



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
DOUTORADO EM FITOTECNIA

THIAGO AZEVEDO DE OLIVEIRA

**REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS DE MISTURAS DE POLISSACARÍDEOS NA  
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MANGA TOMMY ATKINS**

MOSSORÓ

2017

THIAGO AZEVEDO DE OLIVEIRA

**REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS DE MISTURAS DE POLISSACARÍDEOS NA  
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MANGA TOMMY ATKINS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia/Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Bioquímica, Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita.

Orientadora: Edna Maria Mendes Aroucha, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>.

Co-orientador: Ricardo Henrique de Lima Leite, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2017

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)  
Setor de Informação e Referência (SIR)

048 r Oliveira, Thiago Azevedo de.

Revestimentos comestíveis de misturas de polissacarídeos na conservação pós-colheita de manga Tommy Atkins / Thiago Azevedo de Oliveira. ó 2017.

105 f. : il.

Orientadora: Edna Maria Mendes Aroucha.

Coorientador: Ricardo Herinque de Lima Leite.

Tese (Doutorado) ó Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, 2017.

1. Mangifera indica L.. 2. Revestimentos Comestíveis. 3. Polissacarídeos. 4. Conservação. 5. Qualidade sensorial. I. Aroucha, Edna Maria Mendes, orient. II. Leite, Ricardo Herinque de Lima, Co-orient. III. Título.

Bibliotecário-Documentalista  
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)

THIAGO AZEVEDO DE OLIVEIRA

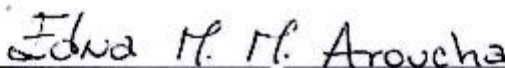
**REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS DE MISTURAS DE POLISSACARÍDEOS NA  
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MANGA TOMMY ATKINS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia/Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Bioquímica, Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita

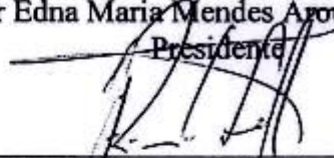
Defendida em: 15 /12 / 2017

**BANCA EXAMINADORA**



Prof.<sup>o</sup> Dr Edna Maria Mendes Aroucha (UFERSA)

Presidente


  
Prof.<sup>o</sup> Dr Ricardo Henrique de Lima Leite (UFERSA)

Membro Examinador



Prof.<sup>o</sup> Dr Francisco Klebson Gomes dos Santos (UFERSA)

Membro Examinador

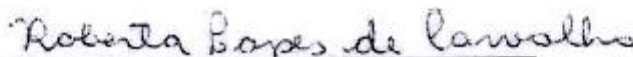
  
Dr José Gustavo Lima de Almeida (UFERSA)

Membro Examinador



Prof.<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Gardênia Silvana de Oliveira Rodrigues. (UNIRB)

Membro Examinador



Dr<sup>a</sup> Roberta Lopes de Carvalho (Externo)

Membro Examinador

A minha esposa, Paula Cristina de Medeiros Saldanha, por todo amor, carinho e paciência a mim dedicados, me fazendo tão feliz.

### **OFEREÇO**

Aos meus pais e família pela confiança, apoio e carinho que me deram suporte para alcançar mais esse sonho de minha vida.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiro lugar agradecer a Deus por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido ó UFRSA, pela formação acadêmica e pela oportunidade de concluir o curso de Doutorado em Agronomia/Fitotecnia e a todos aqueles que compõem o corpo docente pelos ensinamentos transmitidos, que proporcionaram o meu aprendizado.

A todos os colegas do laboratório: Gustavo, Lorena, Mayra, Francisco júnior, Ana Cláudia, Karyn, Saul, Thaise, Carla, Eleonora, Nicolás, Cristiane, que sempre mostraram disponibilidade em ajudar nas análises, meu muito obrigado.

Aos meus colegas de trabalho: Francinara, Lidiane, Gelson, Marcelo, Nikolas Iohanathan, Josimar, Eventon, Alberlan e aos funcionários terceirizados por ajudar quando precisei fazer as análises sensoriais, meu muito obrigado.

Aos meus pais Núbia e Francisco, agradeço pela paciência com ausência ao longo da minha jornada de formação.

Agradeço a professora dr<sup>a</sup> Edna Aroucha, orientadora e madrinha de casamento, a oportunidade de tê-la me guiando na Iniciação Científica, Mestrado e Doutorado. Obrigado pela confiança.

Ao meu Co-orientador e padrinho dr<sup>o</sup> Ricardo Henrique de Lima Leite, agradeço por toda paciência, confiança, carinho e amizade. Foi um convívio sempre prazeroso e enriquecedor.

Ao professor Wilson, pelos ensinamentos e aprendizagem. Tenho muito respeito e admiração pela sua ética, e seus conhecimentos.

Meu agradecimento mais profundo é dedicado a uma pessoa muito especial, minha esposa Paula Saldanha que esteve o tempo todo ao meu lado, incondicionalmente. Nos momentos mais difíceis, que não foram poucos nestes últimos anos, sempre me fazendo acreditar que chegaria ao final desta difícil, porém gratificante etapa da minha vida. Obrigado por todas as horas de paciência e impaciências que teve comigo, foram horas de seu tempo dentro do laboratório me ajudando, sem você ao meu lado não teria conseguido chegar até aqui.

**A TODOS, MEU MUITO OBRIGADO!**

Não há nada melhor do que as adversidades. Cada derrota, cada mágoa, cada perda, contém sua própria semente, sua própria lição de como melhorar seu desempenho na próxima vez. As pessoas não compreendem como toda a vida de um homem pode ser mudada por um único livro. A educação é o nosso passaporte para o futuro, pois, o amanhã pertence as pessoas que se preparam hoje.

**Malcolm X**

## RESUMO

OLIVEIRA, T. A. Revestimentos comestíveis de misturas de polissacarídeos na conservação pós-colheita de manga Tommy Atkins. 2017.105 p. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) ó Universidade Federal rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2017.

Tendo em vista a falta de informações sobre a influência de revestimentos à base de misturas de polissacarídeos na manutenção da qualidade de manga e sabendo-se do seu efeito positivo em prolongar a vida útil dos produtos vegetais, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito dos recobrimentos de fécula de mandioca, quitosana e pectina, de forma isolada e em misturas, na qualidade de manga Tommy Atkins durante o armazenamento. Para isto, foram realizados três experimentos: avaliando dos efeitos das coberturas na atividade respiratória, qualidade físico-químicas e sensoriais, armazenados: 13° e 10°C, 90±5% UR durante 28, 35 e 42 dias. Frutos de manga para cada experimento foram coletados na maturidade fisiológica e transportados para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UFERSA para limpeza, pesagem e identificação, depois submetidos aos respectivos tratamentos para cada experimento e armazenados por 28, 35 e 42 dias, com avaliação em intervalos de 3, 7 e 28 dias. Os experimentos foram conduzidos em análise de superfície de resposta e delineamento inteiramente casualizado, em esquema de fatorial. As seguintes análises foram realizadas nos frutos: perda de massa, aparência, cor da casca e polpa, firmeza, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, relação SS/AT, atividade respiratória e análise sensorial. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o software SISVAR e comparados pelos testes médias: scott ó knott e tukey a 5% de probabilidade. A cobertura FE/QI mostrou-se eficiente para controlar o amadurecimento das mangas Tommy Atkins, permitindo estender sua vida útil em relação aos frutos testemunha. A cobertura proporcionou menor taxa respiratória, menor perda de massa e manutenção da coloração da polpa e firmeza. As mangas recobertas com FE/QI apresentaram na análise sensorial visual os menores valores de desidratação e manchas, uma maior uniformidade da cor, brilho, sabor característico, obtendo as maiores notas de aceitação e intenção de compra durante o armazenamento. A aplicação da cobertura de fécula de mandioca/Quitosana foi mais eficiente em reduzir a deterioração pós-colheita, mantendo por maior tempo a qualidade sensorial da manga durante o armazenamento refrigerado.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica* L. Revestimentos comestíveis. Polissacarídeos. Conservação. Qualidade sensorial.



## ABSTRACT

OLIVEIRA, T. A. Edible coatings of polysaccharide mixes in post-harvest conservation of Tommy Atkins mangos. 2017. 105 p. Thesis (Doctoral in Agronomy: Plant Science)ó Universidade Federal rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2017.

With the lack of information about the influence of coating of polysaccharide mixes on conservation of mangoesø quality and knowing its positive effect on extending shelf life of vegetables, this present study aimed to evaluate the effect of cassava starch, chitosan, and pectin based coatings, on Tommy Atkins mangoes quality during storage. For this, three experiments were conducted: evaluating effects of coatings on respiratory activity, physicochemical quality, and sensorial quality, stored at 13° and 10°C and 90±5% RH during 28, 35 and 42 days. Mango fruits for each experiment were collected at physiological maturity and transported to Laboratório de Tecnologia de Alimentos (lab) at UFERSA for cleaning, weighting, and identification, then undergone the respective treatment for each experiment and, stored for 28, 35 and 42 days, with evaluation interval of 3, 7 and 28 days. Experiments were conducted on surface response analysis and completely randomized design, in factorial scheme. Following analysis were made on fruits: Physiological loss, appearance, skin and pulp color, firmness, soluble solids level, pH, titratable acidity, SS/AT ratio, respiratory activity and sensorial analysis. Data were submitted to variance analysis with SISVAR software and compared by Tukey and Scott-Knott tests at 5% of probability. FE/QI coating was more efficient in controlling ripening of Tommy Atkins mangoes, permitting the extension of its shelf life in comparison to fruits from control treatment. The coating promoted less respiratory rate, less physiological loss and kept pulp color and firmness. Mangoes coated with FE/QI showed lower values for dehydration and spots, higher uniformity of color, bright, and flavor in the sensorial analysis, getting the highest scores of acceptance and purchase intention during storage. Application of cassava starch/chitosan was more efficient in reducing post-harvest deterioration, maintaining for longer period the sensorial quality of mangoes during refrigerated storage.

**Keywords:** *Mangifera indica* L. Edible coatings. Polysaccharide conservation. Sensorial quality.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1	ó	Mudanças na taxa de respiração durante o amadurecimento das mangas "Cogshall" armazenadas a 20 ° C.....	16
Figura 2	ó	Estágios internos de desenvolvimento de cor de carne (1 a 5, da esquerda para a direita) em frutas de manga Tommy Atkins. Fonte: Brecht et al. (2011).....	17
Figura 3	ó	Modelos para exploração de todo o espaço simplex	20

### CAPÍTULO II

Figure 1	ó	Pareto Graph of standardized effects for factors and their interactions on fruit	34
Figure 2	ó	Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for physiological loss at the twenty-eighth day of storage .....	36
Figure 3	ó	Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for external appearance scale (9-1 scale)	38
Figure 4	ó	Response surface contour curve (a) and Scott-Knott test (b) to lightness of pulp at 28 day of storage.....	39
Figure 5	ó	Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for fruit firmness (Newton) at twenty-eighth day of storage (13 °C and 90% of RH).....	41
Figure 6	ó	Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for soluble solids content (%) at the twenty-eighth day of storage (13 °C and 90% of RH).....	42
Figure 7	ó	Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for pH at twenty-eighth day of storage (13 °C and 90% of RH).....	43
Figure 8	ó	Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for titratable acidity (% of citric acid) at 28 day of storage (13 °C and 90% of RH).....	45
Figure 9	ó	Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for SS/TA ratio at 28 day of storage (13 °C and 90% of RH). .....	46

### CAPÍTULO III

Figura 1	ó	Escala de aparência (9-1) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento. 13°C, 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	í í í í .í í í í í í í	61
Figura 2	ó	Perda de massa (%) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	í í í í í	63
Figura 3	ó	Luminosidade e E da casca de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	í í í í í í í í ...	64
Figura 4	ó	Firmeza de polpa (Newton) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	í í í í í í í í í í í í ..	66
Figura 5	ó	Sólidos solúveis (%) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	í í í í í í í í í í í í .	68
Figura 6	ó	Teor de amido (%) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento. 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....		70
Figura 7	ó	Açúcares solúveis totais (a), redutores (b) e sacarose (c) (%) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017..		72

### CAPÍTULO IV

Figura 1	ó	Taxa de respiração ( $\text{mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 10°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	í	88
Figura 2	ó	Perda de massa (%) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 10°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	í í í í í í í í í í í í	89
Figura 3	ó	Firmeza de polpa (N) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 10°C e		

		90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	í í í í í í í ...	91
Figura 4	ó	Luminosidade e E da polpa de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 10°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	í í í í í í í í í í ...	92
Figura 5	ó	Sólidos solúveis (%), Acidez (%), pH e SS/AT de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 10°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	í í í ...	94

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

Table 1	ó	Experimental arrangements and results for physiological loss (%) ó Y1, external appearance (Y2), pulp lightness color (L) (Y3), fruit firmness (Newton) (Y4), soluble solids content (%) (Y5), pH (Y6), titratable acidity (% of citric acid) (Y7), and SS/TA ratio (Y8) in ÑTommy Atkinsø mangoes coated with chitosan, cassava starch, and pectin coatings	í í í í í í í ...í í	31
Table 2	ó	Coefficients, standard error, Student t-test and p-value of physiological loss (%), appearance, lightness of pulp color (L), Firmness, Soluble solids, pH, titratable acidity, SS/TA ratio in ÑTommy Atkinsø mangoes coated with chitosan, cassava starch, and pectin coatings	í í í í í í í í í .....	32
Table 3	ó	Variance analysis for adjustment of models to physiological loss (%), appearance, lightness of pulp color (L), in ÑTommy Atkinsø mangoes coated with chitosan, cassava starch, and pectin coatings	í í í í í í í í í í	35

### CAPÍTULO III

Tabela 1	ó	Acidez titulável (% de ácido cítrico) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento. 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....		67
----------	---	--	--	----

### CAPÍTULO IV

Tabela 1	ó	Análise sensorial (visual) Cor, Brilho, Desidratação, Manchas, Aroma, Aceitação e Intenção de compra de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento. .í		94
Table 2	ó	Análise sensorial (sabor) ó Gosto doce; Gosto ácido; Firmeza; Sabor Característico; Aroma, Aceitação e Intenção de compra de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento.....	í í í .....	96

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I 6 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>15</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO II 6 TOMMY ATKINS MANGO (MANGIFERA INDICA L.) POSTHARVEST QUALITY WITH CASSAVA STARCH, CHITOSAN AND PECTIN BASED COATINGS.....</b>	<b>24</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>24</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>25</b>
<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>26</b>
<b>2 MATERIALS AND METHODS .....</b>	<b>28</b>
<b>3 RESULTS AND DISCUSSION .....</b>	<b>31</b>
<b>4 CONCLUSION .....</b>	<b>48</b>
<b>5 REFERENCES.....</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO III 6 QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MANGA TOMMY ATKINS COM COBERTURAS A BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA E QUITOSANA .....</b>	<b>54</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>54</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>55</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>56</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>58</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>74</b>
<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>CAPÍTULO IV 6 EFEITO DAS COBERTURAS COMESTÍVEIS NA ATIVIDADE RESPIRÁTORIA, QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE MANGA TOMMY ATKINS .....</b>	<b>80</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>80</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>81</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>82</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>84</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>88</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>100</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>101</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>102</b>

## CAPÍTULO I 6 INTRODUÇÃO GERAL

A dinâmica comercial do agronegócio brasileiro voltado para a fruticultura tem se mantido aquecida através de uma grande variedade de culturas, produzidas em todo o país. O Brasil configura-se como um dos principais produtores mundiais de frutas (ABF, 2017), conquistando resultados expressivos e gerando oportunidades para os negócios brasileiros (SEBRAE, 2015). Em 2017, a produção estimada de frutas é de aproximadamente 44 milhões de toneladas (IBGE, 2017). Essa quantidade mantém o Brasil como terceiro maior produtor de frutas do mundo, atrás apenas da China e da Índia, respectivamente. Com relação aos aspectos socioeconômicos, a fruticultura é uma grande geradora de emprego e renda, pois depende de uma grande quantidade de mão de obra. A fruticultura ocupa hoje mais de 2 milhões de hectares (ABRAFRUTAS, 2017) e gera de 2 a 5 empregos por hectare, atualmente existem mais de 5 milhões de empregos no campo, com valor bruto de produção superior a R\$ 23 bilhões.

