

**Preservação da qualidade pós-colheita de carambola com solução filmogênica de quitosana**

Alex Guimarães Sanches<sup>1</sup>, Maryelle Barros da Silva<sup>2</sup>, Edmarcos Xavier dos Santos<sup>2</sup>,  
Fernando Maia Tripoloni<sup>2</sup>, Carlos Alberto Martins Cordeiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza- CE

<sup>2</sup>Universidade Federal do Pará, Campus Altamira-PA

<sup>3</sup>Universidade Federal do Pará, Campus Bragança-PA

Email autor correspondente: [fernandotripolonieng@gmail.com](mailto:fernandotripolonieng@gmail.com)

Artigo enviado em 01/02/2017, aceito em 30/06/2017.

**Resumo:** A fisiologia pós-colheita da carambola é marcada por uma série de transformações que favorecem a perda de qualidade com o tempo de armazenamento, podendo-se destacar a elevada perda de água, o amolecimento da polpa, o ataque de microorganismos, a perda de coloração natural dentre outros. Com o intuito de minimizar esses efeitos, o presente trabalho teve por objetivo avaliar diferentes concentrações de quitosana como biofilme na preservação dos constituintes físico-químicos durante o armazenamento refrigerado dessa fruta. O experimento foi conduzido em DIC fatorial 4x5 com quatro repetições e as análises de perda de massa fresca, firmeza dos frutos, coloração da casca (H° e C), sólidos solúveis totais, acidez titulável, pH, teor de ácido ascórbico, e ocorrência de podridões foram realizadas a cada quatro dias. Houve efeito significativo da quitosana em relação ao tratamento controle para todas as características avaliadas a nível de 1 e 5% com o tempo de armazenamento dos frutos. Apesar de pouco haver diferença estatística entre as concentrações de 2,0 e 3,0% os melhores benefícios quanto ao controle da maturação com os dias de análise são verificados nos frutos revestidos com 2,0% de quitosana. O armazenamento refrigerado das carambolas favoreceu o não aparecimento de fungos que causadores de podridão dos frutos.

**Palavras-chave:** Averrhoa carambola L., atmosfera modificada, biofilme.

**Preservation of post-harvest quality of star fruit with chitosan film forming solution**

**Abstract:** The post-harvest physiology of the star fruit is marked by a series of transformations that favor the loss of quality with the time of storage, being able to emphasize the high loss of water, the softening of the pulp, the attack of microorganisms, the loss of Natural coloring among others. In order to minimize these effects, the present work aimed to evaluate different concentrations of chitosan as a biofilm in the preservation of physicochemical constituents during refrigerated storage of this fruit. The experiment was conducted in 4x5 factorial DIC with four replicates and the analyzes determined every four days on the loss of fresh mass, fruit firmness, peel color (H ° and C), total soluble solids, titratable acidity, pH, Ascorbic acid, and occurrence of rot. There was a significant effect of chitosan in relation to the control treatment for all traits evaluated at 1 and 5%

level with fruit storage time. Although there is little statistical difference between the concentrations of 2 and 3%, the best benefits regarding maturation control with the days of analysis are verified in the fruits coated with 2,0% of chitosan. The refrigerated storage of the star fruit favored the non-appearance of fungi that caused the rot of the fruits.

**Key words:** *Averrhoa carambola* L., modified atmosphere, biofilm.

### Introdução

A caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) é uma fruteira tropical do Sudeste asiático, cultivada na Malásia, sul da China, Taiwan e Índia, sendo relativamente popular nas Filipinas, Austrália e em algumas ilhas do Pacífico Sul (DONADIO et al., 2001). O Brasil é um dos maiores produtores de carambola do mundo, sendo grande parte da produção proveniente de pequenos pomares, localizados em sua maioria no Estado de São Paulo (NATALE et al., 2008). Pertencente à família Oxalidaceae, a carambola é um fruto atrativo pelo seu formato de estrela, quando cortado em fatias transversais, com casca translúcida e brilhante, polpa amarela de tonalidade intensa e sabor agridoce (NEVES et al., 2004).

A carambola é consumida como fruta fresca em sua forma in natura, mas a polpa também é utilizada para preparar geleias, molhos, compotas e picles. Essa fruta pode ser enquadrada na categoria de alimentos funcionais ou nutracêuticos, que são aqueles que possuem compostos químicos importantes à saúde humana (SHUI e LEONG, 2006)

Os frutos de carambola atingem a maturidade fisiológica quando ainda estão ligados à árvore e após a colheita continuam seu amadurecimento para se transformarem em fruto comestível e, então, passam à fase de senescência

(NEVES et al., 2004). Estas fases são acompanhadas de muitas reações químicas, que culminam também em reações físicas, dentre as quais se destacam, para este fruto em particular, a excessiva perda de água, a susceptibilidade a danos mecânicos e o amolecimento da polpa, ocasionados pela transpiração e armazenamento inadequado (SEPIAH et al., 2003).

