | | 0 | 6 |
| 1. Característico de carambola | Controle | 5.00 | 5.23 |
| | Alginato a 1% | 4.86 | 4.46 |
| | Quitosana a 1,5% | 3.57*** | 3.23*** |
| 2. Ácido | Controle | 4.71 | 4.69 |
| | Alginato a 1% | 4.93 | 4.38 |
| | Quitosana a 1,5% | 6.07*** | 4.92 |

***médias diferem entre si, pelo Teste de Dunnett em nível de 1% de probabilidade.

5.4.1.3. Textura

As características que foram avaliadas no atributo textura foram: firmeza, crocância e suculência (Tabela 5). As médias bem próximas a 5 para os três tratamentos e nos diferentes dias de análise demonstraram que os provadores não notaram diferença após aplicação dos revestimentos.

Apesar das diferenças observadas entre o controle e os tratamentos com revestimentos na avaliação físico-química de umidade e perda de massa, estas não foram notadas pelos provadores.

Trigo (2010) analisando a aceitação de mamão MP revestido com alginato a uma concentração de 0,5% ao longo de 15 dias de armazenamento sob temperatura de 6°C não apresentou comportamento diferente do tratamento controle, isto é, para o atributo textura avaliado de forma global, o revestimento de alginato não foi efetivo. O mesmo resultado foi encontrado neste trabalho com carambola MP, uma vez que não houve diferença entre os tratamentos com revestimento de alginato e quitosana e o grupo controle em nenhum dos atributos avaliados para textura. Podemos concluir que os revestimentos comestíveis utilizados não apresentaram efeito no que refere à textura do produto.

Tabela 5. Características avaliadas para o atributo textura no dia do processamento e após 6 dias de armazenamento refrigerado a 9°C.

| Atributos | Tratamento | Armazenamento (dias) | |
|---------------|------------------|----------------------|------|
| | | 0 | 6 |
| 1. Firmeza | Controle | 4.93 | 5.54 |
| | Alginato a 1% | 5.29 | 4.77 |
| | Quitosana a 1,5% | 4.93 | 5.31 |
| 2. Crocância | Controle | 5.07 | 4.85 |
| | Alginato a 1% | 5.21 | 4.92 |
| | Quitosana a 1,5% | 4.93 | 5.08 |
| 3. Suculência | Controle | 5.00 | 5.23 |
| | Alginato a 1% | 5.29 | 4.77 |
| | Quitosana a 1,5% | 5.21 | 5.23 |

5.4.1.4. Sabor

Para o atributo sabor não houve diferença para as características de sabor doce e sabor de fruta verde para os tratamentos ao longo do armazenamento, demonstrando uma boa seleção dos frutos em um mesmo estágio de maturação.

Para os atributos de sabor característico de carambola, gosto ácido e adstringência, só o tratamento com quitosana apresentou diferença estatística (Tabela 6).

O sabor característico de carambola foi afetado quando a fruta recebeu aplicação do revestimento de quitosana, esta diferença foi percebida pelos provadores não só no dia do processamento, mas este sabor típico do revestimento prevaleceu ao longo do armazenamento. As notas abaixo de 5 demonstram que este sabor foi mascarado, causando depreciação do produto.

O aumento da adstringência do produto foi notada pelos provadores, que atribuíram notas 6,07 as amostras com revestimento de quitosana. Este aumento foi notado somente no dia do processamento.

O gosto ácido, bem acentuado no dia do processamento também foi notado pelos provadores para o grupo quitosana. Igualmente ao resultado obtido para aroma ácido, a utilização do ácido acético na formulação pode ser apontada como responsável por acentuar esta característica no produto.

Tabela 6. Características avaliadas para o atributo sabor no dia do processamento e após 6 dias de armazenamento refrigerado a 9°C.

| Atributos | Tratamento | Armazenamento (dias) | |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|-------|
| | | 0 | 6 |
| 1. Característico de carambola | Controle | 5.07 | 5.46 |
| | Alginato a 1% | 5.00 | 5.00 |
| | Quitossana a 1,5% | 4.00* | 4.54* |
| 2. Gosto doce | Controle | 5.29 | 5.77 |
| | Alginato a 1% | 4.29 | 4.92 |
| | Quitossana a 1,5% | 3.93 | 4.77 |
| 3. Gosto ácido | Controle | 4.43 | 4.23 |
| | Alginato a 1% | 4.71 | 4.54 |
| | Quitossana a 1,5% | 5.71* | 4.69 |
| 4. Fruta verde | Controle | 5.00 | 4.69 |
| | Alginato a 1% | 5.07 | 5.23 |
| | Quitossana a 1,5% | 5.14 | 4.92 |
| 7. Adstringência | Controle | 4.79 | 4.62 |
| | Alginato a 1% | 5.36 | 5.31 |
| | Quitossana a 1,5% | 6.07* | 5.38 |

*médias diferem entre si, pelo Teste de Dunnett em nível de 5% de probabilidade.

5.4.2. Teste de Aceitação

Sendo as características sensoriais são de vital importância para a aceitação do produto pelo consumidor e analisando o baixo desempenho obtido pelas amostras com revestimento de quitossana no teste de comparação múltipla, julgou-se não ser necessário novas comparações em testes sensoriais, assim as amostras com revestimento de quitossana não foram contempladas neste teste de aceitação.

Houve diferença estatística das médias atribuídas à avaliação global do produto que recebeu revestimento de alginato e o controle, recebendo nota 6,10 e 5,23 respectivamente. As notas atribuídas ficaram entre “não gostei nem desgostei” a “gostei ligeiramente” para o controle e de “gostei ligeiramente” a “gostei razoavelmente” para o grupo alginato (Figura 21).