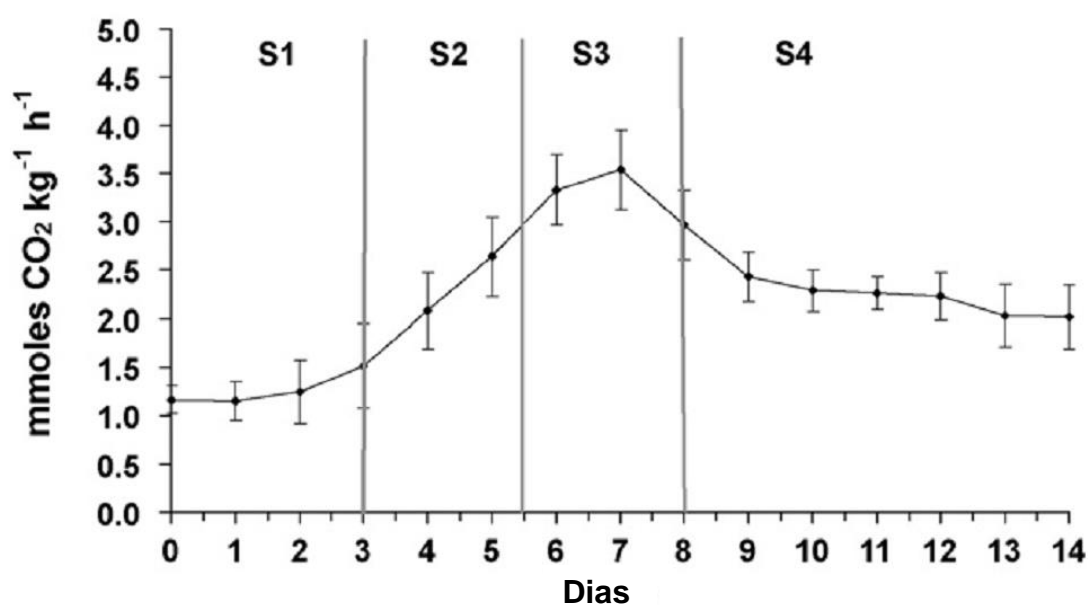
Embora a produção nacional de mangas venha caindo desde 2010, quando foram produzidas, 1.189,651 toneladas, o Brasil figura como o sétimo produtor mundial de manga (FAO, 2017). Em 2015 foram cultivados 64.305 hectares no território nacional, com colheita de 976.815 toneladas e produtividade média de 15.190 quilos por hectare (IBGE, 2017). Nesse ano, os maiores produtores de manga foram a Bahia (279.680 toneladas), Pernambuco (239.423 toneladas) e São Paulo (184.042 toneladas). O Nordeste brasileiro figura entre os mais tradicionais no setor, com 45.142 hectares. Apesar do pequeno recuo nos últimos dois anos, o Brasil é o sexto maior exportador mundial de manga. Em 2016 foram exportados 154.211 toneladas, com negócios na ordem de US\$ 179.932.100 milhões, sendo a fruta como maior representação nas exportações brasileiras (ABF, 2017).

De acordo com dados da Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados (ABRAFRUTAS, 2017), o uso de novas tecnologias no controle de moscas-das-frutas e no tratamento pós-colheita de mangas, tem reduzido as perdas pós-colheita, que no país são de 25 a 50% para frutos e hortaliças (GUSTAVSSON et al., 2011).

A principal cultivar comercial no Brasil é a manga Tommy Atkins, cuja produtividade é boa e possui capacidade de adaptação a diferentes ambientes de cultivo, tolerância a doenças e boa conservação pós-colheita (ANDRADE; COSTA; LEITE, 2017). Também, apresentam boas características sensoriais: sabor, teor de açúcares e aspecto visual (ARAÚJO; MORAES; CARVALHO, 2017).

A manga é uma fruta climatérica, exibindo um padrão climatérico de respiração e um aumento na produção de etileno (BRECHT; YAHIA, 2009). As mudanças associadas ao amadurecimento da fruta incluem: a mudança da cor da casca do verde para o amarelo; a cor da polpa muda de amarelo esverdeado para amarelo alaranjado; o teor de clorofila diminui, enquanto o conteúdo de carotenoides aumenta; a firmeza da polpa diminui aumentando a suculência; o amido é convertido em açúcares; o teor de sólidos solúveis aumenta; a acidez titulável diminui; produção de voláteis característicos aumenta; a taxa de respiração (produção de dióxido de carbono) aumenta de 40-50 a 160-200  $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  a 20 ° C; e a taxa de produção de etileno aumenta de 0,2-0,4 a 2-4  $\text{l.kg}^{-1}.\text{h}$  a 20 ° C (SIDDIQ; BRECHT; SIDHU, 2017).

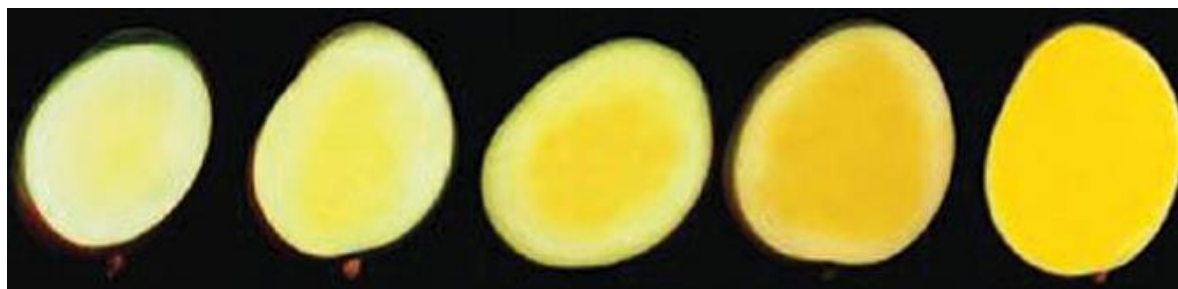
Joas; Caro e Lechaudel (2009) verificaram o comportamento do estágio da respiração de manga "Cogshall" (Figura 1), e de acordo com o valor de respiração na curva: o estágio climatérico 1 (S1) corresponde à fase pré-climatérica e à linha reta inferior da curva; o estágio climatérico 2 (S2) corresponde ao início da fase climatérica quando a respiração começa a aumentar acentuadamente; o estágio climatérico 3 (S3) corresponde ao valor máximo de respiração, incluindo o máximo da ascensão climatérica e o início da diminuição da respiração do estágio climatérico 4 (S4) corresponde à fase pós-climatérica, incluindo a última parte da diminuição da respiração.



**Figura 1** Mudanças na taxa de respiração durante o amadurecimento das mangas "Cogshall" armazenadas a 20 ° C. Fonte: Joas; Caro; Lechaudel. (2011).



A colheita de mangas na melhor maturidade horticultural para o propósito pretendido é indiscutivelmente a prática mais importante que contribui para a qualidade da manga após a colheita (SIDDQUI, 2017). A maturidade fisiológica da manga corresponde ao início do amadurecimento que para a manga Tommy Atkins é atingida com teores de sólidos solúveis mínimo de 7 a 9% no momento da colheita e, aumentam com o amadurecimento (14 a 20%); a cor da polpa pode variar de acordo com os estádios de maturação (Figura 2), sendo 75% da área interna amarela equivalente ao estágio 3, numa escala de 5 pontos.



**Figura 2** - Estádios internos de desenvolvimento de cor da polpa (1 a 5, da esquerda para a direita) em frutas de manga Tommy Atkins. Fonte: Brecht et al. (2011).

Um adequado manuseio dos frutos requer conhecimento de fisiologia pós-colheita e de práticas que possam auxiliar na conservação de frutos de alta qualidade (WILLS; GOLDING, 2016) Por ser um fruto climatérico, a manga pode ser colhida na maturidade fisiológica (estádio verde-maturo) e armazenada. As tecnologias pós-colheita que são usadas para mangas variam de acordo com a utilização pretendida da fruta (SIDDIQ; BRECHT; SIDHU, 2017). Várias práticas de manipulação, como dimensionamento, aplicação de recobrimentos de frutas, embalagem e paletização, refrigeração e uso de atmosferas modificadas e controladas (MA e CA) são adaptadas aos requisitos do mercado. A exportação para países com quarentena em vigor contra microrganismos ou pragas de insetos requer a aplicação de tratamentos de desinfestação (JOHNSON; HOFMAN, 2009; YAHIA et al., 2011). As escolhas feitas em relação às tecnologias específicas a serem utilizadas devem se adequar à fisiologia da manga e aos requisitos de qualidade.

O emprego de coberturas comestíveis na conservação pós-colheita de frutas, tem sido preconizado como uma tecnologia emergente e de grande potencial, principalmente para aplicações sobre frutas de origem tropical (FANI; FORTANY; BELLOSO, 2017; SIDDIQ; BRECHT; SIDHU, 2017). As coberturas ditas "comestíveis" são aplicadas ou formadas diretamente sobre a superfície das frutas, na forma de membranas delgadas, imperceptíveis a olho nu e com diversas características estruturais, que são dependentes da formulação da solução  $\text{L}$ mogênica precursora. Como estas coberturas passam a fazer parte do alimento a

ser consumido, os materiais empregados em sua formação devem ser atóxicos e seguros para o uso em alimentos (FDA, 2017). Cabe ressaltar que essas coberturas têm sido erroneamente denominadas de *obiofilmes*, termo este totalmente inadequado a este tipo de material ou aplicação (ASSIS; BRITO, 2014).

As coberturas comestíveis utilizadas na pós-colheita, são biodegradáveis, provenientes de fontes renováveis, ajustando-se perfeitamente no ecossistema e evitando a poluição ambiental (KERCH, 2015). São alternativas aos materiais de embalagem sintética em várias aplicações devido às suas capacidades para prevenir a perda de umidade, perda de aromas, transporte de soluto, absorção de água na matriz de alimentos ou penetração de oxigênio (CAZÓN et al., 2017).

Os materiais obtidos a partir de fontes naturais renováveis que foram utilizadas para produzir coberturas comestíveis incluem principalmente proteínas, lipídios, polissacarídeos e todas as combinações possíveis entre eles e às vezes incorporação de aditivos destinados a melhorar suas propriedades (SIDDIQUI, 2016). As aplicações de coberturas à base de polissacarídeos em produtos alimentícios podem oferecer oportunidades para desenvolver novos sistemas de embalagem para frutas.

A capacidade de formação de filmes de vários polissacarídeos foi estudada, incluindo celulose, quitosana, amido, pectina (CAZÓN et al., 2017). Na maioria dos casos, a adição de plastificantes é necessária para a obtenção de coberturas à base de polissacarídeos; sem adição de plastificante, as películas obtidas a partir de vários polissacarídeos são quebradiças, geralmente devido às interações entre as cadeias do polímero (HAN, 2014). Os plastificantes reduzem a coesão dentro da rede polimérica, enfraquecendo as forças intermoleculares entre cadeias poliméricas adjacentes (ESPITIA et al., 2014). Desta forma, os plastificantes modificam ou melhoram as propriedades mecânicas, reduzem a tensão de deformação, dureza, densidade e viscosidade e aumentam a flexibilidade da cadeia polimérica, bem como a resistência à ruptura ou quebra da cobertura (SIDDIQUI, 2016). Alguns plastificantes comumente usados são os polióis (glicerol, sorbitol e polietileno glicol), açúcares (glicose e sacarose) e lipídios (monoglicéridos, fosfolípidos e surfactantes) (ESPITIA et al., 2014).

Para a preparação da cobertura, as matérias-primas devem ser primeiro, dissolvidas ou dispersas usando um solvente, como água, álcool, mistura de água e álcool ou uma mistura de outros solventes. Em seguida, as soluções formadoras de película são aplicadas em frutos,

como cobertura, por vários métodos, incluindo imersão, pulverização, escovação e pincelamento, seguido de secagem (SIDDIQUI, 2016).

Os polissacarídeos, como derivados de celulose, quitosana, amidos e gomas, foram relatados como matéria-prima para preparar filmes e/ou revestimentos comestíveis que podem ser utilizados como material de embalagem para preservação de alimentos (CAZÓN et al., 2017). Os materiais de embalagem baseados em polissacarídeos devem ter baixo custo, disponibilidade e algumas propriedades funcionais ou específicas. A eficiência da barreira à água é importante para retardar a desidratação de produtos frescos, a permeabilidade a outros gases como o oxigênio também é importante porque permite controlar o amadurecimento de frutas (VIEIRA et al., 2011). As coberturas baseadas em polissacarídeos são conhecidas como uma barreira efetiva à transferência de gases como  $O_2$  e  $CO_2$  (CAZÓN et al., 2017), embora esses materiais sejam geralmente muito hidrofílicos, resultando em propriedades de barreira de vapor de água pobres. A mistura de dois ou mais polissacarídeos obtém eficiência na barreira de vapor de água evitando perda de massa dos frutos recobertos (CASTAÑEDA, 2013).

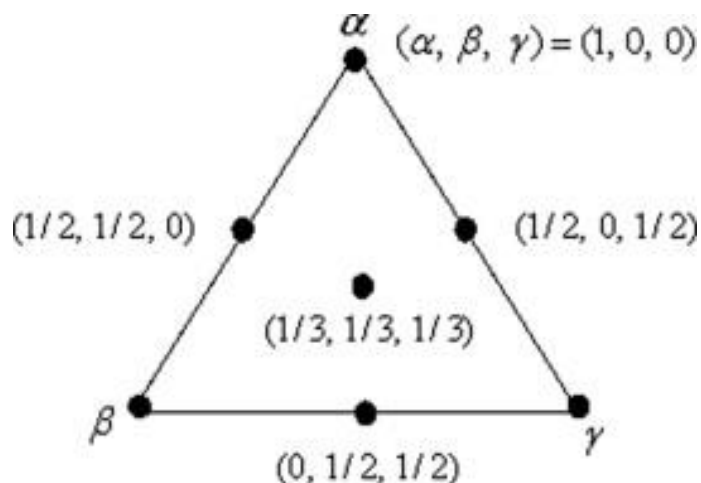
Nesse contexto os métodos de experimentos com misturas representam uma importante área da estatística aplicada. Estes métodos são de vital importância na ciência dos alimentos e na indústria já que todos os alimentos são misturas de um número diferente de ingredientes (BJERKE; NAES; ELLEKJAER, 2000).

A utilidade dos experimentos com misturas está no fato deles permitirem reduções significativas no tempo e nos custos de desenvolvimento de formulações, possibilitando a obtenção de resultados robustos e confiáveis. Isso, muitas vezes, significa a diferença entre a viabilidade ou não do desenvolvimento de um produto ou até mesmo da sobrevivência de uma empresa no mercado (PASA, 1996).

São considerados experimentos com misturas aqueles em que as propriedades estudadas dependem da proporção dos componentes da mistura, mas não da quantidade de cada componente da mistura (SHEFFE, 1958). No planejamento de experimentos, quando há três componentes de mistura ( $q=3$ ), o espaço simplex é um triângulo equilátero, figura 3.

O sistema de coordenadas usado para os valores de  $x_i$ ,  $i=1, 2, \dots, q$ , é chamado sistema de coordenada simplex. Com três componentes, por exemplo, as coordenadas podem ser mostradas em um gráfico triangular que tem linhas paralelas aos três lados de um triângulo equilátero, como pode ser observado na figura 3. Percebe-se que os vértices do modelo simplex  $(1,0,0)$ ,  $(0,1,0)$  e  $(0,0,1)$  representam os componentes puros, enquanto os

pontos  $(1/2, 1/2, 0)$ ,  $(1/2, 0, 1/2)$ ,  $(0, 1/2, 1/2)$  representam misturas binárias localizadas no meio das arestas. Os pontos interiores do triângulo representam misturas nas quais todos os componentes estão presentes, ou seja,  $x_1 > 0$ ,  $x_2 > 0$  e  $x_3 > 0$ . O centro do triângulo corresponde à mistura dos componentes com proporções iguais  $(1/3, 1/3, 1/3)$ .



**Figura 3** Modelos para exploração de todo o espaço simplex

Segundo Barros Neto, Bruns e Scarminio (2010), o design de planejamentos experimentais para exploração de todo o domínio de composições são utilizados quando se deseja realizar uma investigação inicial abrangendo todo o espaço simplex. Na prática design de planejamentos experimentais são bastante utilizados quando não se conhecem restrições para os componentes da mistura ou quando se conhece pouco sobre os efeitos das proporções dos componentes nas características desejadas, ou ainda na escolha e relação entre componentes de mistura.

O desafio e perspectiva desse trabalho constitui da necessidade de pesquisas voltadas para o desenvolvimento de novas tecnologias em coberturas comestíveis, com misturas de polissacarídeos, para conservação pós-colheita de mangas Tommy Atkins.

## REFERÊNCIAS

ABF ó ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2017. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2017. 88 p.

ABRAFRUTAS.Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. 2017. Disponível em < <http://www.abrafrutas.org/index.php?lang=pt-br>> Acesso em 20 nov. 2017.

ANDRADE, J. E. E. S; COSTA, P. G. LEITE, Â. A. M. ANÁLISE DA ESTRATÉGIA DE OPERAÇÕES NA PRODUÇÃO DE MANGA PARA EXPORTAÇÃO. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. Ed. esp., p. 115-136, 2017.

ARAÚJO, D. O.; MORAES, J. A. A.; CARVALHO, J; L. M. Fatores determinantes na mudança do padrão de produção e consumo da manga no mercado nacional. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR). V.10; p.51-73. 2017.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. de. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas:fundamentos e aplicações. **Braslian Journal Food Technology**, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

BARROS NETO B.; BRUNS, R. E.; SCARMINIO, I. S.; **Como fazer experimentos - Aplicações na ciência e na indústria**. 4.ed.. Editora Bookman, 2010.

BJERKE, F.; NAES, T.; ELLEKJAER, M.R. An application of projection design in product development. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, v. 51, p. 23-36, 2000.

BRECHT, J. K. **Manual de práticas para melhor manejo pós-colheita da manga**. São Paulo: National Mango Board, 2011.

BRECHT, J. K.; YAHIA, E. M. **Postharvest physiology**. In: *The mango: Botany, production and uses*, 2nd edition, (ed. R. Litz), pp. 484-528. CAB International, Wallingford, UK. 2009.

CASTAÑEDA, L. M. F. **Avaliação da quitosana e da fécula de mandioca, aplicada em pós-colheita no recobrimento de maçãs**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) ó Universidade Federal do Rio Grande do SUL (UFRGS), Porto Alegre, p.130, 2013.

CAZÓN, P.; VELAZQUEZ, G.; RAMÍREZ, J. A.; VÁZQUEZ, M. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 68, p. 136-148, 2017.

ESPITIA, P. J. P.; DU, W.-X.; AVENA-BUSTILLOS, R. D. J.; SOARES, N. D. F. F.; MCHUGH, T. H. Edible Films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review. **Food Hydrocolloids**, v.35, p.287-296. 2014.

FANI, A. A.; FORTUNY, R. S.; BELLOSO, O. M. Nanoemulsions as edible coatings. **Current Opinion in Food Science**, 2017.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. **FAOSTAT**. 2017. Disponível em: <[http://faostat3.fao.org/browse/Q/\\*/E](http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/E)>. Acesso em: 20 nov. 2017.