Dentre os procedimentos aplicados em frutas tropicais para prolongar a vida útil pós-colheita, o uso de compostos naturais ou biodegradáveis, não tóxicos, derivados de animais ou plantas, tem-se destacado nos trabalhos de conservação de produtos vegetais (BAUTISTA-BAÑOS et al., 2006), sendo a quitosana um desses produtos.

A quitosana é um polissacarídeo obtido da desacetilização da quitina, presente principalmente em insetos e invertebrados marinhos, com ação fungistática sem, porém, causar toxicidade ao organismo humano (BERGER et al., 2011). Quando dissolvida em meio ácido e aplicada sobre a superfície dos frutos forma uma membrana semipermeável que tem sido amplamente utilizada na proteção de frutos perecíveis contra a desidratação, redução da respiração, manutenção da firmeza e coloração (ALI et al., 2011).

Trata-se de um produto natural, de baixo custo, renovável e abundante cujo potencial de uso vão desde a gestão de resíduos de processamentos de alimentos, medicina, biotecnologia e ainda agricultura, por exemplo, na fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças (FREDDO et al., 2014).

### **Material e métodos**

Foram utilizados frutos de carambola da cultivar Nota 10 no estádio 3 de maturação fisiológico, isto é, com coloração completamente amarela. Os frutos foram colhidos em pomar situado em propriedade agrícola familiar em plena produção localizado sob as coordenadas 52° 16' 42,19" W e 3° 10' 0,82" S, município de Altamira-PA.

Após a colheita e lavagem dos frutos no packing house da própria unidade de produção, os mesmos foram transportados à temperatura de 14°C por cerca de 30 minutos até a unidade do Centro de Estudos Ambientais - CEA, Laboratório de Biotecnologia Aplicada situado no município de Altamira-PA. No laboratório os frutos foram sanitizados em solução de hipoclorito de sódio, 5% por 5 min, seguido de lavagem em água deionizada. Após a sanitização, os frutos foram depositados em bancadas para a secagem com auxílio de papel toalha.

Após secos os frutos foram submetidos aos tratamentos contendo quitosana, para o preparo da solução foi utilizado quitosana (Sigma-Aldrich, USA) de peso molecular médio, com pureza de 99,5% e 75-85% de desacetilação. Foram preparadas soluções de nas concentrações de 0,0 % (controle), 2,0%, 4,0% e 6,0% (p/v) contendo

Desse modo o presente trabalho tem por objetivo estender a vida útil das carambolas com o uso dos revestimentos a base de quitosana visando à manutenção de suas características físico-químicas durante o tempo de armazenamento em condição de refrigeração.

0,5 mL (v/v) de ácido acético glacial. A solução foi agitada durante 12 horas, sendo controlado o pH na faixa de 5,6 - 5,8 com o próprio ácido acético glacial.

Após as soluções preparadas, os frutos foram imersos por 1 minuto e em seguida retirados para o escoamento do excesso de solução por 30 segundos, estes foram acondicionados em bandejas de isopor de poliestireno revestida com filme plástico de PVC 14 micras e armazenados em refrigerador a 10 ± 2°C e UR 85 ± 5% de U.R.

Com o fim da aplicação dos tratamentos os frutos foram avaliados, caracterizando o tempo zero, e seguindo-se avaliações a cada 4 dias em um total de 16 dias de ensaio. As avaliações realizadas no período foram de acordo com as metodologias descritas para os atributos físico-químicos listados a seguir.

A perda de massa fresca foi obtida a partir da diferença nos pesos dos frutos desde a implantação do experimento até o último dia de armazenamento. Foi utilizado balança semi-analítica digital e os resultados foram expressos em percentagem (%).

A firmeza foi medida nos frutos inteiros, utilizando-se o texturomêtro Stevens LFRA Texture Analyser, com ponta de prova A

9/1000. A velocidade de penetração foi de 2,0 mm seg<sup>-1</sup> e uma profundidade de 5mm. A leitura foi realizada em lados opostos do fruto, escolhendo-se um ponto na porção central das asas /hastes longitudinais, considerando o valor médio das duas leituras para se determinar a firmeza expressa em Newtons (N).

A coloração da casca dos frutos foi determinada utilizando um colorímetro portátil (modelo CR-300, Minolta). Foram realizadas três leituras em pontos equidistantes na região equatorial dos frutos, compondo um valor médio para os ângulos de Hue (H) e Chroma (C).