Apesar das medias ficarem próximas, no gráfico de distribuição fica nítido o maior número de pessoas (80%) pontuando o grupo alginato a partir da nota 4, e 17,5% dos provadores pontuaram o produto na faixa entre as notas 6 e 7, qualificando como “gostei ligeiramente” a “gostei razoavelmente”. Já para o grupo controle esta distribuição se apresenta de forma contrária, com 55% dos provadores atribuindo notas abaixo de 5 “nem gostei nem desgostei”, tendo 18,75% dos provedores qualificando como “não gostei ligeiramente” e “nem gostei nem desgostei”.

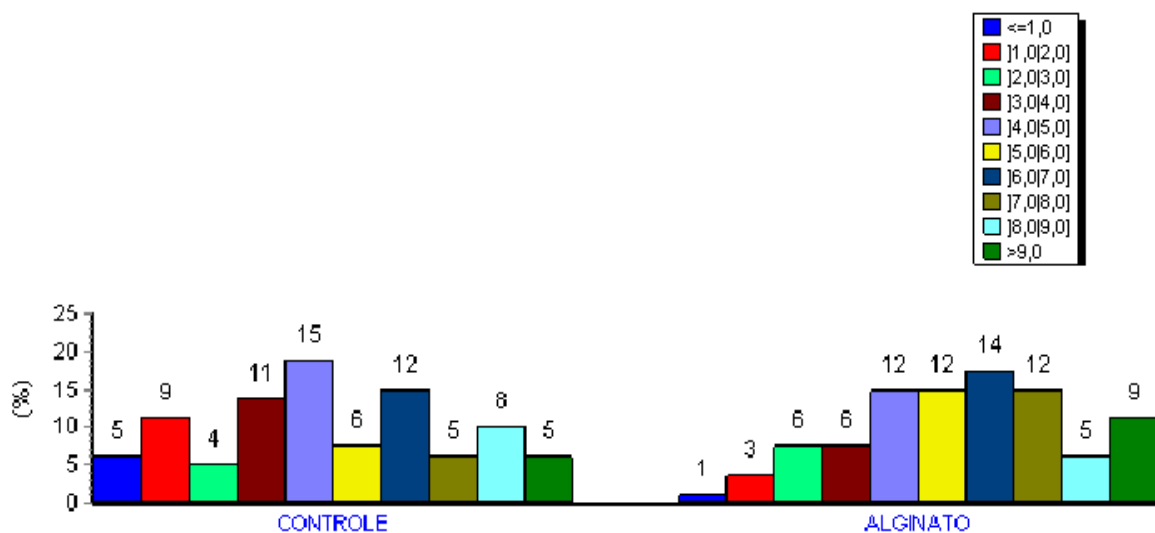


Figura 21. Distribuição das notas atribuídas a avaliação global de carambolas minimamente processadas, grupo controle e alginato, no segundo dia de armazenamento a temperatura de 9°C.

Desta forma, quando comparadas às duas amostras, a revestida com alginato obteve maior aceitação.

6. CONCLUSÃO

- A análise sensorial de comparação múltipla demonstrou que o revestimento de quitosana (1,5%) apresentou diferenças significativas do grupo controle, isto é, foi percebido pelo consumidor, atribuindo características que depreciaram o produto, como aumento da adstringência, escurecimento da borda, modificação no sabor e aroma característico da fruta e percepção de maior acidez no produto final.
- Pelo teste sensorial de aceitação, o tratamento com alginato (1%) teve maior êxito quando comparado ao tratamento controle quando as carambolas processadas foram avaliadas de forma global.
- Nas análises microbiológicas, o revestimento de quitosana comprovou sua ação antifúngica, evitando o crescimento de bolores e leveduras e psicrotróficos até o 6º dia de armazenamento. Apesar de não apresentar resultados tão nítidos o revestimento de alginato apresentou tendência de redução e manteve o produto dentro dos parâmetros preconizados pela legislação brasileira.
- A vida útil de carambola minimamente processada pode ser aumentada com a utilização dos revestimentos, estimando o tempo de vida útil após aplicação de revestimentos em 8 dias sob temperatura de 9°C, e em 6 dias úteis para o grupo controle nas mesmas condições de armazenamento. Este acréscimo de 2 dias a vida útil do produto deve-se principalmente à redução da perda de massa, redução da perda de umidade e redução do escurecimento nas amostras.
- Os efeitos positivos do uso do revestimento de alginato foi constatado e considerando de baixos custos para sua aplicação, sendo uma boa saída empregada para garantir o aumento da vida útil de carambolas minimamente processadas, não suprimindo com isso o uso da tecnologia de refrigeração, devendo ser utilizadas em conjunto para obtenção de resultados

7. SUGESTÕES

- Sugere-se novos estudos utilizando revestimento de alginato com diferentes concentrações para aumentar a vida útil de carambola minimamente processada, mantendo suas características sensoriais.
- Sugere-se que as análises sensoriais sejam realizadas a cada dois dias, juntamente com as análises físicas e físico-químicas, podendo correlacionar de forma mais direta e com mais sensibilidade às modificações mensuradas nas análises laboratoriais e as percebidas pelas sensações humanas.
- Novas formulações de revestimento de quitosana devem ser testadas utilizando o ácido cítrico e/ou ácido ascórbico, buscando retardar o escurecimento sem alterar o sabor e aroma da carambola minimamente processada.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, Z M. et al. Low temperature storage and modified atmosphere packaging of carambola fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling injury symptoms. **Postharvest Biology and Technology**. v. 33, p. 181–192, 2004.

ALLEN, L. at al. Edible corn-carbohydrate food coatings. I. Development and physical testing of starch-algin coating. **Food Technology** v. 17, p. 1437–1442, 1963.

ALMEIDA, D. M. Biofilme de Blenda de Fécula de Batata e Celulose Bacteriana na Conservação de Fruta Minimamente Processada. 2010. **Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos Agroindustriais)** – Departamento de Ciências Agrárias e de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, 283p..