FAVERO, L. A. **A Cultura da Manga no São Francisco**: Posicionamento, Limites, Oportunidades e Ações Estratégicas. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2008. 232p.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FAD. **Generally recognized as safe (GRAS)**. Silver Spring. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/>>. Acesso em: 15 novembro 2017.

GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C.; SONESSON, U.; VAN OTTERDIJK, R.; MEYBECK, A. **Global food losses and food waste: extent, causes and prevention**. FAO, Rome. 2011.

HAN, J. H. Chapter 9-**Edible Films and coatings**: A review. In *Innovations in food packaging* (2nd ed., pp. 213e255). San Diego: Academic Press. 2014.

IBGE. **Pesquisa Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

JOAS, J.; CARO, Y.; LECHAUDEL, M. Comparison of postharvest changes in mango (cv Cogshall) using a Ripening class index (Rci) for different carbon supplies and harvest dates. **Postharvest biology and technology**, v. 54, n. 1, p. 25-31, 2009.

KERCH, G. Chitosan Łlms and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality: A review. **Trends in Food Science & Technology** v. 46 p. 159-166, 2015.

OLIVEIRA, A. R. D. et al. **Cultivo da mangueira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. 111p.

PASA, G. S. **Método de otimização experimental de formulações**. Dissertação de mestrado - PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, 1996.

SEBRAE. Agronegócio: fruticultura. **Boletim de Inteligência**, out. 2015.

SHEFFE, H. The simplex-centroid design for experiments with mixtures. **Journal of the Royal Statistical Society. Serie B (Methodological)**, v. 20, n. 2, p. 344-360, 1958.

SIDDIQUI, M. W. (Ed.). **Eco-friendly technology for postharvest produce quality**. Academic Press, 2016.

SIDDIQUI, M. W. **Preharvest Modulation of POSTHARVEST FRUIT AND VEGETABLE QUALITY**. 1st Edition. Cambridge, ELSEVIER, 2017.

VIEIRA, M. G. A.; DA SILVA, M. A.; DOS SANTOS, L. O.; BEPPU, M. M. Natural-based plasticizers and biopolymer Łlms: A review. **European Polymer Journal**, v.47; n.3, p.254-263, 2011.

WILLS, R. GOLDING, J. **Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. UNSW press, 2016.

**CAPÍTULO II 6 TOMMY ATKINS MANGO (MANGIFERA INDICA L.)  
POSTHARVEST QUALITY WITH CASSAVA STARCH, CHITOSAN AND PECTIN  
BASED COATINGS**

**ABSTRACT**

Bearing in mind the use of natural and biodegradable products, this study aimed to evaluate physicochemical quality of Tommy Atkins mangoes coated with a cassava starch, chitosan and pectin based edible coatings. The experiment was conducted using simplex-centroid mixture design. Compounds concentration corresponded to the independent variables studied, encoded as factors x1, x2 and x3: 16 cassava starch (CS) 2%; 26 chitosan (CH) 2%; and 36 pectin (PE) with 2% of water polymers. Seven coating compositions (100% CS; 100% CH; 100% PE; 50% CS + 50% CH; 50% CS + 50% PE; 50% CH + 50% PE and 33.33% CS + 33.33% CH 33.33% PE (center point)), and uncoated control treatment with five replications per treatment, with four replications having five fruits treated in the center point were used. Fruits were stored for 28 days at 13°C and 90% relative humidity (RH). Physiological loss, appearance, pulp color: lightness, fruit firmness, soluble solids content, pH, titratable acidity, and ratio were evaluated as dependent variables. Significant difference occurred with Scott-Knott tests and response surface for all the analyzed variables. Increase in physiological loss, soluble solids content were observed from fruits of all treatments. Decrease in appearance, fruit firmness, lightness in pulp color were observed. Fruits coated with mixtures of chitosan at 50 and 33.33% showed lower physiological loss. Coated fruits from all treatments presented lower fruit firmness than the control, except for SC + PE (1:1) treatment which provided similar result with the control group. Coating based in cassava starch and chitosan at 50% delayed the buildup of soluble solids and ensured reduction and/or maintenance of the variables of quality analyzed.

**Key words:** Coatings, conservation, *Mangifera indica L.*, postharvest, storage.



## QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MANGA TOMMY ATKINS COM COBERTURAS A BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA, QUITOSANA E PECTINA

### RESUMO

Tendo em vista a utilização de produtos naturais e biodegradáveis, este trabalho teve o intuito de avaliar a qualidade físico-química de mangas Tommy Atkins<sup>®</sup> revestidas com coberturas à base de fécula de mandioca, quitosana e pectina. O experimento foi conduzido em delineamento de misturas e de superfície de repostas em planejamento centróide simplex. As variáveis independentes estudadas correspondem às concentrações dos componentes, codificadas como os fatores x1, x2 e x3, sendo: 1 ó fécula de mandioca (FE) 2%, 2 ó Quitosana (QI) 2% e 3 ó Pectina (PE) contendo 2% de polímeros em água. Os sete tipos de revestimento (100% FE; 100% QI; 100% PE; 50% FE + 50% QI; 50% FE + 50% PE; 50% QI + 50% PE e 33.33% FE + 33.33% QI 33.33% PE (ponto central)), mais os frutos testemunha sem revestimento com cinco repetições para cada tratamento, sendo quatro repetições com cinco frutos realizadas no ponto central. Os frutos foram armazenados durante 28 dias a 13 °C e 90 % UR. As seguintes características foram avaliadas: perda de massa, aparência, cor da polpa: luminosidade firmeza da polpa, sólidos solúveis, pH, acidez titulável e ratio. Ocorreu diferença significativa para o teste de Scott - Knott e superfície de resposta para todas as variáveis analisadas. Houve incremento na perda de massa, sólidos solúveis dos frutos de todos os tratamentos. Observou-se decréscimo na aparência, firmeza de polpa, luminosidade da polpa. Os frutos recobertos com misturas de quitosana a 50% e 33.33% apresentaram menores perdas de massa. Os frutos recobertos de todas as coberturas apresentaram firmeza de polpa inferior ao tratamento controle, exceto o tratamento com FE + PE (1:1) que propiciou resultado semelhante ao controle. O recobrimento à base de fécula de mandioca e quitosana na proporção de 50% retardaram o acréscimo de sólidos solúveis e garantiu redução e/ou manutenção das variáveis analisadas de qualidade.

**Palavras chaves:** *Mangifera indica* L. Armazenamento. Recobrimentos. Conservação, Pós-colheita.

## 1. INTRODUCTION

Mango (*Mangifera indica* L.) is a tropical fruit, of climacteric behavior, with big economic importance in Brazilian national market and worldwide, due to its attractive color, nutritional value, taste and specific aroma (Singh et al., 2013). As visual quality, regular size, and firmness are the characteristics with most commercial importance, Tommy Atkins mango, in this context, is the most cultivated and exported cultivar in Brazil, because of its yield, good capacity in adapting to different environment and postharvest conservation (Carvalho et al., 2004; Cohen et al., 2001). In 2012, Brazil was in the seventh position among major mango producing countries, with an area of 73.3 hectares and 1,575,735 tons produced (FAO, 2016). Out of that, 127,002,229 tons were exported, generating 138 millions of dollars in Brazilian exportations (MDIC, 2016).

Having in mind that mango trade to distant markets requires studies to extend its storage life, it is necessary to focus on: maturation stage at harvest, correct harvest procedures, and postharvest handling, as well as proper storage conditions (Osorio and Fernie, 2013; Razzaq et al., 2013). As a tropical product, mango shows sensibility to low temperatures, causing injuries when kept under temperatures below 12°C (Nair and Singh, 2003; Narayana et al., 2012).

The association of refrigeration and modified atmosphere packaging (the use of plastic films, wax or edible coatings) or controlled atmosphere packaging has been used to reduce deterioration, extend shelf life and sustain mango's quality (Singh and Singh, 2012). Edible coating works as a barrier, reducing gas exchange between fruit and atmosphere, results in a modified intern atmosphere (high CO<sub>2</sub> concentrations, and low O<sub>2</sub>), and so decrease in water loss (Terry et al., 2011; Oliveira, 2014; Aquino et al., 2015; Petriccione et al., 2015).

The use of edible packages is important due to modern consumer being more responsible, preferring more natural, renewable and biodegradable products (Jiménez et al., 2012). Edible coatings used in postharvest are biodegradable, created from renewable sources, perfectly adjusting itself in the ecosystem and avoiding environmental pollution (Campos et al., 2011; Pascall and Lin, 2013).

In these terms, cassava starch, chitosan and pectin are polysaccharides being studied as feedstock in edible coatings production (Wills and Goulding, 2015), building a resistant and transparent layer, giving a nice and bright look to the fruit, and making them commercially attractive (Jiménez et al., 2012). The use of chitosan coatings reduced physiological loss and

delayed fruit firmness loss in mangoes during storage (Cissé et al., 2015), such as the use of polysaccharides (methylcellulose, hydroxypropyl cellulose, carboxymethyl cellulose and chitosan) on sustaining citrus fruits quality (Arnon et al., 2014). Another positive effect of polysaccharide coatings (pectin and chitosan) was pointed by the decrease in respiration rate and ethylene production and, as consequence, extended mangoes shelf life (Medeiros et al., 2012).

Mangoes stored only in refrigerated environment reached the stage of consumption 20 days after refrigeration and four days at room temperature. For 'Tommy Atkins' mangoes, 12°C combined with a 5% of CO<sub>2</sub> + 5% of O<sub>2</sub> kept fruits in good marketable conditions for 31 days. These results supported the possibility of long sea shipping (21 to 23 days), and reducing costs.

Mangoes postharvest life under refrigeration at 10 and 13°C and relative humidity (RH) of 85% varies from 2 to 3 weeks depending on maturation stage (Neves, 2009), while when it was wax coated or plastic packed, it increased its life between 28 and 35 days. However, Santos et al. (2012) verified postharvest life in 'Tommy Atkins' mangoes of 28 days after coating with a 2% cassava starch coating. This study's purpose was to evaluate effects of cassava starch (CS), chitosan (CH), and pectin (PE) isolated and mixtures of edible coatings on sustaining 'Tommy Atkins' mangoes postharvest quality.

## 2 MATERIALS AND METHODS

The present study was carried on at Laboratório de Tecnologia de Alimentos (Laboratory of Food Technology) at Universidade Federal Rural do Semi-Árido ó UFERSA. Materials used for films production: cassava starch, chitosan, citrus pectin, and distilled white glycerin.

Mangoes from Tommy Atkins cultivar were collected for this experiment, harvested at physiological maturity, at Fazenda Finobrasa Agroindustrial S/A, located at Ipanguaçú-RN. After transported to the Laboratory of Food Technology at Universidade Federal Rural do Semi-Árido, fruits were selected, washed with chlorinated water (100 ppm) and dried at room temperature.

Fruits were identified and sorted according to the experimental design used (response surface in simplex-centroid mixture design), with five replications in each trial and seven coating types, and the uncoated control treatment.

Response surface methodology describes dependent variable (Y) behavior when there are changes in the independent variables, within the studied interval (RODRIGUES; IEMMA, 2005). Results for mixtures design are represented by a response surface ternary triangle, where basal vertices correspond to measured responses to pure components. Mean points in the edges represent responses for binary mixtures, and points within the triangle correspond to ternary mixtures (BRUNS; SCARMINIO, BARROS NETO, 2001).

Cassava starch (CS), chitosan (CH), and pectin (PE) coatings were made with 20 g of polymer, 2 g of plasticizer (glycerol), in 978 g of distilled water (CS and PE), and 978 g of acetic acid (1) in a pH of 3. Cassava starch solution was stirred and heated to a temperature of 70 °C, during 15 minutes, using a stirrer with a heating plate. While chitosan and pectin solutions were homogenized with the stirrer during 45 minutes. After preparation of each solution, separately, mixtures were set and refrigerated at 25 °C.

Fruits were individually immersed for one minute in its respective treatment (coating) solution and dried at room temperature for one hour, just followed by storage at a  $13\pm 1^{\circ}\text{C}$  and  $90\pm 5\%$  RH for 28 days.

The following physical and physicochemical analysis were evaluated at the end of storage period:

**External appearance (EA):** six trained people evaluated fruits using a visual and subjective scale, grading from 1 to 9, according to severity of damages (sunken lesions, wilt,

fungal injuries, darker spots). Grading scale from 1 to 9, where 9 is extremely good and free from injuries; 8 very good and free from dark spots but loss of turgidity; 7 good and few dark spots and loss of turgidity (5% of the fruit); 6 regular and dark spots (5%) and shrinkage; 5 acceptable and 10% of darker spots (limit); 4 bad and 25% with darker spots; 3 very bad and 50% spots and/or shrinkage; 2 extremely bad and 75% of spots, injuries or shrinkage, and apparent softening; 1 awful - +75% unacceptable damage. Fruits grade 4 or less were considered unsuitable to market (LIMA et al., 2012).

**Physiological loss (PL):** measured by the difference between mass at the start and each measurement period, expressed in percentage (%).

**Pulp color:** determined with reflectometry, using a Konica Minolta® CR-10 colorimeter, calibrated in an illuminated white porcelain surface. Readings were expressed in L, C and °h, which, according to the CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), define color: L, corresponding to lightness (brightness, degree of lightness; 0 = dark/opaque and 100 = white); C, the chroma (saturation or color intensity; 0 = gray/dull and 60 = vivid); and °h, the hue angle (tonality; 0° = red; 90° = yellow; 180° = green; 270° = blue) (MINOLTA CORP, 2007). Measures were made in two equidistant spots, and considered the average of both.

**Fruit firmness (FF):** measurement was made based in penetration, using a McCormick FT 327 penetrometer (8 mm-diameter tip) in equatorial regions of the fruit, two per fruit. Some of the epicarp was removed. Results expressed in Newton.

**Total soluble solids content (SS):** determined after passing the whole fruit through a blender and measured with a digital Pallete PR-100 refractometer (AttagoCo. Ltd., Japan), with automatic temperature correction and reading range from 0 to 32 °Brix. Results expressed in percentage (%) (AOAC, 2005).

**Titrateable acidity (TA):** determined by titration of an aliquot of 10 g of juice, in duplicate, which were added 40 mL of distilled water and titrated with NaOH (0.02 N) solution until pH equals 8.1 (using a digital pHmeter). Results expressed in percentage of citric acid, according to IAL (1985) methodology.

**pH (potential hydrogen):** measured in the fruit's juice, in duplicate, using a digital pHmeter (AOAC, 2005).

**SS/TA ratio:** result of division between average values of soluble solids content and titrateable acidity average.

Response surface statistical analysis of individual effects on experimental factors and their interactions on mangos attributes of quality through 28 storage days, coated with cassava starch, chitosan and pectin isolated or in mixtures, were ran with Programa Statistica 7.0 software (STATSOFT, 2004). Adjustments of regression models in response surface were made. The model choice followed the significance criteria and its parameters, errors regression significance and coefficient determination ( $R^2$ ). Data was submitted to variance analysis using SISVAR software (FERREIRA, 2003). Level of treatment factors were compared by Scott-Knott at 5% of probability.

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the experimental arrangement used, it is verified that trials from 7 to 10 originated from four replications made at central point to determine experimental error. It was considered that the response shows homocedasticity within the experimental domain studied.

Table 1. Experimental arrangements and results for physiological loss (%)  $\delta$  Y1, external appearance (Y2), pulp lightness color (L) (Y3), fruit firmness (Newton) (Y4), soluble solids content (%) (Y5), pH (Y6), titratable acidity (% of citric acid) (Y7), and SS/TA ratio (Y8) in Tommy Atkins mangoes coated with chitosan, cassava starch, and pectin coatings.

Trial number	Factor (encoded values)			Response variable							
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>	Y <sub>8</sub>
1	1	0	0	3.71	6.0	72.65	34.92	13.17	3.40	0.786	17.99
2	½	½	0	2.80	8.0	68.18	47.15	9.96	3.63	0.602	16.71
3	0	1	0	3.29	8.0	69.47	46.26	11.98	3.64	0.543	22.18
4	½	0	½	3.57	7.0	73.28	66.72	11.05	3.36	0.906	12.33
5	0	0	1	3.13	8.0	70.35	31.14	13.09	3.64	0.691	19.53
6	0	½	½	2.98	7.7	70.67	39.14	12.82	3.66	0.664	19.78
7				2.91	7.0	71.97	29.80	12.75	3.61	0.629	20.89
8				3.14	7.0	71.46	30.69	13.02	3.56	0.647	20.57
9				3.08	7.0	72.19	34.69	13.17	3.56	0.609	22.30
10				3.04	7.1	71.54	29.58	13.25	3.66	0.581	23.55
Lack of fit	-	-	-	0.0001 32	0.342 857	0.00	0.00	0.00	0.002 656	0.00	0.00
Adj R <sup>2</sup>	-	-	-	0.9125	0.993 9	0.9488	0.9583	0.9604	0.792 7	0.9287	0.8225

X<sub>1</sub>  $\delta$  % cassava starch; X<sub>2</sub>  $\delta$  % chitosan; X<sub>3</sub>  $\delta$  % pectin; % biopolymers = 2.0%, plasticizer = 0.2% of glycerol.

Table 2 exhibits model's coefficients, standard errors estimate, Student test (t test) and p-value to main effects, and interactions of quadratic and cubic models used for analyzed variables description in mangos coated with different biopolymers compositions.

Figure 1 shows a Pareto graph of standardized effects for comparison of factors significance and their interactions with variables.

Main effects are statistically significant at 95% of confidence. x<sub>1</sub>\*x<sub>2</sub> double interaction in physiological loss, appearance, and pulp lightness, and x<sub>1</sub>\*x<sub>2</sub>\*x<sub>3</sub> cubic interaction in appearance, may be considered significant at 95% of confidence. Other interactions between factors are not too significant.