O teor de sólidos solúveis foi determinado a partir da extração de duas gotas de suco de uma amostra da polpa na região mediana do fruto. O suco foi extraído por prensa manual e depositado diretamente sobre o prisma de um refratômetro digital (ATAGO, modelo PR 201) e os resultados expressos em ° Brix.

A acidez foi determinada por titulometria seguindo a metodologia descrita pela AOAC (2012). Foram retirados 10 g de polpa da carambola que adicionado a 50 mL de água destilada foram homogeneizados e titulados em solução com NaOH 0,1N e solução de fenolftaleína a 1% como indicador do ponto de viragem utilizando bureta digital e os resultados expressos em g de ácido oxálico por 100 g<sup>-1</sup>.

O ratio SS/AT determinado pelo equilíbrio entre doce-ácido do produto durante o amadurecimento do fruto, foi calculada a relação entre sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT).

O pH das amostras foi determinado por potenciometria utilizando-se o potenciômetro

ANALYSER – modelo pH 300, conforme técnica descrita por AOAC (2012).

O teor de vitamina C foi determinado pelo método proposto por Chen e Wang (2002) em espectrofotômetro a 525 nm, sendo os resultados expressos na curva de calibração em g.100g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico.

O ensaio foi conduzido sob esquema fatorial (4x5) em delineamento inteiramente casualizado, sendo os fatores quatro concentrações de quitosana: 0,0 (controle), 1,0, 2,0 e 3,0% e cinco diferentes dias de análise 0, 4, 8, 12 e 16 dias após aplicação dos tratamentos, com quatro repetições de cada tratamento, sendo três carambolas constituindo a parcela experimental.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade. Não havendo restrições os dados foram analisados pela ANOVA ( $p \leq 0,05$ ) e comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), através do software Assistat 7.7 versão beta.

### **Resultados e discussão**

As análises verificadas neste trabalho apresentaram efeito significativo pelo teste F na interação entre os fatores (dias de análise x concentrações de quitosana) ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) para perda de massa fresca, sólidos solúveis, teor de vitamina C e índice de maturação e ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) sobre a firmeza, acidez titulável, pH, coloração da casca. Para os compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total dos frutos houve efeito somente dos dias de

armazenamento sobre essas variáveis.

perda de massa fresca, apresentou-se crescente em todos os tratamentos com o avanço dos dias de armazenamento dos frutos (Tabela 1). Para o tratamento controle, a evolução na perda de massa foi mais acentuada do que nos demais

tratamentos, evidenciando o potencial mantenedor da massa gerado pelo biofilme de quitosana. As perdas chegaram ao final de dezesseis dias correspondendo a 8,59, 7,54, 5,83 e 5,49% para controle, quitosana a 1, 2 e 3% respectivamente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores médios pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) sobre a perda de massa fresca (%) em carambolas submetidas a diferentes concentrações de quitosana ao longo de dezesseis dias de armazenamento refrigerado.

Concentrações de quitosana	Dias de análise				
	0	4	8	12	16
Controle	0,0 dA	2,68 cB	4,67 bC	6,78 aC	8,59 aC
1,0%	0,0 dA	2,05 cAB	3,76 bB	5,63 baB	7,54 aB
2,0%	0,0 dA	1,34 dcA	2,97 cA	4,12 bA	5,83 aA
3,0%	0,0 dA	1,63 dcA	2,66 cA	3,96 bA	5,49 aA

CV (%) = 3,89

Médias seguidas pela mesma letra na linha (minúsculas, dias de análise) e na coluna (maiúsculas, concentrações de quitosana) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

De modo geral, o aumento na concentração de quitosana proporcionou menor perda de massa e consequentemente menor índice de murchamento dos frutos concordando com os trabalhos de Ali et al. (2011) e Velickova et al. (2013), nos quais a perda de massa fresca em mamão da cv. "Eksotika" e em morangos, respectivamente foram menores à medida que houve incremento na dose de quitosana utilizada como revestimento.

O valor médio sobre a firmeza das carambolas regrediu com o tempo de armazenamento em todos os tratamentos avaliados, passando de 22,06 N para menos de 12,0 N ao final de dezesseis dias (Tabela 2). Para Jacomino et al. (2002), uma das principais causas da redução na firmeza de polpa de carambola, está relacionado à degradação da lamela

média da parede primária, com consequente aumento da pectina solúvel e redução de açúcares neutros não-celulósicos desencadeando avanço no estágio de amadurecimento.