ALVES , A. et al. Alterações na qualidade de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* crantz) minimamente processadas. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 330-337, 2005.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. Zoneamento agroclimático para as culturas de milho e soja no Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 544-550, 2001.

ANDRADE, N.; BASTOS, M. S. R.; ANTUNES, M. A. Higiene e sanitização de frutas e hortaliças minimamente processadas. In: MORETTI, C. L. (Ed.). **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos, **Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm>. Acesso em: 15 de junho de 2010.

ARAÚJO, P S R. **Seleção da caramboleira (Averrhoa carambola L.) relacionada às características biométricas e físico-químicas dos frutos**. Piracicaba, 2000. 59f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo.

ARAÚJO, P. R. S.; SCARPARE FILHO, J. A.; MINAMI, K. **Carambola: fruto com formato e sabor únicos**. Piracicaba: ESALQ – Divisão de Biblioteca e Documentação, 2000. 34p. (Série Produtor Rural, 12).

ARRUDA, M. C. et al. Conservação de melão rendilhado minimamente processado sob atmosfera modificada ativa. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 24, n.1, p. 53-58, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Teste de comparação múltipla em análise sensorial dos alimentos e bebidas, NBR 13526 de outubro de 1995.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

BALDWIN, E. A. et al. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. **Postharvest Biology and Technology** v. 9 p. 151–163, 1996.

BARROS, J. C. S. M.; GOES, A. MINAMI, K. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 363-368, 1994.

BERBARI, S. A. G.; PASCHOALINO, J. E.; SILVEIRA, N. F. A. Efeito do cloro na água de lavagem para desinfecção de alface minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 197-201, maio/ago. 2001.

BEUCHAT, L. R. Ecological factor influencing survival and growth of humans pathogens on raw fruits and vegetables. **Microbes and Infections**, v. 4, p. 413-423, 2002

BICALHO, U. O. **Vida útil pós-colheita de mamão submetido a tratamento com cálcio e filme de P V C**. Tese (Doutorado em Agronomia). Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, MG,UFLA, 1998. 134p.

BOKURA, H.; KOBAYASHI, S. Chitosan decreases total cholesterol in woman: A randomized, doubl-eblind, placebo-controlled trial. **European Journal of Clinical Nuutrition**. v. 57, p. 721-725, 2003.

BOLZAN, R. P. Biofilmes comestíveis para conservação pós-colheita de tomate 'dominador'. **Dissertação (Mestre em Ciências)** - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

BRACKETT, R. E. Antimicrobial effect of chlorine on *Listeria monocytogenes*. **Journal of Food Protection**, v. 50, n. 12, p. 999-1003, 1987.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução nº 386, de 5 de agosto d 1999**: regulamento técnico sobre aditivos utilizados segundo as boas práticas de fabricação e suas funções. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm>. Acesso em: 8 de agosto de 2010.

BRECHT, J K. Physiology of lightly processed fruit and vegetable. **HortScience**. Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, fev. 2005.

CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Índice CEAGESP registra elevação de 10,52% em fevereiro**. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/comunicacao/arquivo/2010/marco/080310>. Acesso em: 04 de setembro de 2010.

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

CHITARRA, M. I. F. **Fisiologia e qualidade de produtos vegetais**. In: BOREN, F. M. (Ed.). Armazenamento e processamento de produtos agrícolas. Lavras: Ufla/SBEA, p.1-57, 1998.

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

DELIZA, R. Importância da qualidade sensorial em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000, p. 73-74.

DONADIO, L. C. Carambola growing in Brazil. **Proceeding of the Interamerican Society of the Tropical Horticulture**, Campeche, v. 33, p. 26-29, 1989.

DONADIO, L. C. et al. **Caramboleira** (*Averrhoa carambola* L.). **Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura**, (Série Frutas Potenciais). 81p. 2001.

DONADIO, L. C. et al. Caramboleira (*Averrhoa carambola* L.). Jaboticabal: **Sociedade Brasileira de Fruticultura**, 2001. 81p. (Série Frutas Potenciais).

DURIGAN, J. F.; ALVES, R. E.; MATTIUZ, B. H.; SARZI, B. Modificações dos compostos da parede celular de carambolas minimamente processadas. In: **XLIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, 2002, Porto Alegre, RS. Integração Pesquisa Indústria. Porto Alegre, RS : SBCTA, x. v. 1. p. 2023-2026. 2002.

DZIEZAK, J. D. Special report: a focus on gums. **Food Technology**. v. 45 n. 3, p. 116–132, 1991.

EL-GHAOUTH, A. et al. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. **Phytopathology**. n. 82, p. 398–402, 1992.

EL-GHAOUTH, A. et al. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 6, p. 1618-1620, 1991.

ENDO, E. et al. Alterações físicas e físico-químicas de batatas (*Solanum tuberosum* L.) minimamente processadas intercaladas com diferentes filmes ativos. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.17, n.3, p.239-249, 2006.

ESTUDOS DE MERCADO SEBRAE / ESPM 2008. **Hortalças minimamente processadas**. In.: Adelmir Santana (Ed.). Série Mercado. Set. 2008. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/0883FDA8A4AF0BAE832574DC004682B0/\\$File/NT0003907E.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/0883FDA8A4AF0BAE832574DC004682B0/$File/NT0003907E.pdf)>. Acesso em: jun de 2010.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo “Solo” comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília – DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 369-375, 2007.

FANTUSI, E.; PUSCHMANN, R.; VANETTI, M. C. D. Microbiota contaminante em repolho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 207-211, abr./jun. 2004.