Table 2. Coefficients, standard error, Student t-test and p-value of physiological loss (%), appearance, lightness of pulp color (L), Firmness, Soluble solids, pH, titratable acidity, SS/TA ratio in Tommy Atkins mangoes coated with chitosan, cassava starch, and pectin coatings.

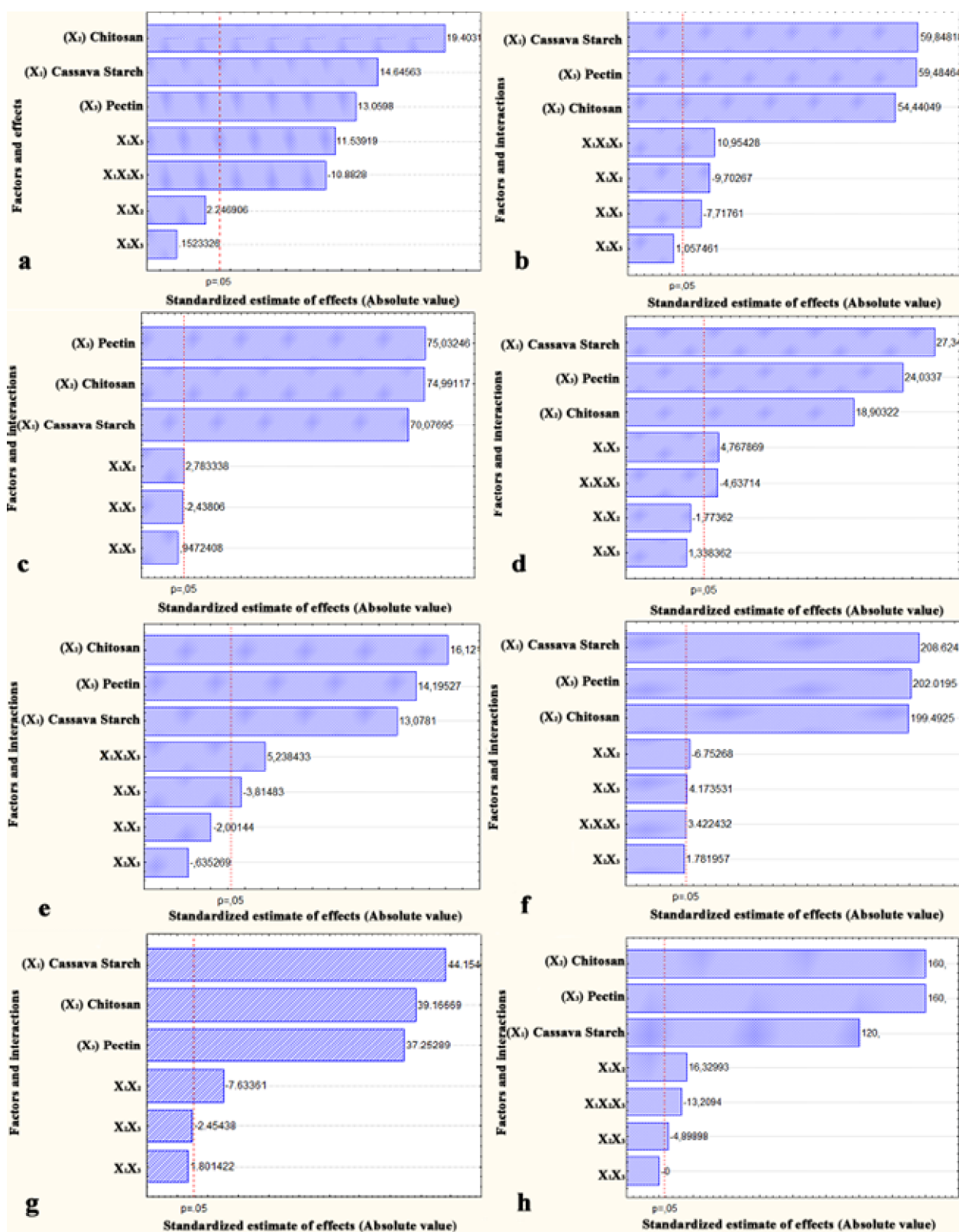
<b>Factor</b>	<b>Coefficients</b>
<b>Physiological loss</b>	
(X <sub>1</sub> ) % Cassava starch	3.70808*
(X <sub>2</sub> ) % Chitosan	3.28920*
(X <sub>3</sub> ) % Pectin	3.12848*
X <sub>1</sub> .X <sub>2</sub>	-2.76832*
X <sub>1</sub> .X <sub>3</sub>	0.65328ns
X <sub>2</sub> .X <sub>3</sub>	-0.89008ns
<b>External appearance</b>	
(X <sub>1</sub> ) % Cassava starch	6.0000*
(X <sub>2</sub> ) % Chitosan	8.0000*
(X <sub>3</sub> ) % Pectin	8.0000*
X <sub>1</sub> .X <sub>2</sub>	4.0000*
X <sub>1</sub> .X <sub>3</sub>	0.0000ns
X <sub>2</sub> .X <sub>3</sub>	-1.2000*
X <sub>1</sub> .X <sub>2</sub> .X <sub>3</sub>	-16.7250*
<b>Lightness</b>	
(X <sub>1</sub> ) % Cassava starch	72.6500*
(X <sub>2</sub> ) % Chitosan	69.4700*
(X <sub>3</sub> ) % Pectin	70.3500*
X <sub>1</sub> .X <sub>2</sub>	-11.5200*
X <sub>1</sub> .X <sub>3</sub>	7.1200*
X <sub>2</sub> .X <sub>3</sub>	3.0400ns
X <sub>1</sub> .X <sub>2</sub> .X <sub>3</sub>	30.1800*
<b>Firmness</b>	
(X <sub>1</sub> ) % Cassava starch	34.917*
(X <sub>2</sub> ) % Chitosan	46.259*
(X <sub>3</sub> ) % Pectin	31.136*
X <sub>1</sub> .X <sub>2</sub>	26.243ns
X <sub>1</sub> .X <sub>3</sub>	134.774*
X <sub>2</sub> .X <sub>3</sub>	1.779ns
X <sub>1</sub> .X <sub>2</sub> .X <sub>3</sub>	-657.025*
<b>Soluble solids</b>	
(X <sub>1</sub> ) % Cassava starch	13.1700*
(X <sub>2</sub> ) % Chitosan	11.9800*
(X <sub>3</sub> ) % Pectin	13.0900*
X <sub>1</sub> .X <sub>2</sub>	-10.4600*
X <sub>1</sub> .X <sub>3</sub>	-8.3200*
X <sub>2</sub> .X <sub>3</sub>	1.1400ns
X <sub>1</sub> .X <sub>2</sub> .X <sub>3</sub>	61.0425*
<b>pH</b>	
(X <sub>1</sub> ) % Cassava starch	3.393895*
(X <sub>2</sub> ) % Chitosan	3.631895*
(X <sub>3</sub> ) % Pectin	3.633895*
X <sub>1</sub> .X <sub>2</sub>	0.582105*
X <sub>1</sub> .X <sub>3</sub>	-0.509895ns



X2.X3	0.198105ns
<b>Titrateable acidity</b>	
(X <sub>1</sub> ) % Cassava Starch	0.7861*
(X <sub>2</sub> ) % Chitosan	0.5435*
(X <sub>3</sub> ) % Pectin	0.6910*
X1.X2	-0.2498
X1.X3	0.6715*
X2.X3	0.1885ns
X1.X2.X3	-3.3760*
<b>SS/TA ratio</b>	
(X <sub>1</sub> ) % Cassava starch	17.9921*
(X <sub>2</sub> ) % Chitosan	22.1798*
(X <sub>3</sub> ) % Pectin	19.5291*
X1.X2	-13.4892ns
X1.X3	-25.7110*
X2.X3	-4.2816ns
X1.X2.X3	182.4960*

\* Effects considered statistically significant ( $p < 0.05$ ) at 95% of confidence.

Figure 1. Pareto Graph of standardized effects for factors and their interactions on fruit firmness (N) (a), soluble solids content (%) (b), pH (c), titratable acidity (% of citric acid) (d), SS/TA ratio (e), lightness of pulp color (L) (f), physiological loss (%) (g), and appearance (9-1 scale) (h) in Tommy Atkins mangoes coated with chitosan, cassava starch, and pectin coatings.



Best Subset Selection Method was used to evaluate which factors and interactions must be disregarded from the models. Used as criteria of factors and interactions selection to set the mathematical model, adjusted R-squared value maximization. Adjusted R-squared is calculated from R-squared adjustment of each subset from the model considering the amount of variables in the model and sample size.

Table 3. Variance analysis for adjustment of models to physiological loss (%), appearance, lightness of pulp color (L), in Tommy Atkins mangoes coated with chitosan, cassava starch, and pectin coatings.

Source	SS	DF	MS	F	S
<b>Physiological loss</b>					
Quadratic model	0.706787	5	0.141357	19.7621	0.006367*
Residual	0.028612	4	0.007153		
Lack of fit	0.000132	1	0.000132	0.0139	0.913645
Pure error	0.028480	3	0.009493		
Adjusted total	0.735399	9	0.081711		
R-squared = 0.9611			Adjusted R-squared = 0.9125		
<b>External appearance</b>					
Cubic model	3.189286	4	0.797321	5.57011	0.043745*
Residual	0.715714	5	0.143143		
Lack of fit	0.685714	2	0.342857	34.28571	0.008582*
Pure error	0.030000	3	0.010000		
Adjusted total	3.905000	9	0.433889		
R-squared = 0.9980			Adjusted R-squared = 0.9939		
<b>Lightness</b>					
Cubic model	20.93224	6	3.488707	28.76888	0.009569*
Residual	0.36380	3	0.121267		
Lack of fit	0.00000	0	0.000000		
Pure error	0.36380	3	0.121267		
Adjusted total	21.29604	9	2.366227		
R-squared = 0.9829			Adjusted R-squared = 0.9488		
<b>FP</b>					
Cubic model	1209.916	6	201.6527	35.47737	0.007049
Residual	17.052	3	5.6840		
Lack of fit	0.000	0	0.0000		
Pure error	17.052	3	5.6840		
Adjusted total	1226.968	9	136.3298		
R-squared = 0.9861			Adjusted R-squared = 0.9583		
<b>SS</b>					
Cubic model	10.86817	6	1.811361	37.40549	0.006524*
Residual	0.14527	3	0.048425		
Lack of fit	0.00000	0	0.000000		
Pure error	0.14527	3	0.048425		
Adjusted total	11.01344	9	1.223716		
R-squared = 0.9868			Adjusted R-squared = 0.9604		
<b>pH</b>					
Quadratic model	0.093748	5	0.018750	7.881487	0.033787*
Residual	0.009516	4	0.002379		

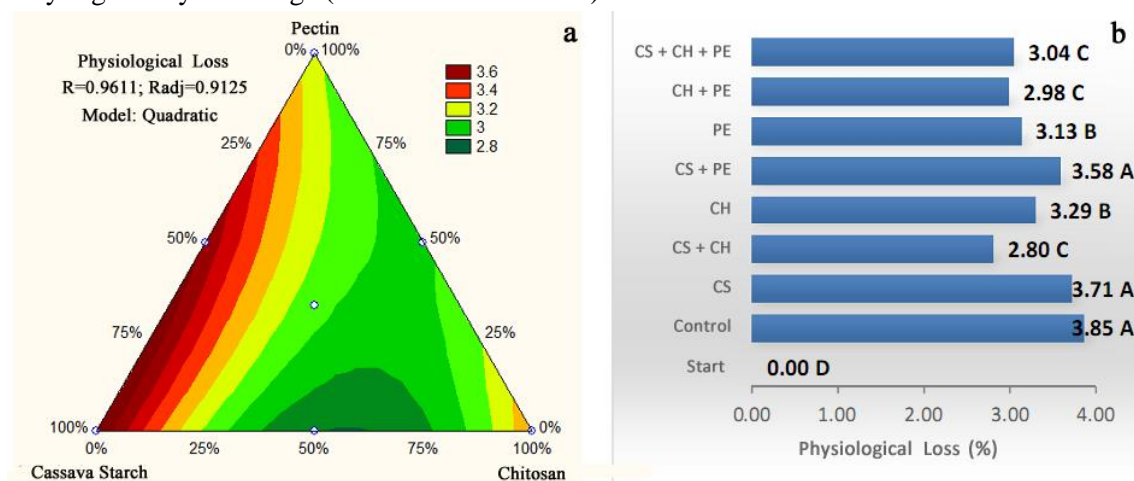
Lack of fit	0.002656	1	0.002656	1.161424	0.360107
Pure error	0.006860	3	0.002287		
Adjusted total	0.103264	9	0.011474		
R-squared= 0.9078			Adjusted R-squared = 0.7927		
<b>TA</b>					
Cubic model	0.101793	6	0.016966	20.52528	0.015590*
Residual	0.002480	3	0.000827		
Lack of fit	0.000000	0	0.000000		
Pure error	0.002480	3	0.000827		
Adjusted total	0.104273	9	0.011586		
R-squared= 0.9762			Adjusted R-squared = 0.9287		
<b>SS/TA</b>					
Cubic model	90.277420	6	15.046240	7.94971	0.058598*
Residual	5.678030	3	1.892680		
Lack of fit	0.000000	0	0.000000		
Pure error	5.678030	3	1.892680		
Adjusted total	95.955450	9	10.661720		
R-squared= 0.9408			Adjusted R-squared = 0.8225		

\* Effects considered statistically significant ( $p < 0.05$ ) at 95% of confidence.

Variance analysis (Table 3) shows that the regressions are significant at 5% of probability for analyzed variables. The models may explain 96.11; 99.80; 98.29; 82.10 and 91.77% of R-squared.

During the period of storage a significant difference of physiological loss occurred within treatments. Figure 2 presents response surface contour curves (a) obtained with application of mathematical model and Scott-Knott test (b) at 5% of probability to physiological loss.

Figure 2. Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for physiological loss at the twenty-eighth day of storage (13 °C and 90% of RH).



Significant differences were observed in physiological loss of fruits within treatments, as shown in Figure 2. Physiological loss occurs due to the transpiration process, which may be increased with the increase in temperature and decrease in relative humidity (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Physiological loss of coated fruits is related to an attribute of water vapor barrier. Polysaccharides such as cassava starch, chitosan and pectin are excellent barriers to oxygen and carbon dioxide; however, in isolated forms they are hydrophilic and have high permeability to water vapor, which differ from each polymer matrix (MEDEIROS et al., 2012; CISSÉ et al., 2015). The coating may be optimized by combination with hydrocolloids what turns the coatings formation more homogenous (GAO; ZHU; ZHANG, 2013; CASTAÑEDA, 2013; SILVA, 2015) or with lipidic materials (XU et al., 2005; OLIVEIRA, 2014).

When response surface quadratic model is analyzed for weigh loss on mango fruits during 28 storage days, it is seen that the model is adequate to describe the mixture of all three constituents, because the graph for ternary mixtures with quadratic model already have a higher synergic interaction in binary mixtures with cassava starch and chitosan.

Fruits coated with film-forming solution composed of 33.33 to 5% of chitosan, and having cassava starch or pectin as the others components, provided lower physiological loss within treatments, under the experimental conditions. Notwithstanding, for mangoes coated with mixtures of equal parts (1:1) of chitosan and cassava starch showed decrease of physiological loss (27.27%). According to Castañeda (2013) in refrigerated storage of apple postharvest conservation, mixture of cassava starch and chitosan at equal proportions made better coatings, due to better rearrangement of polymeric chain, proved by the Scanning Electron Microscopy, which ensures a more efficient water vapor barrier.

Coatings with composition of CS, CS+PE provided similar effect of physiological loss to control treatment fruits. On the other side, the other compositions resulted in positive effect in reducing fruit physiological loss compared to control treatment. Mixture coatings of CS+CH, CH+PE, and CS+CH+PE had less physiological loss than mixtures with PE and CH.

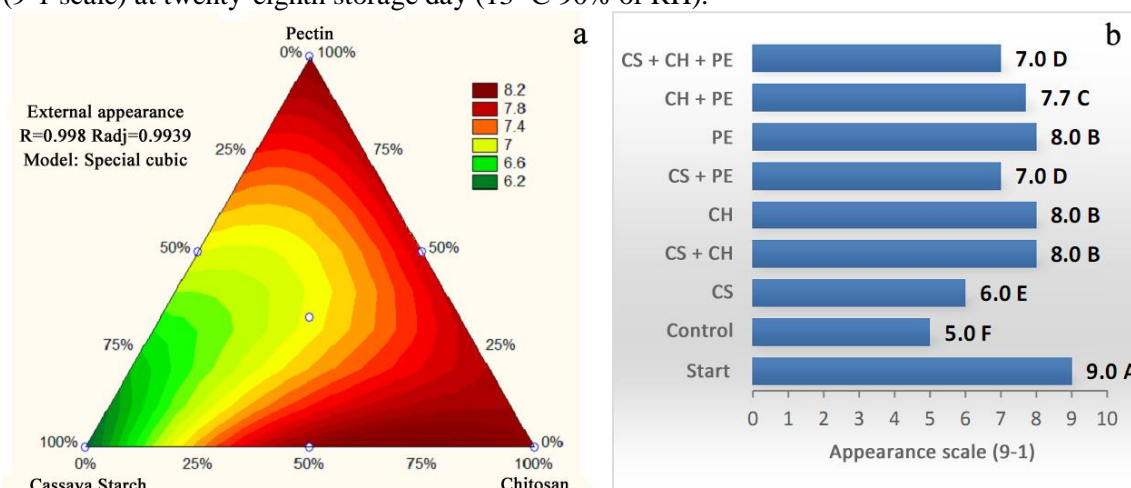
The differences of physiological loss between coated and uncoated mangoes are primarily related to water vapor barrier provided by the coatings, where each polymer has different properties and structures which gives different structural arrangements and different formation of polymeric chain (WILLS; GOULDING, 2015).