Avaliando a relação entre os tratamentos, é possível notar que não ocorreram diferenças entre si até o quarto dia de avaliação quando os tratamentos controle e 1% de quitosana apresentaram reduções mais expressivas na firmeza dos frutos. A concentração de quitosana a 2% por sua vez promoveu maior resistência quando comparados com os demais tratamentos, durante os 16 dias de avaliação com redução de apenas 6 N em relação ao tempo zero (Tabela 2). Os dados estão de acordo com o trabalho de Oliveira et al. (2015), no qual as carambolas apresentaram reduções na firmeza

dos frutos mesmo quando revestidas com gelatina e filme plástico de PVC.

**Tabela 2.** Valores médios pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) da firmeza (N) de carambolas submetidas a diferentes concentrações de quitosana ao longo de dezesseis dias de armazenamento refrigerado.

Concentrações de quitosana	Dias de análise				
	0	4	8	12	16
Controle	22,06 cA	19,74 cA	16,54 bC	13,62 aC	11,78 aC
1,0%	22,06 cA	19,89 cA	15,89 bC	13,91 aC	12,66 dC
2,0%	22,06 cA	21,76 cA	20,15 cA	18,63 cA	16,76 bA
3,0%	22,06 cA	20,85 cA	18,75 cbB	15,79 bB	13,36 aB
CV (%)= 3,63					

Médias seguidas pela mesma letra na linha (minúsculas, dias de análise) e na coluna (maiúsculas, concentrações de quitosana) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

É possível notar que ao fim do armazenamento a maior concentração de quitosana não promoveu conservação da resistência do fruto por maior período, se comparado as concentrações de 2% e 1% respectivamente, provavelmente, devido à excessiva restrição às trocas gasosas entre os tecidos das goiabas e a atmosfera externa.

Diferentemente Cerqueira et al. (2011) e Galo et al. (2014), observaram que, em goiabas e mamão, respectivamente, maior concentração de quitosana reduziu a degradação das pectinas que compõem a parede celular dos frutos, mantendo, desta forma, maior firmeza dos tecidos.

O ângulo Hue é indicativo de tonalidade. De acordo com a Tabela 3, observa-se que houve diminuição dos valores em todos os tratamentos com o tempo de armazenamento, e isso ocorre à medida que se desenvolve a cor amarela do fruto. Ding et al. (2007), trabalharam com carambolas cv. B10 e também observaram diminuição no valor de  $H^{\circ}$  com o tempo de armazenamento. Observa-se efeito significativo do uso da

quitosana em relação ao tratamento controle que após o quarto dia apresenta um declínio mais acentuado nos valores com média de  $95,87 H^{\circ}$  ao final do armazenamento (Tabela 3). Tal fato permite inferir na potencialidade evidenciada pelo uso da quitosana em conseguir manter a coloração amarelo claro por mais tempo sobre os frutos favorecendo um retardo no processo de maturação.

Ainda de acordo com a Tabela 3, nota-se efeito entre os tratamentos com quitosana somente após o oitavo dia de avaliação quando os frutos revestidos com 1% apresentaram uma redução mais expressiva ao passo que as concentrações de 2 e 3% mantiveram reduções graduais até o fim dos dias de avaliação.

Para a carambola o Chroma ( $C^*$ ) define a intensidade de cor, quanto maior valor, mais intenso é a cor amarela por conta do amadurecimento. De modo geral os valores aumentaram a medida que houve avanço nos dias de armazenamento das carambolas em todos os tratamentos (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores médios pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) de coloração da casca (Hue e Chroma) em carambolas submetidas a diferentes concentrações de quitosana ao longo de dezesseis dias de armazenamento refrigerado.

Coloração da casca	Concentrações de quitosana	Dias de análise				
		0	4	8	12	16
Hue	Controle	109,87 cA	108,42 cA	104,67 bB	99,32 aC	95,87 aC
	1,0%	109,87 cA	108,54 cA	107,66 cA	101,56 bB	98,67 aB
	2,0%	109,87 cA	109,15 cA	108,44 cA	105,33 bA	103,56 aA
	3,0%	109,87 cA	109,47 cA	108,59 cA	104,87 bA	103,21 aA
	CV (%)= 2,54					
Chroma	Controle	27,43 cA	29,67 cA	33,87 bB	37,93 bB	42,56 aC
	1,0%	27,43 cA	28,54 cA	29,06 cbA	32,87 bA	36,82 aB
	2,0%	27,43 cA	27,85 cA	28,95 bA	30,79 bA	33,71 aA
	3,0%	27,43 cA	28,13 cA	28,73 cA	30,51 bA	34,06 aA
	CV (%)= 1,62					

Médias seguidas pela mesma letra na linha (minúsculas, dias de análise) e na coluna (maiúsculas, concentrações de quitosana) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Independente da concentração, pode-se observar que nos frutos revestidos com quitosana os valores de cromia apresentaram aumento pouco expressivo em relação ao tempo zero até o oitavo dia de avaliação, não diferindo entre si. Hojo et al. (2011) e Oliveira et al. (2015) também verificaram maior preservação da cor natural de lichias e carambolas quando revestidas com biofilme de quitosana.