FERREIRA, M. A. et al. Modificação parcial do ambiente de cultivo da videira 'Cabernet Sauvignon' sobre diferentes porta-enxertos: efeito sobre a produção e o teor de sólidos solúveis. **Bragantia**. v. 63, n. 3, p. 439-445, 2004.

FONTES, L. C. B., SARMENTO, S. B. S. and SPOTO, M. H. F. Características sensoriais e microbiológicas de maçãs minimamente processadas recobertas com películas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 91-98, 2007.

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

FREIRE JUNIOR, M., DUCAMP, M. N., REYNES, M. **Evaluation of edible coatings in fresh cuts mango fruits** Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production – FRUTIC, Montpellier, France, 05, p.12-16, Sept., 2005.

GARCIA, M. A., MARTINO, M .N., ZARITZKY, N. E. Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria × ananassa*) quality and stability. **Journal Agric. Food Chem.** v. 46, p. 3758–3767. 1998.

GHAOUTH, A. E. et al. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. **Jornal Food Science.** v. 56, p. 1618–1620, 1991.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. et al. Biochemical changes of fresh-cut pineapple slices treated with antibrowning agents. **Journal of Food Science and Technology**, v. 40, p. 377-383, 2005.

GROPPO, V. D.; SPOTO, M. H. F.; GALLO, C. R. Efeito do cloreto de cálcio e da película de alginato de sódio na conservação da laranja “Pera” minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 107-113, 2009.

HAN, A. C. et al. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria × ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*) **Postharvest Biology and Technology** v.33, p. 67-78, 2004.

HERSHKO, V.; NUSSINOVITCH, A. Physical properties of alginate-coated onion (*Allium cepa*) skin. **Food Hydrocolloids**. Boca Raton: CRC press, v. 12, p. 195-202, 1998.

IFPA. **International fresh-cut produce association**. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org>>. Acesso em: 15 de dez. 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análises de Alimentos**. 4ª ed. São Paulo: IMESP, 2005. p.672-674.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOOD. **Microorganisms in foods**. 2ª ed., Toronto- Canada: University of Toronto Press. 1978. v.1, 434p.

ISO 1842: **fruit and vegetable products: determination of pH**. 2 ed. Genève: International Organization for Standardization, 1991.

JACOMINO, A. P. et al. . Processamento mínimo de frutas no Brasil. In: **Congreso Nacional de Ciencia y Tecnologia de Alimentos**,3, 2004, San José, Costa Rica. Estado Actual del Mercado de Frutos y Vegetales Cortados em Iberoamerica. México : p. 79-86, 2004.

JIANG, Y. M., LI, Y. B. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. **Food Chemistry**, v. 73, p. 139–143, 2000.

KADER, A. A. **A summary of CA requeriments and recommendation for fruits other than apples and pears**. Davis; University of California, 1997. P. 1-34. (Proceedings, 3).

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 5, p. 99-104, 1986.

KADER, A.A. Postharvest biology and technology: on overview. In: Kader, A.A., ed. **Postharvest tecnology of horticultural crops**. 2.ed. Oakland, Ca: University of California, 1992.

KAPP, E. A. et al. Tempo de preservação de tolete de palmito pupunha (*Bactris gasipaes*) minimamente processado e armazenado sob refrigeração. **Publ. UEPG Ci. Exatas Terra**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p 51-57, 2003.

KAWAGUTI, H. Y. and SATO, H. H. Produção de isomaltulose, um substituto da sacarose, utilizando glicosiltransferase microbiana. **Quím. Nova**. v. 31, n. 1, p. 134-143, 2008.

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

KING, A. H. Brown seaweed extracts (alginates). In: GLICKSMAN, M. (Ed.). **Food hydrocolloids** Vol. II. Boca Raton, Fla.: CRC Press. p 115–88, 1983.

KLEIN, K. J. Employee stock ownership and employee attitudes: A test of three models. **Journal of Applied Psychology Monograph**, v. 72, p. 319-332, 1987.

KLUGE, R. A.; NA-CHTIGAL, J. C. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1997.

KROCHTA, J. M; DeMULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymerfilms: challenges and opportunities. **Food Technol.** n. 51, v.2, p. 61–74, 1997.

KUBOTA, N.; EGUCHI, Y. Facile preparation of water-soluble N-acetylated chitosan and molecular weight dependence of its water-solubility. **Polymer Journal**, v. 29, p.123–1277, 1997.

LEE, J. Y. et al. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. **Lebens Wissen Technolgy**, v. 36, p. 323–329, 2003.

LIDSTER, P. D., FORSYTH, F. R., LIGHTFOOT, H. J. Low oxygen and carbon dioxide atmospheres for storage of McIntosh apples. **Journal Plant. Scienc.** Canada: Ottawa, v.60, p.299-301, 1980.

LIMA, M. A. C. et al. Qualidade, fenóis e enzimas oxidativas de uva 'Itália' sob influência do cálcio, durante a maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p.2493-2499, 2000.

LUNA -GUZMAN , I.; CANTWELL , M.; BARRETT , D. M. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 17, p. 201-213, 1999.

MACIEL, V. T. Caracterização física, físico-química e enzimática de frutos de seis cultivares de coqueiro Anão em diferentes estádios de desenvolvimento. 2008. 103f. **Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)** – Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 2008.

MARTIN-DIANA, A. B. et al. Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review. **Trends in Food Science e Technology**, v. 18, n. 4, p. 210-218, 2007.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JUNIOR, O. D. Processamento Mínimo in goiabas Paluma 'e' Pedro Sato ': Avaliação química, sensorial e microbiológica. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.3, p.409-413, 2003.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 2ª ed. Boca Raton: CRC Press, 1991. 287p.

MELO, B.; SILVA, C. A.; ALVES, P. R. B. **Processamento mínimo de hortaliças e frutas**. Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/pminimo.htm>. Acesso em: 10 de Junho de 2010.