Mangos from Tommy Atkins and Supresa cultivars, coated with cassava starch at 3% and 2%, respectively, presented lower physiological loss compared to lower concentrations and to control treatment (SANTOS et al., 2011; SCANAVACA JÚNIOR et al., 2007).

Medeiros et al. (2012) coated Tommy Atkins mangos with chitosan and pectin coating, kept for 45 days at 4° C and 90% of RH, and observed less physiological loss at 28 days to coated fruits. Cissé et al. (2015) also had lower physiological loss compared to control treatment fruits in mango fruits from Kent cultivar stored for 8 days coated with 1 and 1.5% of chitosan.

Reduction in external appearance scores was observed in fruits from all treatments at day 28 (Figure 3 (a) and (b)). Fruits coated with CH, PE and CS+CH sustained higher external appearance scores when compared to control treatment, with statistically equal scores, differing from fruits from other treatments, which had lower external appearance scores.

Figure 3. Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for external appearance scale (9-1 scale) at twenty-eighth storage day (13 °C 90% of RH).



The positive effect of coatings with CH, PE and CS+CH is due to a brighter mango skin resulting in a good-looking fruit and also for having important effect on retarding senescence processes which is caused by the barrier layer that blocks gases. Ethylene, the main hormone associated with ripening process, has its effect reduced when CO<sub>2</sub> concentration within the cell is higher than 5% (CISSÉ et al., 2015).

For each polymer of isolated form or in mixture there are three elements in their formation or in the molecular structure of aqueous gel: (a) junction zones, where polymeric molecules are together; (b) polymer inter-junction segments that are relatively mobile; and (c) water bonded to polymeric net. A junction zone may involve covalent bonds, electrostatic, of hydrogen or hydrophobic interactions (THAKUR et al., 1997).

Supporting this study results, Medeiros et al. (2012) indicated that mangos coated with pectin and chitosan had better appearance and lower physiological loss than fruits from control group. One of the reasons for appearance change after harvest is the physiological loss due to transpiration, which may cause fruits to wilt, making them unattractive in market.

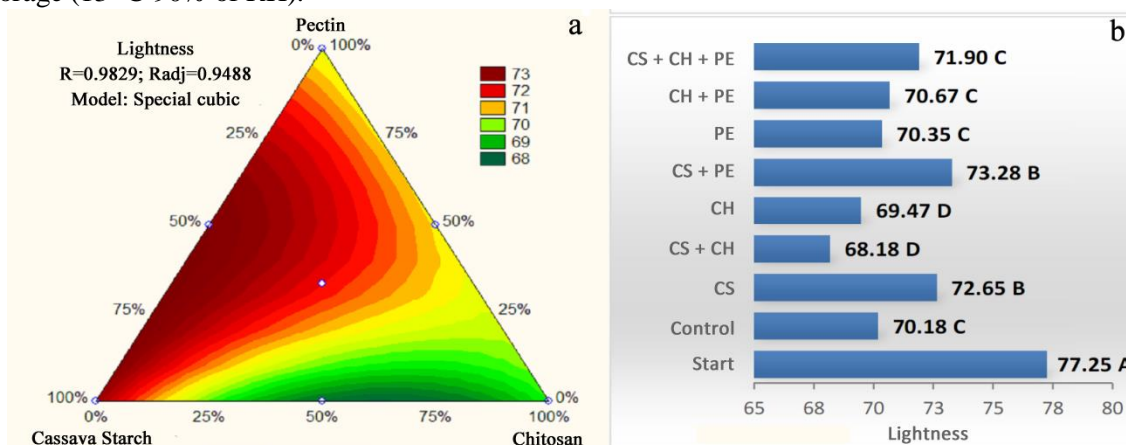
Another factor that may affect fruits appearance is chilling injuries, just as mechanic injuries, microorganisms attack, physiological disturbs, and also wilt caused by some coatings (LIMA et al., 2012). One way to avoid this event is reducing ethylene production (WILLS; GOULDING, 2015).

Chien; Sheu and Yang (2007) authors verified reduction on external appearance of nine mango fruits when stored for seven days at 6 °C and 80% of RH. Fruits coated with chitosan at concentrations of 0.5, 1 and 1.5% obtained values of (5.79, 6.42 and 6.02) while uncoated fruits had value of 3.85. Similar results for appearance with the use of coatings were detected in eggplant coated with cassava starch by Souza et al. (2009); Formosa papaya coated with carnaúba palm wax by Fernandes et al. (2010), which observed better scores for external appearance at the end of storage period when compared to fruits from control treatment.

Lima et al. (2012) reported divergent results using cassava starch in Tommy Atkins mangoes, obtaining scores lower than the control treatment. Fruit appearance evaluation is extremely useful to estimate the time of commercialization, because fruit must get to large consumer markets with acceptable visual quality for consumption and marketing.

Figure 4 presents response surface contour curves (a) obtained from mathematical model and Scott-Knott test (b) at 5% of probability for pulp color: lightness (L).

Figure 4. Response surface contour curve (a) and Scott-Knott test (b) to lightness of pulp at 28 day of storage (13 °C 90% of RH).



Mango fruits pulp color suffered a decrease in lightness at day 28 of storage, demonstrating that ripening process occurred and represented by the changes in pulp variables during storage period.

Study of mango conservation using cassava starch performed by Serpa et al. (2014) verified that there was no effect of coatings on L variables, occurring reduction of pulp lightness in Palmer mangoes from 80.58 to 70.07 during a 10-days storage at room temperature.

When the cubic model for L, from response surface of pulp color of mangos during 28 days of storage are analyzed, it is seen that the models are adequate to describe the mixture of the three components, because in the presented graphs for ternary mixtures with cubic model there is a higher interaction of mixtures with the three polymers. While in the graph with quadratic model it is noted a higher synergic interaction in binary mixtures that involves cassava starch and pectin.

Lightness of mango pulp was influenced by coatings at the day 28. There was significant difference with Scott-Knott test within treatments. Fruits coated with CS and CS+PE presented values of pulp lightness higher than the other treatments. Lightness is related to brightness, which varies from 0% (black) to 100% (white) (FERREIRA, 2008).

Different results were found by Azerêdo (2016) using different coatings of cassava starch and chitosan in Tommy Atkins mangoes where coated fruits presented higher values of pulp lightness at the end of storage period.

Other studies carried with Tommy Atkins (AMARIZ et al., 2010), and Palmer (BRAZ et al, 2007) cultivars reported decrease in pulp brightness during storage period as well, indicating quality conservation (CHIEN et al., 2007).

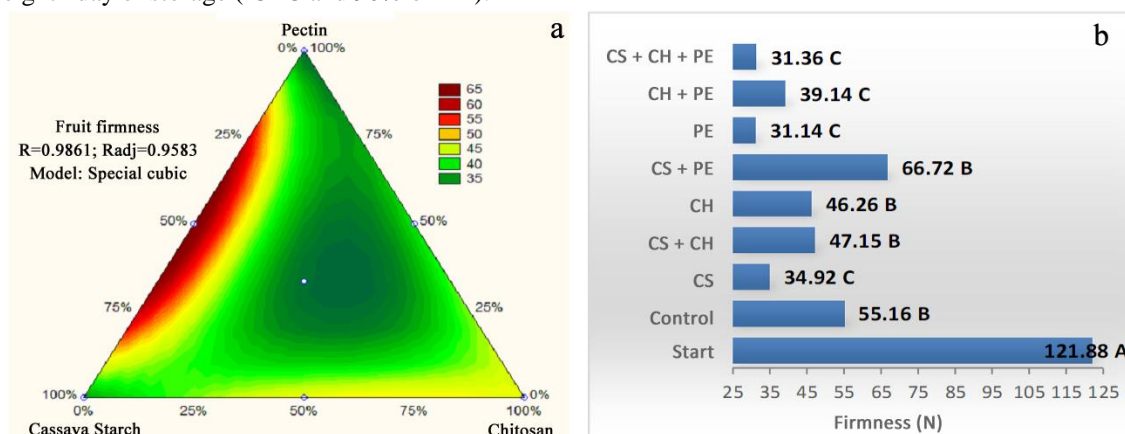
Pectin and cassava starch created a semipermeable coat around the fruit that reduces gases exchange with the environment, modifying the atmosphere inside the fruit (WILLS; GOULDING, 2015), interrupting carotenoids synthesis process. Similar results were reported in Tommy Atkins mangoes treated with 1.0% CMC + 0.2% dextrin, 0.8% CMC + 0.5% dextrin, and dextrin (AMARIZ et al., 2010).

Main effects are statistically significant at 95% of confidence. For fruit firmness, soluble solids content, titratable acidity, and SS/TA ratio variables the  $x_1*x_3$  double interaction and  $x_1*x_2*x_3$  cubic interaction may be considered significant at 95% of confidence, as well as  $x_1*x_2$  double interaction for pH and soluble solids. Other interactions between factors are not so significant.



Figure 5 shows response surface contour curves (a) obtained from mathematical model application and Scott-Knott test (b) at 5% of probability for fruit firmness (Newton). Fruits coating did not avoid decrease in fruit firmness of mango fruits during storage period (Figure 5b). A decrease of 55.16% was observed in fruit firmness, from timing zero (121.88 N) to day 28 of storage (55.16 N) to control fruits. Even though, fruits were still marketable. Among coated fruits it was verified that the proportion of cassava starch and pectin showed higher values than other coatings (Figure 5a), not differing from control fruits.

Figure 5. Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for fruit firmness (Newton) at twenty-eighth day of storage (13 °C and 90% of RH).



$x_1*x_2*x_3$  cubic interaction,  $x_2*x_3$  double interaction and isolated cassava starch and pectin coatings presented the lowest values of fruit firmness at day 28 of storage, which has no effect in holding reactions that reduce fruit firmness of fruits.

Firmness is considered one of the most important attributes of fruits quality, since it affects transport resistance, postharvest conservation techniques, and microorganisms attacks (WILLS; GOULDING, 2015). It is also one of the characteristics of texture and corresponds to the level of plant tissue compressive strength. It is related to the composition and pectin solubilization from cellular wall as well as middle lamella (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

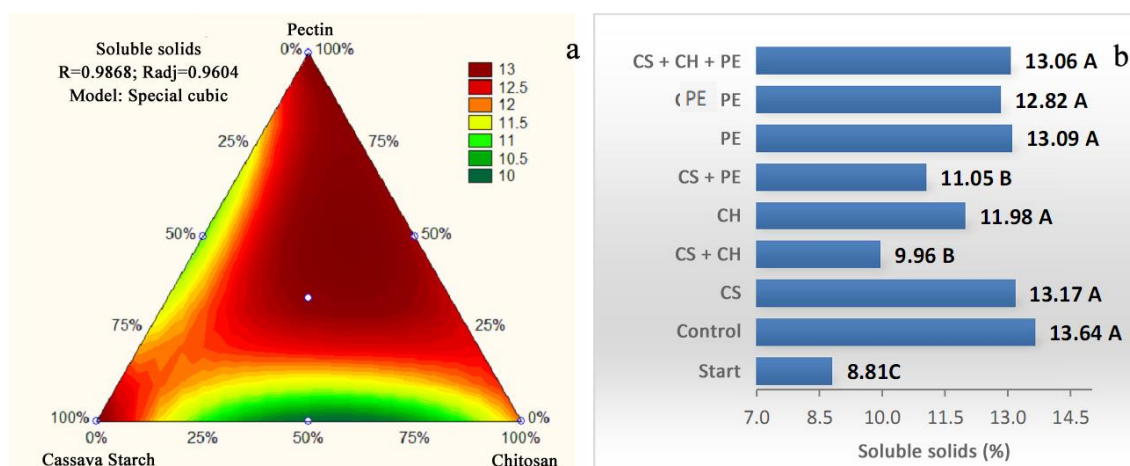
Firmness is also related to the amount of water in the cells, or cell turgor (CHITARRA; CHITARRA, 2005), which decreases with storage. Firmness decrease is also associated to the insoluble pectin fractions conversion to soluble forms during maturation. Through maturation, proto pectin enzymes and pectin methylesterase are responsible for hydrolysis and solubilization of pectic substances, contributing to firmness reduction (WILLS; GOULDING, 2015).

Lima et al. (2012) verified in postharvest conservation of Tommy Atkins mangoes, after 15 days of storage at 10 °C and 88% of RH, higher firmness of control fruits compared to fruits coated with 3% cassava starch + Anise (*Pimpinella anisum*) extract. Cissé et al. (2015) also verified that coating systems with chitosan and lactoperoxidase in all coating treatments with concentrations of 1 to 1.5%, isolated or in mixtures, ensured higher firmness in control fruits of Kent mango.

Results reported by Azerêdo et al. (2016) differ, where fruits coated with cassava starch and chitosan in similar concentrations to this study showed, at 29 days of storage, firmness values higher than uncoated fruits.

An increase in soluble solids content of fruits was observed in all treatments at day 28 (Figure 6 (a) and (b)).

Figure 6. Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for soluble solids content (%) at the twenty-eighth day of storage (13 °C and 90% of RH).



$x_1 * x_2 * x_3$  cubic interaction with mixtures of the three polymers in equal proportions showed the highest values of soluble solids content at day 28 of storage, not holding the reactions that breaks down carbohydrates and stored reserve of the fruit, differently from  $x_1 * x_2$  and  $x_2 * x_3$  double interaction which had lower values of soluble solids content than the other treatments analyzed at day 28 of storage.

Significant difference was reported for soluble solids content between analyzed treatments. Mango fruits coated with 1:1 mixture of chitosan and cassava starch and 1:1 of pectin and cassava starch had lower values of soluble solids content within treatments, under the experimental conditions. Mangoes coated with mixtures of equal parts (1:1) of chitosan and cassava starch had a 27% reduction of soluble solids content related to control group. This occur due to an specific characteristic of combination coating formulation which avoids

physiological loss and gas exchanges with the increase of CO<sub>2</sub> levels and O<sub>2</sub> reduction, what prevents polysaccharides and stored reserves of mango fruits from breaking down.

According to Medeiros et al. (2012) soluble solids content is used as maturity indicators and determines fruit quality, having a big role on its taste. Results showed, in general, that fruits coated with a homogeneous coating of ½ chitosan and cassava starch sustained their soluble solids content, when compared to control fruits group. Fruits from control treatment showed soluble solids content variation from 8.81 to 13.64%, while coated fruits held values between 8.81 and 9.96%. Confirming that coatings reduced metabolic activity of the fruit, slowing down its ripening.

Normally, soluble solids content increases during maturation due to fruit's polysaccharides degradation. There is also an increase in soluble solids content when water loss is increased causing sugar concentration to increase in fruits tissues. Reduced concentration of O<sub>2</sub> influences respiration processes causing decline in ethylene production and, consequently, expanding maturation period (KADER, 2002).

This sugar buildup is due to the starch degradation (CISSÉ et al., 2015). The increase in soluble solids content indicates maturation evolution (SILVA, 2015). This way, retarding the increase in soluble solids content implies in extending the conservation period (MEDEIROS et al., 2012).

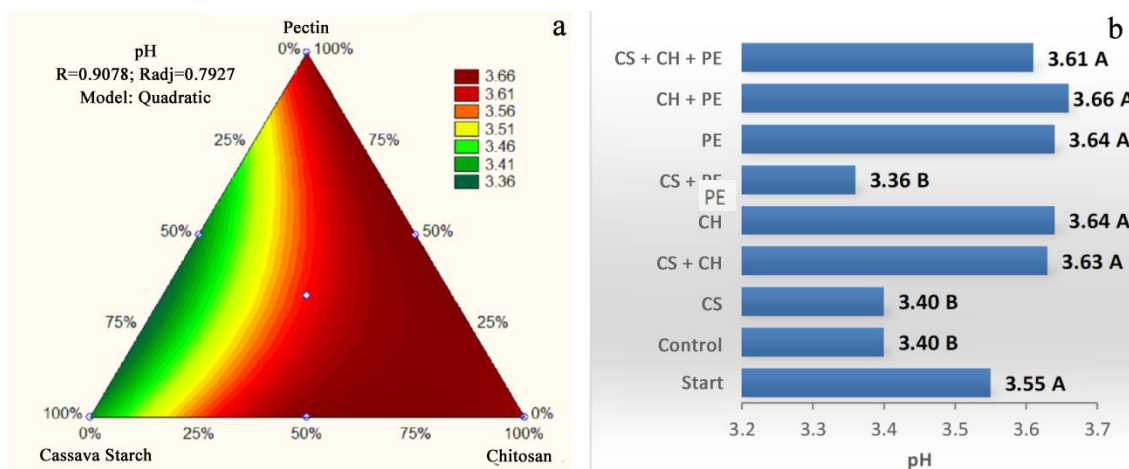
Through the mango's maturation, starch degradation occurs due, mainly, to the  $\alpha$ -amylase and  $\beta$ -amylase enzymes actions. Sugars found in mango are glucose, fructose, and sucrose, with the last one being found in larger quantity than the others, and having a major contribution to soluble solids content (CISSÉ et al., 2015).

When the buildup of soluble solids is retarded there is a delay in ripening process. This is probably due to metabolic activity reduction (SILVA et al., 2001). This attribute delay may be achieved with biodegradable coatings such as chitosan (CISSÉ et al., 2015), cassava starch (SERPA et al., 2014), and mixture of cassava starch and chitosan (AZERÊDO et al., 2016).

Medeiros et al (2012) reported in Tommy Atkins mangoes coated with chitosan and pectin. A significant effect during the experimental period until day 28, an increase from 11% to 17%, with buildup of soluble solids in control fruits, while coated mangoes maintained themselves relatively stable during this period, from 11% to 13%.