Ao fim de dezesseis dias não houve diferença significativa nas carambolas revestidas com 2 e 3% de quitosana apresentando em ambos os menores valores. Já nos frutos do tratamento controle os valores são bem expressivos logo após o quarto dia de armazenamento permanecendo constantes até o fim do período experimental (Tabela 3).

De acordo com a Tabela 4, observa-se que os teores de sólidos solúveis apresentaram um aumento na polpa dos frutos em todos os

tratamentos com o tempo de armazenamento, permitindo notar que os tratamentos com 2 e 3% de quitosana, proporcionaram estabilidade desses teores se comparado aos demais tratamentos após doze dias de avaliação. A razão do menor incremento dos SS está relacionado ao retardo do amadurecimento promovido pelo biofilme gerado sob os frutos controlando as trocas gasosas dos com o ambiente e dessa forma reduzindo as taxas metabólicas. Resultado semelhante a este trabalho foi observado por Souza et al. (2011) e por Castañeda et al. (2014), nos quais o aumento na concentração de quitosana favoreceu menor acúmulo de SS na polpa de mangas e maçãs em relação ao tratamento controle, indicando menor avanço na maturação dos frutos.

As carambolas do tratamento controle apresentaram aumento no teor de sólidos solúveis até o décimo

segundo dia de armazenamento, alcançando média de 9,2 °Brix, seguido de diminuição no último dia de avaliação. Comportamento similar foi observado nos frutos tratados na

concentração de 1% de quitosana cujo ponto de 9,6 °Brix também é notório aos doze dias com posterior degradação (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores médios pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) sobre o conteúdo de sólidos solúveis (°Brix) em carambolas submetidas a diferentes concentrações de quitosana ao longo de dezesseis dias de armazenamento refrigerado.

Concentrações de quitosana	Dias de análise				
	0	4	8	12	16
Controle	6,7 aA	7,5 aAB	8,4 bB	9,2 cB	8,4 bcB
1,0%	6,7 aA	7,4 abAB	8,6 bB	9,6 cB	8,8 bB
2,0%	6,7 aA	6,9 aA	7,5 bA	8,3 cA	9,8 dA
3,0%	6,7 aA	7,0 aA	7,3 abA	8,2 cA	9,5 dA

CV (%)= 1,64

Médias seguidas pela mesma letra na linha (minúsculas, dias de análise) e na coluna (maiúsculas, concentrações de quitosana) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores médios de sólidos solúveis encontrados nesse experimento (6,7 a 9,8°Brix), são concordantes com os valores determinados por Oliveira et al. (2010), que obtiveram valores médios de 5,3 a 9,2 °Brix durante o armazenamento de carambolas com o uso de atmosfera modificada

Os teores de acidez na polpa dos frutos foram reduzindo à medida que houve o avanço no tempo de armazenamento (Tabela 5). Nos frutos do tratamento controle e quando revestidos com 1% de quitosana nota-se um decréscimo mais acentuado a partir do oitavo dia de análise, nos frutos revestidos com 2 e 3% os valores decrescem em menor proporção não diferindo entre si e com valores médios superiores a

0,14 g de ácido oxálico por 100 g<sup>-1</sup> ao fim de dezesseis dias (Tabela 5), em suma as maiores reduções são observadas nos tratamentos controle e quando revestidos com 1% de quitosana.

Essa redução nos teores de acidez é decorrente do processo de maturação dos frutos em função da síntese dos ácidos orgânicos que passam a ser mais utilizados como substrato no metabolismo respiratório dos frutos visando manter sua vida útil (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Tal fato explica a menor degradação nos teores de acidez titulável na polpa das carambolas revestidas com 2 e 3% de quitosana até o décimo segundo dia de avaliação (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores médios pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) sobre a acidez titulável (g de ácido oxálico por 100 g<sup>-1</sup>) em carambolas submetidas a diferentes concentrações de quitosana ao longo de dezesseis dias de armazenamento refrigerado.

Concentrações de quitosana	Dias de análise				
	0	4	8	12	16
Controle	0,27 dA	0,23 dA	0,15 cB	0,11 bB	0,06 aB
2,0%	0,27 dA	0,23 dA	0,19 cA	0,14 bB	0,09 aB
4,0%	0,27 dA	0,26 dA	0,21 cA	0,18 bA	0,16 aA
6,0%	0,27 dA	0,25 dA	0,22 cA	0,18 cA	0,15 aA

CV (%) = 1,87

Médias seguidas pela mesma letra na linha (minúsculas, dias de análise) e na coluna (maiúsculas, concentrações de quitosana) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Souza et al. (2011), trabalhando com mangas, verificou-se que a acidez titulável manteve-se mais estável quando os frutos foram revestidos com quitosana em relação ao controle.