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

MINIM, VALÉRIA PAULA RODRIGUES. **Análise sensorial – Estudos com Consumidores**. 1ª ed. Editora UFV, 225 p. 2006.

MINOLTA CORP. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Ransey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994.

MIRANDA, R. B. Avaliação da qualidade do mamão (*Carica papaya* L.) minimamente processado. 2001. **Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)** – Departamento de Ciência dos alimentos. Universidade Federal de Lavras (UFLA), 71p.

MOREIRA, R. C. Processamento mínimo de tangor “Murcott”: caracterização fisiológica e recobrimentos comestíveis. 2004. 84 p. **Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)**, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

MUÑOZ, A. M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation in quality control**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 240p.

NAKASONE, H Y.; PAULL, R E. Tropical fruits crop production science in horticulture. New York: **Cab International**, 445 p. 1998.

O'HARE, T. J. Postharvest physiology and storage of carambola (star fruit): a review. **Postharvest Biology and Technology**, v.2, n.1, p.257-267, 1993.

OLIVEIRA, E. C. M.; VALLE, R. H. P. D. Aspectos microbiológicos dos produtos hortícolas minimamente processados. **Higiene Alimentar**, n 14, p. 50-54, 2000.

OLIVEIRA, M N. et al. Estudo das características físicas e do rendimento da carambola (*Averrhoa carambola L.*). **Ciência Agronômica.**, Fortaleza, v. 20, p. 97-99 jun/dez., 1989.

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

PADULA, M. L. et al. Influência de diferentes tipos de embalagens nas características físico-químicas e composição gasosa de brócolis (*Brassica oleracea L.*, variedade Itálica) orgânicos minimamente processados e armazenados sob refrigeração. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 17, n. 3, p. 259-268, 2006.

PALACIOS, C. A. R. et al. Efecto del CO₂ en La conservación de la carambola (*Averrhoa carambola L.*) variedad acida del piedemonte caquetenõ por médio de atmosfera modificada a 70°C. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**. Hermosillo, v.4, n.1, p.13-17, 2001.

PALOU, E. et al. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 1, p. 42-45, 1999.

PARK, H. J. **Edible coatings for fruit**. In: Jongen W, (Ed.). Fruit and vegetable processing. Boca Raton, Fla.: CRC. 2005.

PENG, L. L., JIANG, Y. M. Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut. **Lebensmittel- Wissenschaft und Technologie**, v.36, p. 359-364, 2003.

PEREIRA, L. M. et al. Vida-de-prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 23, n.3, p. 427-433, 2003.

PINELI, L. L. O. et al. Caracterização química e física de batatas ágata e monalisa minimamente processadas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 127-134, 2006.

PINHEIRO, N. M. S. et al. Avaliação da qualidade microbiológica de frutos minimamente processados comercializados em supermercados de Fortaleza. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 1, p. 153-156, Abril 2005.

PORTE, A.; MAIA, L. H. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. **Boletim do CEPPA** v.19, p. 105-118, 2001.

- QI, H. et al. Extending shelf-life of Fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings, **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v.13, p. 25-32, 2010.
- RIGO, L. N. Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis. **Dissertação (mestrado em Engenharia de Alimentos)** - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Campus de Erechim – RS, p.130, 2009.
- ROJAS, A. M.; GERSCHENSON, L. N. Ascorbic acid destruction in sweet aqueous model systems. **Lebensm.- Wiss. U- Technol.**, v. 30, p. 567-572, 1997.
- ROSA, O. O.; CARVALHO, E. P. Características microbiológicas de frutos e hortaliças minimamente processadas. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 34, n. 2, p. 84-92, 2000.
- SANTOS, J. C. B. Avaliação da qualidade do abacaxi “pérola” minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 353-361, 2005.
- SATO, G. S; MARTINS, V. A.; BUENO, C R F. Análise exploratória do perfil do consumidor de minimamente processados na cidade de São Paulo. In: III SEMINÁRIO ABAR SUL (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO RURAL – Região Sul). **Anais...** Curitiba (PR), 2006.
- SILVA, H. S. R. C.; SANTOS, K. S. C. R.; FERREIRA, E. I. Quitosana: derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. **Quím. Nova**. v. 29, n. 4, p. 776-785, 2006.
- SILVA, J A A; DONADIO, L C. Carambola. In: _____. **Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas**. 1. Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. cap 7. 135-169.
- SKJAK-BRAEK, G.; ANTHONSEN, T.; SANDFORD, P., eds.; Chitin and Chitosan sources, chemistry, biochemistry, physical properties and applications, **Elsevier Applied Science**: London, 1989.
- SPAGNOL, W. A.; PARK, K. J.; MONTEIRO, J. M. Taxa de respiração de cenouras minimamente processadas e armazenadas em diferentes temperaturas. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.26, n.3, p. 552-554, set. 2006.
- STROHECKER, R., HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.
- TANADA-PALMU, P.; FAKHOURI, F. M.; GROSSO, C. R. F. Filmes biodegradáveis: Extensão da vida útil de frutas tropicais. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, n. 26, p. 12-17, maio/junho 2002.
- TEIXEIRA, G H A. et al. Use of modified atmosphere to extend shelf life of fresh-cut carambola (*Averrhoa carambola* L. cv. Fwang Tung). **Postharvest Biology and Technology**. v. 44. p. 80–85. 2007.

TEIXEIRA, G. H. A. et al. Modificações dos compostos da parede celular de carambolas minimamente processadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18, 2002, Porto Alegre. **Integração pesquisa - indústria**: [anais}....Porto Alegre: SBCA, 2002. 1 CD ROM. Disponível em: http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_1575.pdf acesso em: 19 de junho de 2010.