Figure 7 shows response surface contour curves (a) obtained from mathematical model application and Scott-Knott test (b) at 5% of probability for pH.

Figure 7. Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for pH at twenty-eighth day of storage (13 °C and 90% of RH).



A decrease in pH from 3.55 at timing zero to 3.40 at day 28 of storage from control fruits was observed (Figure 5b). Within coated fruits was verified that 1:1 proportion of cassava starch and pectin and isolated cassava starch showed lower values than other coatings (Figure 5a), not differing from control fruits. All these treatments reported high physiological loss at the end of storage period and higher soluble solids content values due to breaking down of stored reserves, what causes increase in acidity with the solutes concentration and breaking down of stored reserves (amid and pectic substances) which reduced pH values.

$x_1 * x_2$  double interaction and chitosan and pectin isolated coatings reported the highest values of pH at day 28, higher than the control fruits. This result shows that occurred a change in the atmosphere around the fruit, caused by the use of coatings that promoted a semipermeable coating on fruits surface, modifying endogenous concentration of  $CO_2$  and  $O_2$ , slowing down the maturation process.

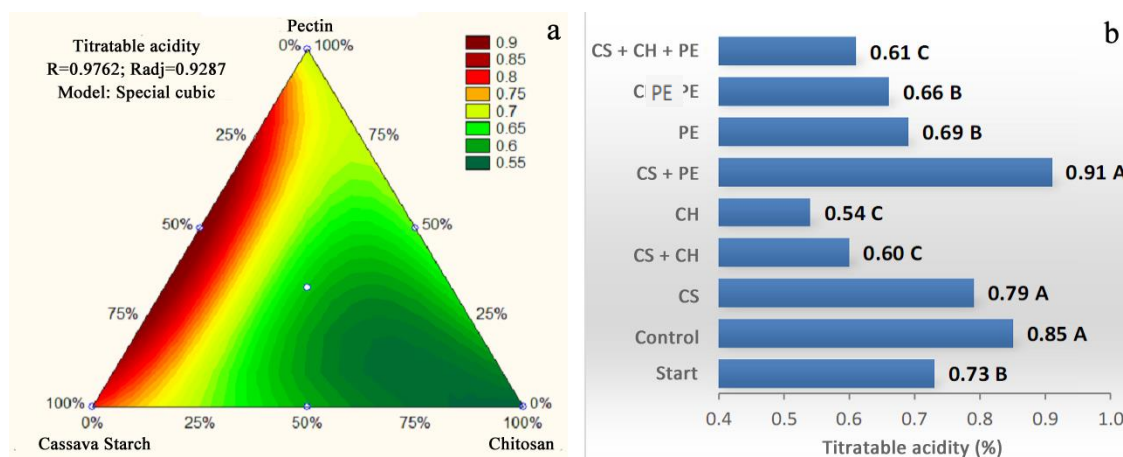
The change in pH is assigned to sugar formation, acids, and concentration of solutes due to physiological loss throughout maturation. pH increases with the period of storage of fruits (MORAES et al., 2012). Results clearly shows the relation between pH and acidity, with increase in pH (Figure 7) as the acidity decreases (Figure 8), turning the fruit more palatable (SERPA et al., 2014), more mature.

The use of some coatings decelerates pH changes, affecting the acidity (MORAES et al., 2012). Possibly, these events occur due to reduction in respiration process (TRIGO et al., 2012). Azerêdo (2016) verified pH reduction with ripening of fruits up to the twentieth day

of storage, followed by a significant increase at day 29, existing differences between coated fruits and control treatment.

Figure 8 presents response surface contour curves (a) obtained from mathematical model application and Scott-Knott test (b) at 5% of probability for titratable acidity.

Figure 8. Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for titratable acidity (% of citric acid) at 28 day of storage (13 °C and 90% of RH).



Increase in titratable acidity was observed from 0.73 at timing zero to 0.85% of citric acids at day 28 of storage for control fruits (Figure 5b). Some authors reported that during the storage period mangoes from Tommy Atkins cultivar had increase in values of acidity followed by a significant reduction with the use of coatings or modified atmosphere packaging (YAMASHITA et al., 2001; JERONIMO et al., 2007; RIBEIRO et al., 2009; AMARIZ et al., 2010). The high physiological loss and soluble solids content of control fruits at the end of storage period cause, firstly, solute concentration and rapid increase in acidity due to breakage of stored reserves (amid and structural substances) from control fruits.

Titratable acidity of fruits was verified to be altered with coating type. Fruits that had high values of soluble solids content and physiological loss showed higher acidity, caused by the loss of solutes concentration and increase in organic acids from the breakdown of substances such as amid and stored reserves of cell walls.

$x_1 * x_2 * x_3$  cubic interaction and  $x_1 * x_3$  double interaction showed lower values of acidity caused by a lower loss of weight and soluble solids content, and higher values of acidity due to greater weight and soluble solids content values with a statistical difference for each coating in isolated forms at day 28 of storage.

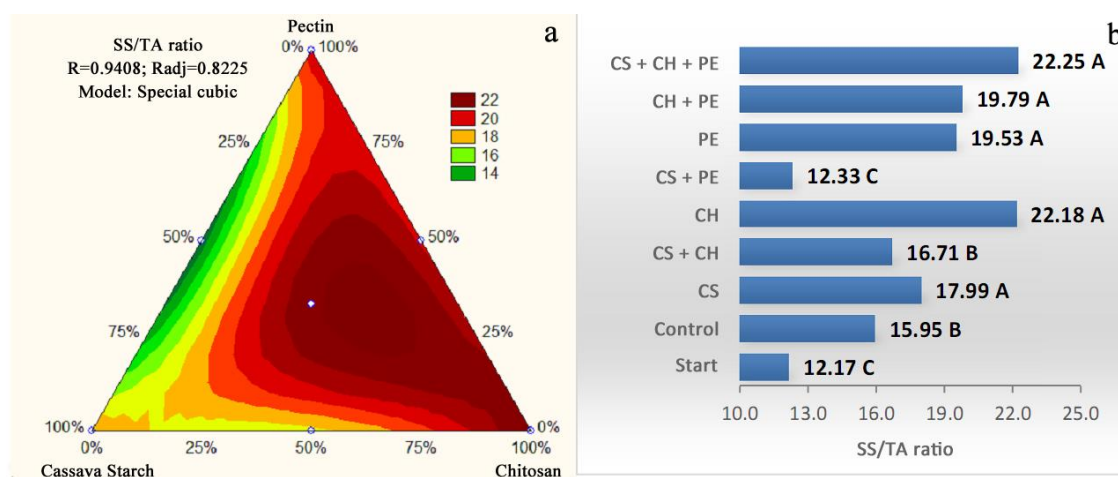
Cissé et al. (2015) considered that the ripening reduced acidity in coated and uncoated mango fruits, what was not seen in this study. According to Chitarra and Chitarra (2005), normally, content of organic acids decreases with fruits maturation due to its use as respiratory substrate or in sugar conversion, however phenolic compounds have acidy nature as well, maybe contributing to acidity in some way. According to Alves et al. (2000), an increase in acidity is caused by release of galacturonic acids that increases with fruit ripening by the action of pectin methylesterase and polygalacturonase enzymes.

Fruits that reported decrease in titratable acidity at the end of storage period are probably related to the use of acids as carbon skeleton structure in respiratory process as explained by Kays (1991). According to Chitarra and Chitarra (2005) the content of acids in plants may decrease with maturation, because of transformation of substrates to synthesize phenolic compounds, lipids, and natural aromas.

Similar behavior for titratable acidity reported in treatments with higher values were also detected by Amariz et al., (2010) with coatings based in carboxymethyl cellulose and dextrin in Tommy Atkins mangoes under refrigeration due to increase in values of acidity to coated and control fruits at the twentieth day, with reduction of values throughout the storage period.

Figure 9 shows response surface contour curves (a) obtained from mathematical model application and Scott-Knott test (b) at 5% of probability for SS/TA ratio.

Figure 9. Response surface contour curves (a) and Scott-Knott test (b) for SS/TA ratio at 28 day of storage (13 °C and 90% of RH).



Significant difference was observed for SS/TA ratio within analyzed treatments, graph of contour curves and Scott-Knott test (b) at 5% reported in Figure 9 (a and b). Increase

reported in SS/TA ratio from 12.17 at timing zero to 15.95 at day 28 of storage in control fruits (Figure 5b).

It is verified that fruits SS/TA ratio has been changed with the type of coating. Fruits that had reduced values showed low soluble solids content and/or titratable acidity at the end of storage. There was significant effect for  $x_1*x_2*x_3$  cubic interaction.  $x_1*x_2$  double interaction presented higher and lower values of SS/TA ratio, not having statistical difference for each coating in isolated form at day 28 of storage.

The response surface contour curve shows that the use of coatings in mixtures with cassava starch and chitosan and pectin at 1:1 proportion had beneficial effects in SS/TA ratio. The beneficial effects of these coatings on reducing maturation velocity of mangoes may be verified when SS/TA ratio values are analyzed.

Azerêdo (2016) verified, in Tommy Atkins mango fruits storage for 32 days, fruits coated with cassava starch had lower value compared to control fruits and other treatments. SS/TA ratio is one of the most used indexes to determine maturation, being tasting indicator (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

#### 4 CONCLUSION

Mangoes ripening, fruit firmness, external appearance, lightness of pulp color and pH of all treatments reduced. Soluble solids content and SS/TA ratio increased during the 28 days of storage. The coating based in cassava starch and chitosan at 50% proportion was more efficient in containing physiological loss, slowing down the soluble solids buildup and sustaining the pH and SS/TA ratio of Tommy Atkins mango fruits. Coated fruits had sustained external appearance and quality to commercialize product at the end of storage period. Cassava starch and chitosan coating provided better conservation of Tommy Atkins mango fruits for a 28 days period of storage at 13°C and 90% of RH.



## 5 REFERENCES

AOAC. **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS** ó Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 18th ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. 1298 p.

Amariz A, Lima MAC, Trindade DCG, Santos ACN, & Ribeiro, TP (2010). Recobrimentos à base de carboximetilcelulose e dextrina em mangas 'Tommy Atkins' armazenada sob refrigeração. *Ciência Rural*, 40(10).

Aquino AB, Blank AF, Santana LCA (2015). Impact of edible chitosanó cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperature. *Food Chem.* 171:108-116.

Arnon H, Zaitsev Y, Porat R, Poverenov E (2014). Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 87:21-26.

Alves RE, Filgueiras HAC, Moura CFH (2000). Caracterização de frutas nativas da América latina. Jaboticabal: Funep. 66 p. (Série frutas nativas, 9).

Azerêdo LPM, Silva SM, Lima MAC, Dantas RL, Pereirara WE. (2016). Qualidade de manga 'tommy atkins' da produção integrada com recoberta fécula de mandioca associada a óleos essenciais e quitosana. *Revista Brasileira Fruticultura*, Jaboticabal. 38(1):141-150.

Bruns RE, Scarminio IS, Barros Neto B (2001). Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Campinas: Unicamp.

Campos CA, Gerschenson LN, Flores SK (2011). Development of edible Ælms and coatings with antimicrobial activity. *Food Bioprocess. Technol.* 4:849-875.

Casta-eda LMF (2013). Avaliação da quitosana e da fécula de mandioca, aplicada em pós-colheita no recobrimento de maçãs. 130. Tese (Doutorado em Fitotecnia) ó Universidade Federal do Rio Grande do SUL (UFRGS), Porto Alegre.

Chitarra MIF, Chitarra AD (2005). Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2 ed. Lavras: UFLA: 785p.

Carvalho CRL, Rossetto CJ, Mantovani DMB, Morgano MA, Castro JV de, Bortoletto N (2004). Avaliação de cultivares de mangueiras selecionadas pelo Instituto Agrônômico de Campinas comparado a outras de importância comercial. *Rev. Bras. Frutic.* 26(2):264-271.

Chien P, Sheu F, Yang F (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *J. Food Eng.* 78(1):225-229.

Cissé M, Polidori J, Montet D, Loiseau G, Ducamp-Collin MN (2015). Preservation of mango quality by using functional chitosan-lactoperoxidase systems coatings. *Postharvest Biol. Technol.* 101:10-14.

Cohen G, Aguirre C, Vera BF (2001). Cultivos subtropicales palta y mango: producción y analisis de mercado. Buenos Aires: INTA.

FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015). Production crops. Access: February 4, 2016.

Ferreira DF (2003). SISVAR versão 4.3 (buld 45). Lavras: DEX/UFLA.

Fernandes PLO, Aroucha EMM, Souza PA, Sousa AED, Fernandes PLO (2010). Qualidade de mamão 'Formosa' produzido no RN e armazenado sob atmosfera passiva. *Revista Ciência Agrônômica.* 41. 4: 599-604.

Gao P, Zhu Z & Zhang, P. (2013). Effects of chitosanóglucose complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes. *Carbohydrate polymers,* 95(1):371-378.

Jiménez A, Fabra MJ, Talens P, Chiralt A (2012). Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. *Food Bioprocess Technol.* 5(6):2058-2076.

Jeronimo EM, Brunini MA, Arruda MCD, Cruz JCS, Gava GJDC, Silva MDA. (2007). Qualidade de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob atmosfera modificada. *Ciência e Agrotecnologia,* 31(4), 1122-1130.

Instituto Adolfo Lutz (1985). Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. Ed. São Paulo: IAL, 1:533.

Kader A A. (2002). *Postharvest Technology of Horticultural Crops* (3rd Edition).

65. Kays SJ. (1991). *Postharvest physiology of perishable plant products.* New York: Avi Book, 532p.

Lima AB, Silva SM, Rocha A, Nascimento LC, Ramalho FS (2012). Conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins' orgânica sob recobrimentos bio-orgânicos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(3):704-710.

Moraes KS, Fagundes C, Melo MC, Andreani P, Monteiro AR. (2012). Conservation of Williams pear using edible coating with alginate and carragenan. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*. 32. 4: 679-684.

Medeiros BGS, Pinheiro AC, Carneiro-Da-Cunha MG, Vicente AA (2012). Development and characterization of a nanomultilayer coating of pectin and chitosane Evaluation of its gas barrier properties and application on 'Tommy Atkins' mangoes. *J. Food Eng.* 110(3):457-464.

MDIC-Ministério Do Desenvolvimento Indústria E Comércio Exterior ó Mdic/Aliceweb2. Exportações. Brasília: (2016).

Nair S, Singh Z (2003). Pre-storage ethrel dip reduces chilling injury, enhances respiration rate, ethylene production and improves fruit quality of 'Kensington'mango. *J. Food Agric. Environ.* 1:93-97.

Narayana CK, Rao DVS, Roy SK (2012). In. Siddiq, M. (Ed.), *Mango Production, Postharvest Physiology and Storage*, in *Tropical and Subtropical Fruits: Postharvest Physiology, Processing and Packaging*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK. Chapter 14.

Neves LC (2009). *Manual pós-colheita da fruticultura brasileira*. Londrina: DUEL, 494p.

Oliveira TA (2014). *Desenvolvimento de filmes à base de fécula de mandioca e aditivos naturais e sua aplicação na conservação de mamão*. Tese (Mestrado) ó Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 111f.

Osorio S, Fernie AR (2013). Biochemistry of fruit ripening. In. Seymour, G.B., Poole, M., Giovannoni, J.J., Tucker, G.A. (Eds.), *The molecular biology and biochemistry of fruit ripening*. Blackwell Publishing Ltd., Iowa. Pp. 1-19.

Pascall, MA, Lin SJ (2013). The application of edible polymeric films and coatings in the food industry. *Food Process. Technol.* 4:e116.

Petriccione M, De Sanctis F, Pasquariello MS, Mastrobuoni F, Rega P, Scortichini M (2015). The effect of chitosan coating on the quality and nutraceutical traits of sweet cherry during postharvest life. *Food Bioproc. Tech.* 8:394-408.

Razzaq K, Khan AS, Malik AU, Shahid M (2013). Ripening period influences fruit softening and antioxidative system of 'Samar Bahisht Chaunsa' mango. *Sci. Hortic.* 160:108-114.

Ribeiro TP, Lima MAC, Trindade DCG, Santos ACN, Amariz A. (2009). Uso de revestimentos à base de dextrina na conservação pós-colheita de manga tommy atkins". *Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal ó SP.* 31(2):343-351.

Rodrigues MI, Iemma AF (2005). Planejamento de experimentos e otimização de processo: uma estratégia seqüencial de planejamento. Campinas: Casa do Pão. 326p.

Santos NST, Aguiar AJAA, Oliveira CEV, Sales CV, Silva SM, Silva RS, Stamford TCM, Souza EL (2012). Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis labrusca* L.). *Food microbiology*, vol. 32. 2: 345-53.

Santos AEO, Assis JS, Berbert PA, Santos OO, Batista PF, Gravina GA (2011). Influência de biofilmes de fécula de mandioca e amido de milho na qualidade pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, v. 6. 3: 508-531.

Scanavaca Júnior L, Fonseca N, Pereira MEC (2007). Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga "surpresa". *Revista Brasileira de Fruticultura*, 9(1):67-71.

Serpa MFP, Castricini A, Mitsobuzi GP, Martins RN, Batista MF, Almeida TH. (2014). Conservação de manga com uso de fécula de mandioca preparada com extrato de cravo e canela. *Revista Ceres.* 61(6):975-982.

Singh Z, Singh SP (2012). Mango. In: Rees D, Orchard J. (Eds.), *Crop Post-harvest: Science and Technology*. Vol. 3: Perishables. Blackwell Pub, UK, pp. 108-142.

Singh Z, Singh RK, Sane VA, Nath P (2013). Mango e postharvest biology and biotechnology. *Crit. Rev. Plant Sci.* 32:217-236.