De modo geral, os valores médios sobre a acidez das carambolas observadas neste experimento oscilaram entre 0,27 a 0,06 g de ácido oxálico por 100 g<sup>-1</sup> ao fim de dezesseis dias. Esses valores estão próximos aos de Nunes et al. (2015), que caracterizando carambolas sob efeito de atmosfera modificada,

obtiveram valores médios entre o primeiro ao nono dia de armazenamento dos frutos entre 0,21 a 0,09 g de ácido oxálico por 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente.

Com relação ao índice de maturação, observa-se que no tratamento controle os valores médios foram maiores estatisticamente que os demais tratamentos, sendo que nos frutos tratados com quitosana notam-se variações nessa variável com o tempo de armazenamento (Tabela 6).

**Tabela 6.** Valores médios pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) sobre o índice de maturação (SS/AT) em carambolas submetidas a diferentes concentrações de quitosana ao longo de dezesseis dias de armazenamento refrigerado.

Concentrações de quitosana	Dias de análise				
	0	4	8	12	16
Controle	22,54 dA	27,87 cB	36,31 bC	44,66 aC	49,87 aC
1,0%	22,54 dA	24,63 dA	31,43 cB	38,74 bB	44,19 aB
2,0%	22,54 dA	25,94 cdA	27,62 cA	33,41 bA	39,63 aA
3,0%	22,54 dA	25,89 cdA	26,06 cA	35,17 bA	38,65 aA

CV (%) = 4,59

Médias seguidas pela mesma letra na linha (minúsculas, dias de análise) e na coluna (maiúsculas, concentrações de quitosana) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Esses valores mais acentuados observados para o controle foram provavelmente ocasionado pela

maior perda de massa fresca e a aceleração do amadurecimento observado no decorrer do

armazenamento, concentrando os monossacarídeos e o teor de sólidos solúveis para este tratamento.

Nos frutos revestidos com 2 e 3% de quitosana o balanço entre os sólidos solúveis e os açúcares apresentaram maior estabilidade durante o período de armazenamento. Não muito distante destes, os frutos revestidos com 1% também apresentou comportamento semelhante apontando que o biofilme pode promover nos frutos de carambola redução nos processos metabólicos que auxiliam na maturação do fruto (Tabela 6).

Ainda de acordo com a Tabela 6, observa-se que os frutos revestidos com quitosana não apresentaram diferenças entre si até o oitavo dia de avaliação quando a menor concentração de quitosana (1%) favoreceu um incremento maior no balanço de SS/AT indicando um estágio de maturação mais elevado.

Costa et al. (2012) observaram, em tomates tratados com quitosana, a não ocorrência de diferença significativa para a relação SS/AT. Já Soares et al. (2015) verificaram que o biofilme de quitosana proporcionou um melhor balanço na relação SS/AT com o tempo de armazenamento do mamão cv. "Golden", diferindo estatisticamente do tratamento controle.

No que se refere aos níveis de potencial hidrogeniônico das carambolas, observa-se oscilações desse teor ao longo do armazenamento (Tabela 7). Entre o dia zero até o oitavo dia de análise não foi observado interação significativa entre os tratamentos, todavia a partir desse tempo os valores tornaram-se crescentes nos frutos do tratamento controle e quando tratados com 1% de quitosana, diferindo dos demais.

**Tabela 7.** Valores médios pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) sobre o pH em carambolas submetidas a diferentes concentrações de quitosana ao longo de dezesseis dias de armazenamento refrigerado.

Concentrações de quitosana	Dias de análise				
	0	4	8	12	16
Controle	3,86 cA	3,79 dA	3,98 bB	4,12 aB	4,29 aC
1,0%	3,86 cA	3,85 cA	3,96 bB	4,07 aB	4,19 aB
2,0%	3,86 cA	3,84 cA	3,89 cA	3,93 bA	4,06 aA
3,0%	3,86 cA	3,81 dA	3,86 cA	3,99 bA	4,14 aB

CV (%) = 0,91

Médias seguidas pela mesma letra na linha (minúsculas, dias de análise) e na coluna (maiúsculas, concentrações de quitosana) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nos frutos revestidos com 2 e 3% de quitosana as oscilações permanecem em menor nível até o décimo segundo dia quando a maior concentração de quitosana favorece um incremento mais significativo nos valores de pH em relação a concentração de 2% (Tabela 7).

Semelhante ao verificado por Nasser et al. (2016) quando, ao avaliar os efeitos da quitosana, notaram menor avanço nos valores de pH durante o armazenamento de mangabas revestidas em maiores concentrações de quitosana.