TEIXEIRA, G. H. A. et al.. Caracterização Pós-Colheita de Seis Cultivares de Carambola (*Averrhoa carambola* L.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 23, n. 3, p. 546-550, dez. 2001.

TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN, J. F.; ALVES, R. E.; Use of carambola (*Averrhoa carambola* L. 'Fwang Tung') fruit at two stages of maturity for fresh-cut products. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 682, p. 1901-1908, 2005.

THOMPSON, A. K. Preharvest factors on postharvest life. In: AMES, L. **Fruit and vegetables**. Editora Blackwell Publishing Ltd. cap. 1, p 1–8, 2003.

TONHI, E.; PLEPIS, A. M. G. Obtenção e caracterização de blendas colágeno-quitosana. **Química Nova**, S. Paulo, v. 25, n. 6, p. 943-948, 2002.

TRIGO, J. M. Qualidade de mamão “Formosa” minimamente processado utilizando revestimento comestíveis. 2010. **Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)** - Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo – USP. 102 p.

UDDIN, M. S. et al. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **J. Food Engen.**, v. 51, p. 21-26, 2002.

UKAI, Y. N.; TSUTSUMI, T.; MARAKAMI, K. Preservation of agricultural products. **Food Technology**, Chicago, v.68, p. 608–12. Dez. 1976.

VANETTI, M. C. D. Controle microbiológico e higienie no processamento mínimo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS 2., 2000, Viçosa. **Palestras ...** Viçosa:UFV, p. 44-52, 2000.

VARGAS, M. et al. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**. v. 41, p. 164–71, 2006.

VAROQUAUX, P.; WILEY, R. C. Cambios biológicos y bioquímicos em frutas y hortalizas refrigeradas minimamente procesadas. In: WILEY, R. C. **Frutas y hortalizas minimamente procesadas y refrigeradas**. Zaragoza: Acribia, 1997. p. 221-262.

VIEITES, R. L. et al. Qualidade do melão ‘Orange Flesh’ minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 409-416, 2007.

VILAS BOAS, E. V. B; REIS, C. M. F; MELO, A. A. M. Uso de misturas químicas para a manutenção da firmeza de banana 'Prata' minimamente processada. **Ciênc. Agrotec.**, v. 33, n. 1, p. 237-244, 2009.

VITTI, M. C. D. et al. Aspectos fisiológicos e microbiológicos de beterrabas minimamente processadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 39, n. 10, p. 1027-1032, 2004.

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

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

WILLS, R. H. H. et al. **Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables**. Westport: Avi Publishing Company, 1981.

WILSON, C. W. I. Carambola and Bilinbi. In: NAGY, S.; SHAW, P. E.; WARDOWSKY, F. S. **Fruits of tropical and subtropical origem**: composition, properties and uses. Lake Alfred, Florida: Florida Science Source, 1990. p.277-301.

YAMASHITA, F.; JACOMETTI, G. A.; MENEGHEL, R. F. A. Aplicação de revestimentos comestíveis em atemóia (*Annona cherimola* Mill. x *Annona squamosa* L.). **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 37, p. 16-21, 2003.

ZHAO, Y; McDANIEL, M. Sensory quality of foods associated with edible film and coating systems and shelf-life extension. In: HAN, J H, (editor). **Innovations in food packaging**. SanDiego, Calif.: Elsevier Academic Press. p 434–453, 2005.

ANEXOS

ANEXO I

Tabela 7. Formulações de revestimento de Alginato.

| Formulação de Alginato | | | | |
|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Reagentes | Alginato 1 | Alginato 2 | Alginato 3 | Alginato 4 |
| Alginato de sódio | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Lactato de cálcio | 30%* | 30%* | 30%* | 30%* |
| Glicerol | 10%* | 5%* | 0 | 10%* |
| PEG 400 | 10%* | 5%* | 10%* | 0 |

**em relação ao peso do polímero principal.*

Tabela 8. Formulações de revestimento de Quitosana.

| Formulação de Quitosana | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Reagentes | Quitosana 1 | Quitosana 2 | Quitosana 3 | Quitosana 4 |
| Quitosana | 1,5% | 1,5% | 1,5% | 1,5% |
| Ácido acético | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Glicerol | 10%* | 10%* | 20%* | 20%* |
| PEG 400 | 10%* | 20%* | 10%* | 20%* |

**em relação ao peso do polímero principal.*

ANEXO II

| <u>Levantamento de Atributos</u> | | | |
|---|-------|----------------------|-------|
| Nome: _____ | | Data: ____/____/____ | |
| Produto: Carambola Minimamente Processada | | | |
| - Dia do processamento (zero dias de armazenamento) | | | |
| APARÊNCIA | SABOR | TEXTURA | AROMA |
| - - - - | | | |
| - Seis dias de armazenamento | | | |
| APARÊNCIA | SABOR | TEXTURA | AROMA |
| - - - - | | | |

Figura 22. Ficha de avaliação sensorial para o teste de levantamento de atributo.

ANEXO III

The screenshot shows a software window titled "Fizz - [Fizzterm 0]" with a menu bar (Ação, File, Elemento, Sessions, Options, Windows, Help) and a toolbar. The main text reads: "Você está recebendo amostras de carambola para comparar cada uma com a Referência marcada com R. Indique, para cada atributo, a quantidade de diferença que existe dizendo se é mais, comparável ou mesmo menos do que a Referência R." Below this, the section "APARENCIA" contains four attributes, each with a 9-point scale:

- Cor amarela da casca:** Scale from "Extremamente menos que R" to "Extremamente mais que R". The value "371" is displayed in a box on the right.
- Cor verde da casca:** Scale from "Extremamente menos que R" to "Extremamente mais que R".
- Cor amarela da polpa:** Scale from "Extremamente menos que R" to "Extremamente mais que R".
- Manchas marrons na polpa:** Scale from "Extremamente menos que R" to "Extremamente mais que R".