Silva AL (2015). Revestimentos comestíveis em mangas: propriedades e efeitos sobre a qualidade e conservação pós-colheita da fruta. 153p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) ó Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Alimentos ó Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC.

Silva APFB, Nascimento JRO, Lajolo FM, Silva AVC, Menezes JB (2001). Caracterização físico-química da manga 'Tommy Atkins' submetida s aplicação se cloreto de cálcio pré-colheita e armazenamento refrigerado. *Scientia Agricola*, 58: 1:67-72.

Souza MP, Cerqueira MA, Souza BW, Teixeira JA, Porto AL, Vicente AA, Carneiro-Da-Cunha MG (2010). Polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. tree gum (Policaju) as a coating for Tommy Atkins mangoes. *Chem. Papers* 64(4):475-481.

STATSOFT, INC. Programa computacional Statistica 7.0. E.A.U. 2004.

Terry LA, Mena C, Williams A, Jenney N, Whitehead P (2011). Fruit and Vegetable Resource Maps. Final Report to WRAP.

Thakur BR, Singh RK, Handa AK (1997). Chemistry and uses of pectin ó A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 37. 1: 47-73.

Trigo JM, Albertini S, Spoto MHF, Sarmiento SBS, Lai Reyes AE, Sarriés GA. (2012). Efeito de revestimentos comestíveis na conservação de mamões minimamente processados. *Brazilian Journal of Food Technology*. (15)2:125-133.

Wills RBH, Goulding JB (2015). *Advances in Postharvest Fruit and Vegetable Technology*. CRC Press. U.S.

Xu XY, Kim KM, Hanna MA, Nag D (2005). Chitosanóstarch composite film:preparation and characterization. *Ind. Crops Prod*. 21:185-192.

Yamashita F, Tonzar AC, Fernandes JG, Moriya S, Benassi MT. (2001). Embalagem individual de mangas cv. Tommy Atkins em filme plástico: efeito sobre a vida de prateleira. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal- SP*. 23.3: 288-292.

### **CAPÍTULO III 6 QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MANGA TOMMY ATKINS COM COBERTURAS A BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA E QUITOSANA**

#### **RESUMO**

Este trabalho teve o intuito de avaliar a qualidade pós-colheita de mangas Tommy Atkins revestidas com coberturas a base de fécula de mandioca e quitosana. Os frutos de manga foram coletados na maturidade fisiológica no município de Ipanguaçu ó RN. Após a limpeza, pesagem e identificação no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UFERSA, os frutos foram submetidos a diferentes tratamentos com coberturas e armazenados por 35 dias, com avaliação em intervalos de sete dias sob refrigeração  $13\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $90\pm 5\%$  UR. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $4 \times 6$  com quatro repetições, os tratamentos: controle, coberturas de fécula de mandioca (FE), quitosana (QI) fécula de mandioca/quitosana (FE/QI) todas na concentração de 2% e seis períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias). Foram avaliados nos frutos: aparência, perda de massa, cor externa: luminosidade e diferença total de cor ( E), firmeza da polpa, acidez titulável, teor de sólidos solúveis, amido, açúcares solúveis totais, açúcares redutores e açúcares não redutores. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o software SISVAR e comparados pelo teste de Scott - Knott a 5% de probabilidade. Observou-se redução na aparência, firmeza de polpa, acidez titulável, amido, açúcares redutores e aumento na perda de massa, luminosidade, E, sólidos solúveis, açúcares solúveis totais e açúcares não redutores, A cobertura FE/QI proporcionou melhores notas de aparência, menor perda de massa e manutenção da coloração. Os atributos de qualidade físico-químicas: sólidos solúveis, amido, açúcares solúveis totais, açúcares redutores e não redutores foram retardados de forma proeminente. A aplicação da cobertura fécula de mandioca/quitosana pode ser usada de forma eficiente para reduzir a deterioração pós-colheita, estendendo a vida útil e mantendo a qualidade das mangas durante o armazenamento refrigerado.

**Palavras chaves:** *Mangifera indica* L. Vida útil. Recobrimentos. Conservação. Pós-colheita.

## QUALITY POSTHARVEST MANGO TOMMY ATKINS COATING BASED CASSAVA STARCH AND CHITOSAN

### ABSTRACT

This work aimed to evaluate the post-harvest quality of Tommy Atkins mangoes based coated with starch cassava and chitosan. Mango fruits were collected at physiological maturity. After cleaning, weighing and identification, the fruits in the Food Technology Laboratory of UFRSA were submitted to the respective treatments and stored for 35 days, with evaluation at 7 day intervals under refrigeration  $13 \pm 1^\circ\text{C}$  and  $90 \pm 5\%$  RH. The experiment was conducted in a completely randomized, factorial scheme with four treatments: control and cassava starch (FE), chitosan (IQ) cassava starch / chitosan (FE / IQ) at a concentration of 2% and six storage periods (0, 7, 14, 21, 28 and 35 days) with four replications of one fruit per plot. The fruits were evaluated: appearance, weight loss, external color: luminosity and  $E$ , pulp firmness, titratable acidity, soluble solids content, starch, total soluble sugars, reducing sugars and sucrose. Data were submitted to analysis of variance using SISVAR software and compared by the Scott - Knott test at 5% probability. It was observed a reduction in appearance, pulp firmness, titratable acidity, starch and reducing sugars and increase in mass loss, luminosity,  $E$ , soluble solids, total soluble sugars and non-reducing sugars during storage. Notes of appearance, less mass loss and maintenance of the heart. The attributes of physical-chemical quality: soluble solids, starch, total soluble sugars, reducing sugars and non-reactants with prominent shape. Application of cassava starch / chitosan can be efficiently used to reduce post-harvest deterioration, shelf life, and maintenance of fruit quality of the mango during refrigerated storage.

**Key words:** *Mangifera indica* L. Shelf Life. Coatings. Conservation, Postharvest.

## 1 INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica L.*) é uma das mais importantes frutas tropicais, sendo muito apreciada por seu sabor, aroma e coloração características e atraentes. A sua produção mundial no ano de 2014 foi superior a 45 milhões de toneladas, sendo a Índia o maior produtor com quase 40% da produção mundial total. Outros países importantes na produção de manga, incluem China (10%), Tailândia (8%), Indonésia (5%), México (4%), Paquistão (4%) e Brasil (3%) (FAO, 2017). O Brasil exporta 9% de sua produção e seu principal comprador é o mercado europeu (GALLO, 2015; FAO, 2017).

A principal cultivar comercial exportada pelo Brasil é a manga Tommy Atkins, cuja produtividade é boa e possui capacidade de adaptação a diferentes ambientes de cultivo, tolerância a doenças e boa conservação pós-colheita (ANDRADE; COSTA; LEITE, 2017). Por ser uma fruta climatérica, amadurece muito rápido em condições climáticas desfavoráveis. Não obstante, a diminuição da taxa respiratória é a principal ferramenta utilizada para prolongar a vida útil de frutas e hortaliças (SIDDIQUI, 2017). Atualmente, a refrigeração entre 10 e 13°C e UR de 85% garante a qualidade da manga de duas a três semanas, dependendo do seu estágio de maturação (NEVES, 2009) ou a refrigeração associada à cera de carnaúba e embalagens plásticas proporcionam qualidade de 28 a 35 dias, sendo esses os métodos adotados para aumentar a vida útil pós-colheita de mangas produzidas para exportação.

O emprego de coberturas comestíveis na conservação pós-colheita de frutas, tem sido preconizado como uma tecnologia emergente e de grande potencial, principalmente para aplicações sobre frutas de origem tropical (FANI; FORTANY; BELLOSO, 2017; SIDDIQ; BRECHT; SIDHU, 2017). As coberturas comestíveis utilizadas na pós-colheita, são biodegradáveis provenientes de fontes renováveis, ajustando-se perfeitamente no ecossistema e evitando a poluição ambiental (SALGADO et al., 2015; KERCH, 2015). Estudos têm sido desenvolvidos visando testar coberturas comestíveis para uma maior utilização para prolongar a vida útil dos produtos frescos (DHITAL et al., 2017; ALLEGRA et al., 2017; MURMU; MISHRA, 2017).

As coberturas comestíveis não têm como objetivo substituir o uso dos materiais convencionais ou mesmo eliminar a cadeia do frio, mas apresentam uma atuação funcional e coadjuvante, pois são capazes de restringir a perda de peso da fruta durante o armazenamento ou de diminuir a absorção de oxigênio e, assim, retardar a respiração,



retardando a maturação e as alterações relacionadas na firmeza, cor, peso e constituintes químicos dos frutos (CAZÓN et al., 2017; YOUSUF; QADRI; SRIVASTAVA, 2018).

Diversos biopolímeros têm sido avaliados na formulação dessas coberturas, a fécula de mandioca e a quitosana vem sendo estudados como a matéria-prima na elaboração de coberturas comestíveis (CASTRO et al., 2017; SILVA et al., 2017; NAIR; SAXENA; KAUR, 2018), por formarem películas resistentes e transparentes proporcionando bom aspecto e brilho intenso, tornando frutas e hortaliças comercialmente atrativas (GARCIA et al., 2016).

A utilização de coberturas compostas prologam os atributos de qualidade e aumentam a vida útil pós-colheita de mangas das cultivares Tommy Atkins e Palmer (AZÊREDO et al., 2016; CISSÉ et al., 2015; MEDEIROS et al., 2012). O uso combinado proporcionou uma cobertura uniforme e homogênea, melhorando a aparência e manutenção da qualidade dos frutos (CASTAÑEDA, 2013).

Dada à importância da manga no agronegócio e sua perecibilidade, o objetivo desse trabalho é avaliar a qualidade pós-colheita de manga Tommy Atkins com coberturas a base de fécula de mandioca e quitosana.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal Rural do Semi-Árido ó UFRSA. Os materiais utilizados na formulação dos revestimentos comestíveis foram: fécula de mandioca, quitosana e glicerina branca bidestilada. Os frutos de mangas da cultivar Tommy Atkins do experimento foram coletados na maturidade fisiológica, na Fazenda Finobrasa Agroindustrial S/A, localizada no município de Ipanguaçu ó RN. O Local está inserido na microrregião do Vale do Açu, região semiárida, com classificação do clima Köppen-Geiger, õBSwhõ, ou seja, seco, muito quente, média de precipitação anual de 585,5 mm, temperatura média anual de 28,1 °C e umidade relativa média de 70%.

Após serem transportados para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos, foram selecionados e lavados, com água clorada a 100 ppm, e secados em temperatura de 25 °C. Os frutos foram identificados e divididos de acordo com o delineamento experimental utilizado. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de fatorial, com quatro tratamentos: o grupo controle e as coberturas de fécula de mandioca (FE), quitosana (QI), fécula de mandioca/quitosana (FE/QI), todas na concentração de 2% e seis períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias) em temperatura de refrigeração a  $13 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $90 \pm 5\%$  UR, com quatro repetições de um fruto por parcela experimental.

Os revestimentos de fécula de mandioca (FE) e quitosana (QI) foram obtidos com 2,0 g do polímero, 0,2 g do plastificante (glicerol), em 97,8 g de água destilada (FE) e 97,8 g de ácido acético (1%) em pH 3,0 (QI). A solução de fécula de mandioca foi agitada e aquecida a uma temperatura de 70 °C, durante 15 minutos, com o auxílio de um aquecedor-agitador. Enquanto a solução de quitosana foi homogeneizada com auxílio de um agitador durante 45 minutos até completa homogeneização. Após as soluções terem sido preparadas isoladamente foi realizada a mistura (FE/QI).

Os frutos foram imersos individualmente por um minuto nas soluções filmogênicas respectivas de cada tratamento e colocados para secar em temperatura ambiente por uma hora, e logo em seguida, armazenados nas câmaras frias em temperatura de refrigeração a  $13 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $90 \pm 5\%$  UR.

As seguintes análises físicas e físico-químicas foram avaliadas em cada período de armazenamento: aparência, perda de massa, cor externa: luminosidade e diferença total de

cor ó ( E), firmeza da polpa, acidez titulável, teor de sólidos solúveis, amido, açúcares solúveis totais, açúcares redutores e sacarose.

**Aparência externa (AE):** Os frutos foram avaliados por seis pessoas treinadas utilizando uma escala visual e subjetiva, de acordo com a severidade dos defeitos na área externa (depressões, murcha, lesões fúngicas ou manchas). A aparência dos frutos foi avaliada pela observação externa dos mesmos, utilizando-se de escala variando de 1 a 9: sendo, 9 - extremamente bom - livre de injúrias, manchas ou podridões; 8 - muito bom - livre de manchas com leve perda de turgidez; 7 - bom ó presença leve de manchas e leve perda de turgidez (5% do fruto); 6 - regular - presença leve de manchas (5%) e enrugamento (5%); 5 - aceitável - 10% de presença de manchas (limite de aceitação); 4 ó ruim - 25% de presença de manchas; 3 - muito ruim - 50% de manchas e/ou enrugamento; 2 -extremamente ruim ó75% de manchas, injúrias ou enrugamento e amolecimento aparente; 1- péssimo ó mais de 75% de dano, inaceitável. Frutos com nota inferior a 4,0 foram considerados inadequados para comercialização (LIMA et al., 2012).

**Perda de massa (PM):** determinada pela diferença entre a massa no tempo inicial e aquela obtida em cada tempo de armazenamento, sendo expressa em porcentagem (%).

**Coloração Externa:** foram determinadas por reflectometria, utilizando-se um colorímetro CR-10 (Konica Minolta®, Japão), calibrado em superfície de porcelana branca sob condições de iluminação. As leituras foram expressas no módulo L, a\* e b\* que, segundo a CIE (Commission Internationale de LøEclairaige), definem a cor: L, que corresponde à luminosidade (brilho, claridade ou refletância; 0 = escuro/opaco e 100 = branco) (Minolta Corp, Ltd., Japan). As medidas foram feitas tomando-se 4 pontos equidistantes, em regiões com coloração esverdeada, considerando a média das leituras. A partir das coordenadas foi possível determinar a diferença total de cor de acordo com a seguinte equação:  $E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ ; Onde: ê E representa a diferença entre cada coordenada de cor da amostra no tempo zero e da amostra armazenada.

**Firmeza da polpa (FP):** A medida de firmeza da polpa foi realizada com base na resistência à penetração, utilizando-se de um penetrômetro da marca McCormick (modelo FT 327 analógico) com ponteira de 8 mm, em regiões equatoriais do fruto, fazendo-se duas determinações por fruto, retirada um pouco da epiderme. Os resultados obtidos foram expressos em Newton (N).

**Acidez titulável (AT):** foi determinada por titulação de uma alíquota de 10 g de suco, em duplicata, adicionados 40 mL de água destilada e em seguida, procedeu-se a titulação

com solução de NaOH a  $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ . O ponto final da titulação foi determinado com o auxílio do potenciômetro digital ( $\text{pH} = 8,1$ ), os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico, conforme metodologia do IAL (2008).

**Sólidos solúveis (SS):** foi determinado com o processamento de todo o fruto no processador e com auxílio do refratômetro digital modelo PR-100 Palette (AttagoCo. Ltd., Japan), com correção automática de temperatura e leitura na faixa de 0 a 32 °Brix, os resultados foram expressos em porcentagem (%) (AOAC, 2005).

**Amido:** determinado conforme metodologia de Figueira (2009) com modificações. As amostras constaram de 0,2 a 1,0 g de polpa, adicionado em balão volumétrico de 50 ml. Em cada balão era adicionado 15 ml da solução de cloreto de cálcio/ácido acético (solução 40% de cloreto de cálcio ajustada para  $\text{pH} 3,0$  com solução de ácido acético  $0,033 \text{ mol/L}$ ). Após a homogeneização, os balões fechados seguiram para o banho-maria com água em ebulição por 15 minutos. Após esse período, foram resfriados em água corrente até temperatura ambiente e adicionados 10 mL de solução de ácido acético  $0,033 \text{ mol/L}$  (na amostra) e água deionizada (branco) até completar o volume. Adicionou-se, exceto no branco (sem amostra), 10 mL de solução de iodeto/iodato de potássio (composta por 10,0 mL de solução 10% de iodeto de potássio em 90 mL de água deionizada e 100 mL de solução de iodato de potássio  $0,0017 \text{ mol/L}$ ) e o volume completado com água deionizada. Após homogeneização a absorbância das soluções foi medida a 700 nm no intervalo de 10 a 20 min após a adição de iodeto/iodato. O teor de amido foi expresso em %.

**Açúcares solúveis totais, redutores e não redutores:** foram determinados, respectivamente, pelos métodos da Antrona e de Somogy-Nelson, com os resultados expressos em porcentagem. A sacarose foi determinada pela diferença entre os açúcares totais e os redutores, com os resultados expressos em porcentagem.

Os dados também foram submetidos à análise de variância utilizando o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011). Os níveis dos fatores dos tratamentos foram comparados pelo teste de Scott - Knott a 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 APARÊNCIA EXTERNA

Observou-se uma redução da aparência externa dos frutos recobertos a partir do 21º dia, diferindo dos frutos controle, que aos sete dias de armazenamento, começaram a apresentar redução nas notas de aparência externa (Figura 1).