Tratando-se da conservação pós-colheita, valores baixos de pH possibilitam maior período de armazenamento, conforme Gondim et al. (2013), os quais inferiram em seu trabalho que, valores de pH mais elevados têm maior preferência do consumidor, enquanto que pH mais baixo, favorece a conservação dos alimentos por dificultar o desenvolvimento de microrganismos.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o aumento de pH durante o armazenamento pode ser consequência da redução da acidez

titulável, que ocorre normalmente em todos os frutos durante o armazenamento. Em carambolas acondicionadas em diferentes embalagens Oliveira et al. (2015) também observaram aumento nos valores de pH ao longo de 21 dias de armazenamento.

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos e os dias de avaliação para o teor de vitamina C na polpa das carambolas, cujos valores oscilaram entre 35,20 a 45,87 mg ácido ascórbico 100g<sup>-1</sup> (Tabela 8).

**Tabela 8.** Valores médios pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) sobre o teor de ácido ascórbico (mg ácido ascórbico 100g<sup>-1</sup>) em carambolas submetidas a diferentes concentrações de quitosana ao longo de dezesseis dias de armazenamento refrigerado.

Concentrações de quitosana	Dias de análise				
	0	4	8	12	16
Controle	33,20 aA	43,86bB	39,64 bB	36,28 bB	33,81 aC
1,0%	33,20 aA	36,47 bA	43,94 cA	40,56 cA	36,24 bB
2,0%	33,20 aA	35,63 aA	45,87 bA	42,05 cA	37,83 aB
3,0%	33,20 aA	37,64 bA	43,82 cA	41,88 cA	40,91 cA

CV (%) = 1,28

Médias seguidas pela mesma letra na linha (minúsculas, dias de análise) e na coluna (maiúsculas, concentrações de quitosana) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Essa variação nos teores de ácido ascórbico na polpa é decorrente do processo de maturação sendo esse comportamento recorrente na literatura tais como o observado por Oliveira et al. (2015), que ao avaliarem o efeito da atmosfera modificada na conservação de carambolas notaram incremento nos valores de ácido ascórbico ao longo de 20 dias de armazenamento refrigerado. Ao contrário, Teixeira et al. (2007), verificaram redução nos teores de ácido ascórbico após 15 dias de armazenamento.

Nos frutos revestidos, os valores oscilaram com o tempo de

armazenamento com tendência a redução após o oitavo dia de avaliação. Já os frutos do tratamento controle essa redução no teor de vitamina C é notória já no quarto dia de análise (Tabela 8). Os frutos revestidos com 3% de quitosana diferiram das demais concentrações no último dia de armazenamento quando evidenciaram maior teor de vitamina C na polpa dos frutos (Tabela 8).

Essa maior preservação no teor de vitamina C possivelmente está relacionado à permeabilidade do revestimento de quitosana devido a redução na atividade das enzimas,

impedindo deste modo a oxidação do ácido ascórbico. Os dados obtidos neste trabalho estão em concordância com os dados de Dang et al. (2010) avaliando cerejas e com Galo et al. (2014) em análise com mamão "Sunrise Solo", que observaram que os frutos revestidos com quitosana apresentaram maior teor de ácido ascórbico durante o armazenamento em relação ao grupo controle.

Durante o armazenamento dos frutos não foi registrada incidência de podridões, uma vez que, além do potencial elicitor da quitosana que inibe a presença de microorganismos, o acondicionamento dos frutos sob refrigeração serviu como barreira a presença de doenças, em especial no tratamento controle.

### Conclusões

O uso do revestimento de quitosana na pós-colheita da carambola preservou os atributos qualitativos durante o armazenamento.

Quando utilizada na concentração de 2 %, a quitosana manteve o teor de ácido ascórbico e a firmeza dos frutos, além de favorecer durante o tempo de armazenamento menor avanço no processo de maturação sobretudo na manutenção dos teores de sólidos solúveis, acidez titulável, perda de massa fresca e coloração da casca.

### Referências

ALI, A.; MUHAMMAD, M. T. M.; SIJAM, K.; SIDDIQUI, Y. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of 'Eksotika II' papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. **Food Chemistry**, Oxford, v.124, n.2, p.620-626, 2011.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. (2012). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. Washington: AOAC.

BAUTISTA-BAÑOS, S.; HERNÁNDEZLAUZARDO, A. N.; VALLE, M. G. V.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; BARKA, E. A.; BOSQUEZ-MOLINA, E.; WILSON C. L. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. **Crop Protection**, London, v. 25, p.108-118, 2006.

BERGER, L.; STAMFORD, T.; STAMFORD, N. Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v.12, n.4, p. 195:215, 2011.