Navigation buttons "Página anterior" and "Próxima página" are located at the bottom of the form. The Windows taskbar at the bottom shows the "Iniciar" button, system icons, and the text "SIMULATION - LVW" and "03/06/2009 09".

Figura 23. Ficha de avaliação sensorial para o teste de comparação múltipla para uma amostra (avaliação da aparência).

ANEXO IV

Nome: _____ Data: __/__/__

Sexo: ()M ()F Idade: _____

Você está recebendo uma amostra de carambola. Marque com um "X" na escala correspondente o lugar (inclusive entre os pontos) que represente o quanto você gostou ou desgostou.

AVALIAÇÃO GLOBAL 174

1 ←-----→ 5 -----→ 9

Desgostei Nem gostei, Gostei
Muitíssimo Nem desgostei muitíssimo

Figura 24. Modelo de ficha utilizando a escala hedônica híbrida de 9 pontos.

ANEXO V

Tabela 9. Média da perda de massa fresca de carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^\circ\text{C}$ a 85% UR por 8 dias.

| Tratamento | Armazenamento (dias) | | | | |
|------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Controle | 0Aa | $1,21 \pm 2,10\text{Ba}$ | $2,40 \pm 2,07\text{Ca}$ | $3,29 \pm 3,15\text{Ca}$ | $4,28 \pm 3,03\text{Da}$ |
| Alginato a 1% | 0Aa | $1,10 \pm 1,07\text{Ba}$ | $1,30 \pm 3,00\text{Bb}$ | $1,98 \pm 2,67\text{Bb}$ | $2,40 \pm 2,30\text{Cb}$ |
| Quitosana a 1.5% | 0Aa | $1,32 \pm 1,14\text{Ba}$ | $1,45 \pm 2,00\text{Bb}$ | $2,10 \pm 1,16\text{Cb}$ | $2,84 \pm 1,45\text{Cb}$ |

Gl=2

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

ANEXO VI

Tabela 10. Média da umidade de carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^\circ\text{C}$ a 85% UR por 8 dias.

| Tratamento | Armazenamento (dias) | | | | |
|------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Controle | $90,31 \pm 0,21\text{Aa}$ | $89,81 \pm 0,29\text{Aa}$ | $86,71 \pm 1,73\text{Bb}$ | $85,11 \pm 2,28\text{Bb}$ | $83,56 \pm 2,72\text{Cb}$ |
| Alginato a 1% | $90,41 \pm 0,35\text{Aa}$ | $90,29 \pm 0,53\text{Aa}$ | $90,06 \pm 0,22\text{Aa}$ | $89,02 \pm 0,07\text{Aa}$ | $89,32 \pm 0,76\text{Aa}$ |
| Quitosana a 1.5% | $90,70 \pm 0,12\text{Aa}$ | $90,40 \pm 0,67\text{Aa}$ | $89,28 \pm 0,31\text{Aa}$ | $88,27 \pm 1,34\text{Aa}$ | $88,12 \pm 1,52\text{Aa}$ |

GI=5

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

ANEXO VII

Tabela 11. Médias de luminosidade para carambolas minimamente processadas e tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias.

| Tratamento | Armazenamento (dias) | | |
|------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 0 | 4 | 8 |
| Controle | $40,16 \pm 7,48\text{Aa}$ | $47,3 \pm 5,93\text{Bb}$ | $65,29 \pm 6,36\text{Ca}$ |
| Alginato a 1% | $43,32 \pm 10,02\text{Aa}$ | $62,13 \pm 1,96\text{Ba}$ | $70,59 \pm 0,60\text{Ca}$ |
| Quitosana a 1.5% | $47,13 \pm 3,57\text{Aa}$ | $62,38 \pm 0,83\text{Ba}$ | $66,08 \pm 2,16\text{Ca}$ |

GI=5

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

ANEXO VIII

Tabela 12. Médias de cromaticidade para carambolas minimamente processadas e tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias.

| Tratamento | Armazenamento (dias) | | |
|------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 0 | 4 | 8 |
| Controle | $19,56 \pm 1,67\text{Aa}$ | $23,81 \pm 1,07\text{Ba}$ | $42,30 \pm 1,86\text{Ca}$ |
| Alginato a 1% | $20,47 \pm 2,59\text{Aa}$ | $32,04 \pm 4,14\text{Bb}$ | $38,10 \pm 2,43\text{Ca}$ |
| Quitosana a 1.5% | $21,38 \pm 2,70\text{Aa}$ | $31,26 \pm 1,32\text{Bb}$ | $35,10 \pm 2,42\text{Ca}$ |

GI=5

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

ANEXO IX

Tabela 13. Médias de índice de escurecimento para carambolas minimamente processadas e tratadas com alginato (1%) e quitosana (1,5%) armazenadas a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR durante 8 dias.

| Tratamento | Armazenamento (dias) | | |
|------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| | 0 | 4 | 8 |
| Controle | 24,11 \pm 3,91Aa | 30,38 \pm 0,55Ba | 70,62 \pm 5,98Cb |
| Alginato a 1% | 23,17 \pm 2,32Aa | 44,97 \pm 14,70Ba | 50,86 \pm 1,89Ca |
| Quitosana a 1.5% | 23,53 \pm 5,54Aa | 43,61 \pm 5,87Ba | 49,14 \pm 1,89Ca |

GI=5

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

ANEXO X

Tabela 14. Média da firmeza instrumental de carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^\circ\text{C}$ a 85% UR por 8 dias.