CERQUEIRA, T. S. et al. Recobrimento com filmes protéicos e de quitosana. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 216-221, 2011.

CHEN, J.; WANG, X. experimental instruction of plant physiology. **South China University of Technology Press**, Guangzhou, p. 124, 2002.

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

DANG, Q. F.; YAN, J. Q.; LI, Y.; CHENG, X. J.; LIU, C. S.; CHEN, X. G. Chitosan acetate as an active coating Material and Its Effects on the Storing of *Prunus avium* L. **Journal of Food**

**Science**, Qingdao, CHN, v. 75, n. 2, 2010.

DING, P.; AHMAD, S. H.; GHAZALI, H. M. Changes in select quality characteristics of minimally processed carambola (*Averrhoa carambola* L.) when treated with ascorbic acid. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Barking, v. 87, p. 702-709, 2007.

DONADIO, L. C.; SILVA, J. A. A.; ARAÚJO, P. S. R.; PRADO, R. M. Caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.33, n.4, p.1300-1307, 2001.

FREDDO, A. R.; MAZARO, S. M.; BRUN, E. J.; JUNIOR, A. W. Quitosana como fungistático no crescimento micelial de *Rhizoctonia solani* Kuhn. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.44, n.1, p.1-4, 2014.

GALO, J. de Q. B.; SOUZA, M. L. de.; KUSDRA, J. F.; MATTIUZ, C. F. M. Conservação pós-colheita de mamão 'sunrise solo' com uso de quitosana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 36, n. 2, p.305-312, 2014.

HOJO, E. T. D.; DURIGAN, J. F.; HOJO, R. H. Uso de embalagens plásticas e cobertura de quitosana na conservação pós-colheita de lichias. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 33, n.1 p.377-383, 2011.

MARIANO-NASSER, F. A. de. C.; BOLIANI, A. C.; NASSER, M. D.; PAGLIARINI, M. K.; MENDONÇA, V. Z. Conservação de mangabas submetidas à aplicação de quitosana

Mangaba. **Revista Científica**, Jaboticabal, SP, v.44, n.3, p.279-285, 2016.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A. DE; HERNANDES, A. Resposta da caramboleira à calagem. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.30 n.4, p. 1136-1145, 2008.

NEVES, L. C.; BENDER, R. J.; ROMBALDI, C. V.; VIEITES, R. L. Qualidade de carambolas azedas cv. 'Golden Star' tratadas com CaCl<sub>2</sub> por imersão e armazenadas sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.26, n.1, p.102- 123, 2004.

NUNES, J. S.; CASTRO, D. de.; GOMES, J. P.; SOUSA, F. C. de. Vida útil pós-colheita de carambolas submetidas a diferentes tratamentos. **Gaia scientia**, João Pessoa, PB, v. 9, n. 1, p. 119-123, 2015.

OLIVEIRA, L. F. G.; SANTOS, P. N.; CANA, E.; JUNIOR, J. L.; RODRIGUES, S. Utilização da atmosfera modificada na conservação pós-Colheita de carambola. **Gl. Sci. Technol.**, v. 3, n. 2, p.49 – 59, 2010.

OLIVEIRA, T. A. de.; AROUCHA, E. M. M.; LEITE, R. H. de. L.; FERREIRA, R. M. de A.; SANTOS, F. K. G. dos. Conservação pós-colheita de carambola sob refrigeração com recobrimento de biofilme de gelatina e PVC. **Revista Verde**, Pombal, PB, v 10, n. 4, p.59- 66, 2015.

SEPIAH-PLOETZ, R. C.; COOKE, A. W. **Disease of carambola**. In: PLOETZ, R. C. Disease of tropical fruit crops.

Washington, DC: CAB International, 2003. p. 145-155.

SHUI, G.; LEONG, L. P. Residue from starfruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. **Food Chemistry**, Oxford, v. 97, n.2, p.277-284, 2006.

SOARES, L. G.; SILVA, S. M.; PEREIRA, V. C. S.; BRITO, A. L.; RODRIGUES, T. L. Qualidade durante o armazenamento de mamão 'Golden' recobertos com biofilmes a base de quitosana. In: Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças, 001. **Anais...** Aracaju-SE, 2015.

SOUZA, M. L. de; MORGADO, C. M. A.; MARQUES, K. M.; MATTIUZ, C. F. M.; MATTIUZ, B. Pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins' recobertas com quitosana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. especial, p. 337-343, 2011.

TEIXEIRA, G. H. de. A.; DURIGAN, J. F.; ALVES, T. E. Qualidade de frutos de carambola após tratamento térmico. **Brazilian Journal Food Technology**. Campinas, SP, v.10, p. 43- 50, 2007.