| Tratamento | Armazenamento (dias) | | | | |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Controle | $2,86 \pm 0,77\text{Aa}$ | $3,16 \pm 0,67\text{Ba}$ | $3,16 \pm 0,83\text{Ba}$ | $3,84 \pm 0,53\text{Ca}$ | $3,84 \pm 0,82\text{Ca}$ |
| Alginato a 1% | $2,38 \pm 0,42\text{Ab}$ | $2,97 \pm 0,77\text{Ba}$ | $2,77 \pm 0,40\text{Ba}$ | $3,36 \pm 0,87\text{Ca}$ | $3,42 \pm 0,57\text{Ca}$ |
| Quitosana a 1.5% | $3,20 \pm 0,65\text{Aa}$ | $2,96 \pm 0,66\text{Aa}$ | $3,18 \pm 0,78\text{Aa}$ | $4,00 \pm 0,63\text{Ba}$ | $3,37 \pm 0,76\text{Aa}$ |

GI=8

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

ANEXO XI

Tabela 15. Média de sólidos solúveis de carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^\circ\text{C}$ a 85% UR por 8 dias.

| Tratamento | Armazenamento (dias) | | | | |
|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Controle | $8,3 \pm 0,13\text{Aa}$ | $8,6 \pm 0,24\text{Aa}$ | $10,6 \pm 1,07\text{Bb}$ | $11,8 \pm 1,44\text{Bb}$ | $14,0 \pm 1,51\text{Bb}$ |
| Alginato a 1% | $8,3 \pm 0,11\text{Aa}$ | $8,0 \pm 0,29\text{Aa}$ | $8,0 \pm 0,04\text{Aa}$ | $8,8 \pm 0,13\text{Aa}$ | $8,6 \pm 0,58\text{Aa}$ |
| Quitosana a 1.5% | $8,0 \pm 0,29\text{Aa}$ | $7,3 \pm 0,13\text{Aa}$ | $8,2 \pm 0,13\text{Aa}$ | $8,4 \pm 0,64\text{Aa}$ | $9,4 \pm 1,04\text{Ba}$ |

GI=5

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

ANEXO XII

Tabela 16. Média de acidez titulável de carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^\circ\text{C}$ a 85% UR por 8 dias.

| Tratamento | Armazenamento (dias) | | | | |
|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Controle | $0,168 \pm 0,003\text{Aa}$ | $0,200 \pm 0,010\text{Aa}$ | $0,245 \pm 0,035\text{Bb}$ | $0,300 \pm 0,038\text{Cb}$ | $0,381 \pm 0,060\text{Db}$ |
| Alginato a 1% | $0,184 \pm 0,008\text{Aa}$ | $0,175 \pm 0,006\text{Aa}$ | $0,191 \pm 0,014\text{Ba}$ | $0,209 \pm 0,006\text{Ca}$ | $0,232 \pm 0,018\text{Da}$ |
| Quitosana a 1.5% | $0,199 \pm 0,008\text{Aa}$ | $0,190 \pm 0,007\text{Aa}$ | $0,186 \pm 0,002\text{Aa}$ | $0,185 \pm 0,009\text{Aa}$ | $0,212 \pm 0,029\text{Ba}$ |

GI=5

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

ANEXO XIII

Tabela 17. Média de *ratio* em carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^{\circ}\text{C}$ a 85% UR por 8 dias.

| Tratamento | Armazenamento (dias) | | | | |
|------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Controle | 49,50 | 42,90 | 43,21 | 39,40 | 36,66 |
| Alginato a 1% | 44,93 | 45,52 | 41,64 | 42,17 | 36,98 |
| Quitosana a 1.5% | 39,97 | 38,35 | 44,17 | 45,59 | 44,57 |

GI=5

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

ANEXO XIV

Tabela 18. Média de pH de carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^\circ\text{C}$ a 85% UR por 8 dias.

| Tratamento | Armazenamento (dias) | | | | |
|------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Controle | $4,14 \pm 0,027\text{Aa}$ | $4,02 \pm 0,078\text{Aa}$ | $4,03 \pm 0,042\text{Aab}$ | $4,03 \pm 0,029\text{Aa}$ | $4,01 \pm 0,024\text{Aa}$ |
| Alginato a 1% | $4,07 \pm 0,047\text{Aa}$ | $4,06 \pm 0,038\text{Aa}$ | $3,92 \pm 0,047\text{Aa}$ | $4,06 \pm 0,040\text{Aa}$ | $3,96 \pm 0,044\text{Aa}$ |
| Quitosana a 1.5% | $4,03 \pm 0,022\text{Aa}$ | $3,96 \pm 0,009\text{Aa}$ | $4,12 \pm 0,051\text{Bb}$ | $4,33 \pm 0,042\text{Bb}$ | $4,25 \pm 0,036\text{Bb}$ |

GI=5

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

ANEXO XV

Tabela 19. Média de ácido ascórbico em carambolas minimamente processadas revestidas com alginato de sódio a 1% e quitosana a 1,5% armazenadas a $9\pm 1^\circ\text{C}$ a 85% UR por 8 dias.

| Tratamento | Armazenamento (dias) | | | | |
|------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Controle | $59,93 \pm 0,88\text{Aa}$ | $21,29 \pm 4,65\text{Ba}$ | $21,22 \pm 0,51\text{Ba}$ | $17,75 \pm 3,56\text{Ca}$ | $12,53 \pm 4,12\text{Da}$ |
| Alginato a 1% | $52,28 \pm 0,59\text{Aa}$ | $22,85 \pm 17,50\text{Ba}$ | $22,75 \pm 2,54\text{Ba}$ | $15,66 \pm 2,72\text{Ca}$ | $11,86 \pm 0,59\text{Da}$ |
| Quitosana a 1.5% | $40,72 \pm 0,49\text{Ab}$ | $19,3 \pm 2,81\text{Bb}$ | $10,4 \pm 0,13\text{Cb}$ | $5,82 \pm 0,31\text{Db}$ | $3,53 \pm 1,39\text{Db}$ |

GI=5
Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.