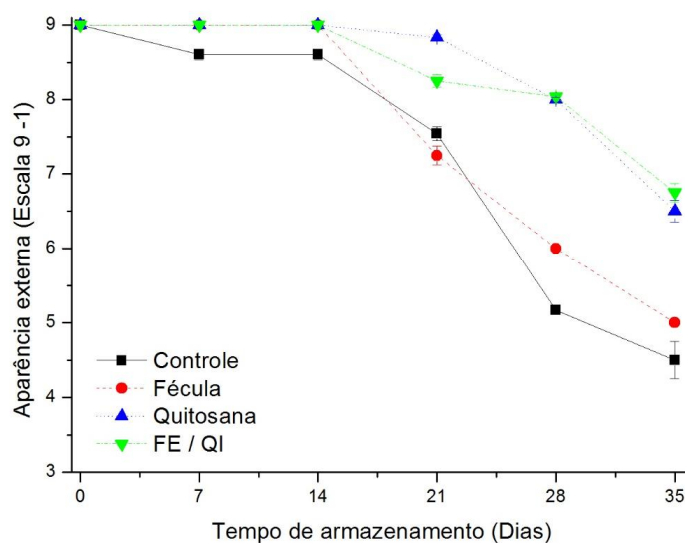


Figura 1 ó Escala de aparência (9-1) de mangas Tommy Atkins acondicionadas com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento. 13°C, 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Aos 21 dias de armazenamento, os frutos recobertos com quitosana e com FE/QI apresentaram notas de aparência externa superior aos frutos controle e revestidos com fécula. Observa-se que o recobrimento com apenas quitosana resulta em notas superiores que suas misturas, isto é provocado pela característica do recobrimento de quitosana que deixa os frutos com um brilho maior.

Os frutos recobertos mantiveram notas de aparência externa superior aos frutos controle no vigésimo oitavo dia. Porém o recobrimento com fécula isolada demonstrou, melhor resultado do que os frutos controle, mas apresentou uma menor nota de aparência externa em relação aos demais recobrimentos que por sua vez apresentaram-se uniformidade na manutenção da aparência externa.

Aos 35 dias de armazenamento, apesar dos decréscimos ocorridos na nota de aparência externa de todos os frutos, apenas os frutos recobertos apresentavam-se comercializáveis (notas de aparência externa superior a 5,0). Verifica-se que o acondicionamento dos frutos

recobertos contendo quitosana e FE/QI foram mais promissores, na manutenção da aparência externa por maior período de tempo, quando comparadas ao controle e recobertos apenas com fécula de mandioca. Segundo Castañeda (2013) a utilização de recobrimento com 2% Fécula de mandioca/quitosana garante um maior brilho aos frutos de maçã durante todo o armazenamento.

Alguns resultados semelhantes foram observados em manga Tommy Atkins por Medeiros et al. (2012), Amariz et al. (2010), que indicaram o uso de revestimento com quitosana e pectina, e recobrimentos a base de carboximetilcelulose e dextrina, e obtiveram melhores notas de aparência externa durante o período de armazenamento comparados com os frutos testemunhas.

### 3.2 PERDA DE MASSA

Independente do tratamento houve aumento de perda de massa dos frutos durante o período de armazenamento (Figura 2). Aos sete dias de armazenamento, verifica-se que frutos revestidos com quitosana e FE/QI propiciaram perda de massa semelhante entre si e inferior aos frutos revestidos apenas com fécula e frutos controle, cuja perda de massa foram semelhantes entre si.

Apesar do mesmo resultado observado para frutos revestidos com fécula terem propiciado perda de massa semelhante aos frutos controle até 21 dias, observa-se que aos 28 e 35 dias, esse revestimento propiciou diminuição na perda de massa dos frutos.

Não obstante, os recobrimentos contendo quitosana foram mais efetivos em barrar a perda de massa dos frutos. Observa-se a partir de 14 dias, que o recobrimento misto (FE/QI) foi mais eficiente em barrar a perda de massa, em relação aos demais tratamentos. Estes aos 35 dias conseguiram barrar 38% da perda de massa em relação aos frutos controle e 35% em relação aos frutos revestidos com apenas fécula e 15% em relação aos revestidos com quitosana.

O processo de transpiração depende do gradiente de pressão do vapor de água entre a atmosfera circundante e o tecido da fruta (SIDDQUI, 2016). As coberturas comestíveis atuam como uma barreira na superfície do fruto, reduzindo assim a transferência de água, selando pequenas feridas e atrasando a perda de massa.

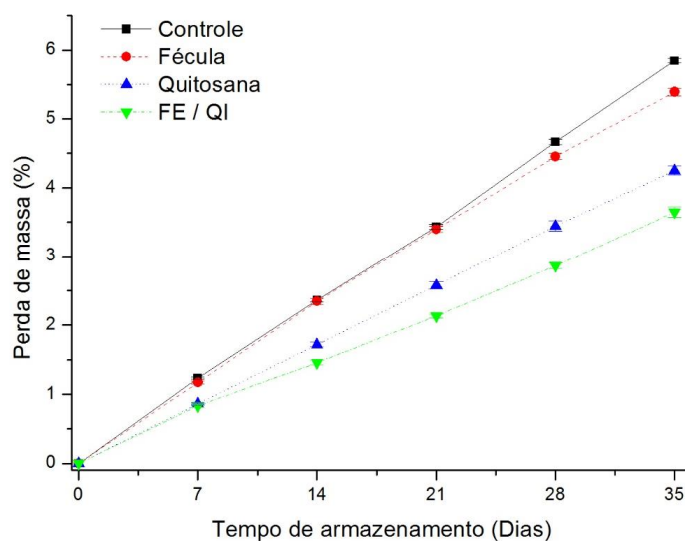


Figura 2 ó Perda de massa (%) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

A característica hidrofílica dos dois polímeros de forma isolada torna-a uma barreira pobre em conter o vapor de água (ASSIS; BRITO, 2014). O efeito do recobrimento misto, fécula de mandioca e quitosana, está relacionado às interações de ligações de pontes de hidrogênio entre a fécula de mandioca e quitosana que reduzem a disponibilidade dos grupos hidrófilos, diminuindo as suas interações com as moléculas de água e reduzindo a taxa de transmissão de vapor de água, reduzindo a perda de massa de frutas e hortaliças (CAZÓN et al., 2017)

Campos; Kwiatkowski; Clemente (2011) observaram menor perda de massa em morangos durante armazenamento com a mistura de fécula de mandioca (2%) e quitosana (1%) em comparação aos mesmos recobrimentos na forma isolada e controle.

Ao longo do tempo de armazenamento, independente do recobrimento houve acréscimo na perda de massa dos frutos de manga com o armazenamento. No final do armazenamento a maior perda de massa ocorreu nos frutos controle (5,85%) seguido da cobertura com fécula (5,39%) e menor perda de massa dos frutos recobertos FE/QI (3,65%).

A utilização de coberturas comestíveis compostas garantiram uma menor perda de massa de frutos como banana como revestimentos compostos de goma arábica e quitosana (MAQBOOL et al., 2011), em uvas com cobertura compostas de quitosana e glicose (GAO; ZHU; ZHANG, 2013), e em mangas de diferentes cultivares com a utilização de quitosana combinado com pectina, fécula de mandioca, goma arábica e lactoperoxidase (MEDEIROS et al., 2012; AZÊREDO et al., 2016; KHALIQ et al., 2016; CISSÉ et al., 2015).

### 3.3 COR - LUMINOSIDADE ó E

Observou-se, interação significativa entre os fatores tratamentos e período de armazenamento para as variáveis, luminosidade e  $\Delta E$ . Os frutos controle e os recobertos com fécula apresentaram valores de luminosidade de (57,53 e 56,38), aos 14 dias de armazenamento, superiores aos frutos com cobertura de quitosana (50,85) e recobertos com FE/QI (49,38) que não diferiram entre si. A partir do décimo quarto dia, até o final do armazenamento as coberturas de quitosana e FE/QI atrasaram o amadurecimento dos frutos de manga. Isto pode ser pela gradual ou quase nenhuma mudança na luminosidade, diferentemente do apresentando pelos frutos controle e cobertos com fécula de mandioca, que apresentaram aumentos sucessivos de luminosidade, até o final do armazenamento.

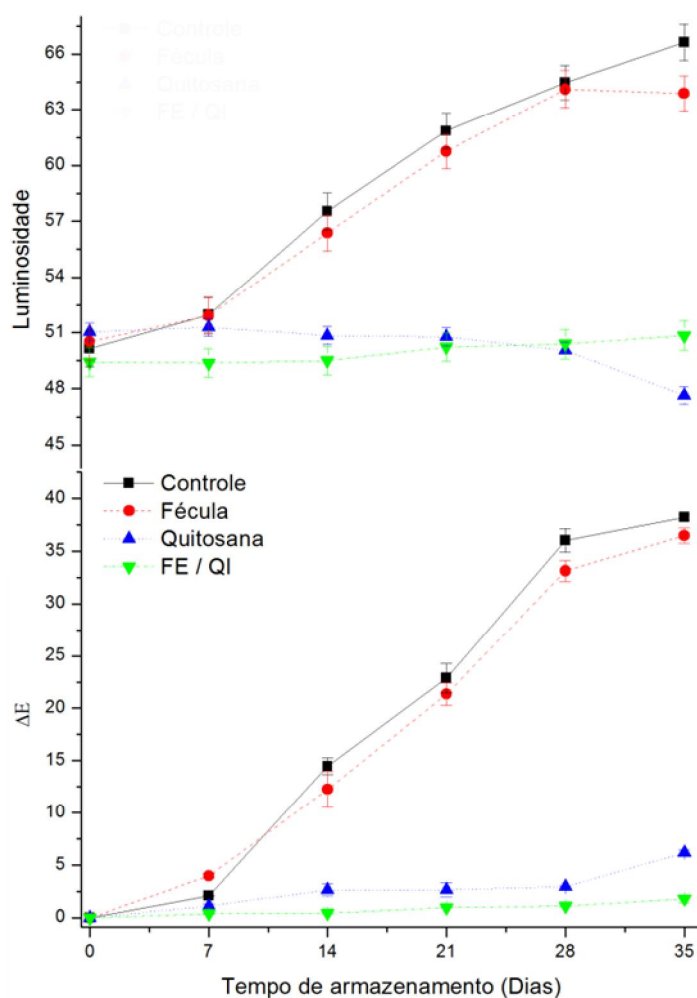


Figura 3 ó Luminosidade e  $\Delta E$  da casca de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.



Segundo Nunes et al. (2007), o valor de luminosidade das mangas Tommy Atkins aumenta durante o armazenamento a 20 °C, pois a cor da casca dos frutos no momento da colheita são verdes escuro, com o amadurecimento ficam mais claros devido ao desenvolvimento de uma cor amarelada. Os frutos recobertos com quitosana e FE/QI mantiveram os valores de luminosidade iniciais, o que indica a preservação de clorofila e diminui do processo de biossíntese dos carotenoides, o que é provocado pela formação da camada protetora que promove uma atmosfera modificada reduzindo a respiração dos frutos, retardando o amadurecimento.

A cor é um indicador muito importante do amadurecimento e determinante da qualidade e da aceitabilidade do consumidor. A diferença de cor total ( $E$ ) é amplamente utilizada para determinar o amadurecimento devido à degradação da clorofila e à formação de caroteno (SIDDIQUI, 2017). Observaram-se valores de  $E$  dos frutos recobertos com quitosana (1,13) e FE/QI (0,38) inferiores aos demais tratamentos, no entanto os frutos sem cobertura (controle) apresentaram  $E$  equivalente a 2,08, valor inferior ao observado para frutos com cobertura de fécula de mandioca (3,98).

Os tratamentos diferiram entre si a partir do 14 dias até o final do armazenamento, os menores valores  $E$  foram dos frutos com cobertura FE/QI. Em comparação com a cor inicial das frutas, ao longo de todo o armazenamento, os frutos revestidos com FE/QI (1,8) mostraram-se aparentemente inalterados com atrasos significativos na mudança de cor em comparação com recobertos com quitosana (6,19), e os recobertos com fécula (36,48) e os sem recobrimento (38,23).

Resultados semelhantes também foram obtidos por Ali et al. (2011), um retardamento do desenvolvimento da cor em frutas de mamão revestidas com maiores concentrações de quitosana devido à baixa taxa de respiração e redução da produção de etileno. Maqbool et al. (2011) utilizando um recobrimento composto de goma arábica/quitosana em banana, mostrando os melhores resultados no atraso da mudança de cor ao longo do período de armazenamento.

O relativo atraso no amadurecimento e a senescência dos frutos, resultando em redução de mudança de cor, está associado aos níveis elevados de  $CO_2$  ( $> 1\%$ ) e à diminuição dos níveis de oxigênio nos tecidos de frutas por uso das coberturas. Provoca retardamento da evolução da cor da casca em banana e mamão pela menor taxa de respiração e redução da produção de etileno (WILLS; GOLDING, 2016).

### 3.4 FIRMEZA

Os frutos de manga apresentaram firmeza variando com o tipo de recobrimento e o tempo de armazenamento (Figura 4). Nota-se aos sete dias de armazenamento diferença significativa que os frutos controle apresentaram firmeza de polpa (82,84N) inferiores aos frutos recobertos com quitosana (119,54N), fécula (105,64N) e fécula/quitosana(102,03N).

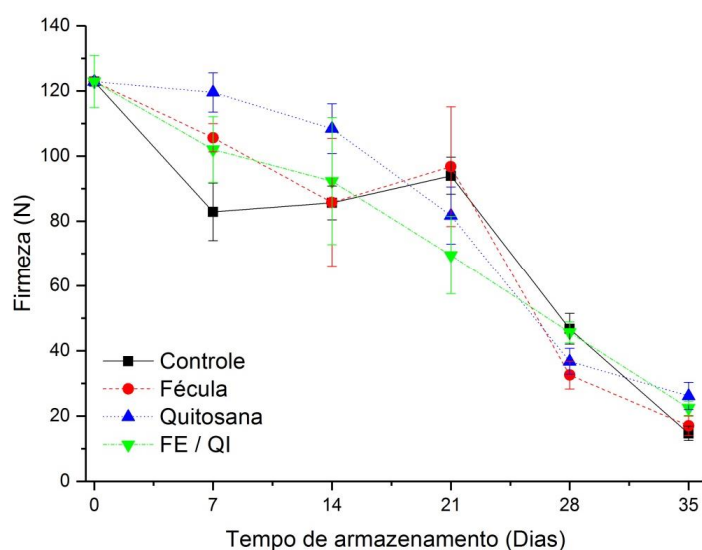


Figura 4 ó Firmeza de polpa (Newton) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

No 14° dia de armazenamento os tratamentos recobertos com quitosana apresentaram valores superiores de firmeza em relação aos demais tratamentos que não diferiram entre si. No 21° dia de armazenamento, os frutos controle e os recobertos com fécula de mandioca obtiveram valores de firmeza superiores aos demais tratamentos que não diferiram entre si, não ocorrendo diferença estatística entre os tratamentos para os tempos de armazenamento no 28° e 35° dia.

Lima et al. (2012) verificaram aos 12 dias de armazenamento de manga cultivar Tommy Atkins a 10 °C e 88% UR que os frutos controle apresentaram firmeza superior aos frutos recobertos com fécula de mandioca. Resultados positivos do uso de recobrimentos foram evidenciados por Souza et al. (2011) em manga Tommy Atkins recobertos com quitosana a 1,5% armazenados por nove dias a 23 °C, este pesquisadores relatam efeito benéfico na manutenção dos valores de firmeza dos frutos recobertos quando comparados aos frutos testemunhas.

Na Figura 4 constata-se redução de 122,88N da firmeza de polpa independente do recobrimento utilizado, para 14,68; 16,96; 26,13 e 22,41N, não diferiam estatisticamente

entre si para firmeza de polpa ao final do armazenamento. Em manga, o gene que está relacionado com a firmeza é desencadeado pelo etileno estando diretamente relacionado com a quantidade de água no interior das células, ou seja, com o turgor celular, que diminui com o tempo de armazenamento (SIDDIQ; BRECHT; SIDHU, 2017). A diminuição da firmeza também está associada com a conversão das fracções pécicas insolúveis em formas solúveis durante o amadurecimento (SIDDIQUI, 2017).

### 3.5 ACIDEZ TITULÁVEL

O uso das coberturas influenciaram a acidez titulável dos frutos durante o tempo de armazenamento (Tabela 1). Até 14 dias de armazenamento, o tipo de cobertura não influenciou a acidez dos frutos. Porém, aos 21 e 28 dias de armazenamento, frutos revestidos com fécula de mandioca e frutos controle, apresentam valores estatisticamente superiores aos demais tratamentos, fato que não se manteve aos 35 dias de armazenamento, quando os frutos não diferiram a acidez entre os tratamentos.

Tabela 1 ó Acidez titulável (% de ácido cítrico) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento. 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Tempo de armazenamento	Recobrimentos			
	Controle	FE	QI	FE / QI
0	0,745 aC	0,745 aB	0,745 aB	0,745 aB
7	0,650 aC	0,783 aB	0,650 aC	0,748 aB
14	1,170 aA	1,103 aA	1,205 aA	1,173 aA
21	1,175 aA	1,028 bA	0,735 cB	0,700 cB
28	0,850 aB	0,830 aB	0,553 bC	0,623 bC
35	0,465 aD	0,500 aC	0,613 aC	0,545 aC

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

A diminuição da acidez titulável dos frutos recobertos com quitosana e suas misturas com fécula de mandioca a partir de 21 dias de armazenamento e os recobertos com fécula de mandioca aos 28 dias, provavelmente está relacionada com o uso dos ácidos como esqueleto de carbono no processo respiratório. O teor de ácidos em vegetais pode diminuir com a maturação, devido à transformação em substratos para a biossíntese de compostos fenólicos, lipídeos e aromas vegetais (SIDDIQUI, 2017).

Por outro lado, observou-se aumento da acidez até o 14º dia e redução após esse período de armazenamento para os frutos de manga independente do recobrimento utilizado. Os frutos não diferiram nos valores de acidez titulável entre os recobrimentos aos 35 dias de armazenamento. Silva et al. (2017) apresentaram resultado similar e relatam que o aumento

da acidez dos frutos pode ser atribuído à formação do ácido galacturônico, proveniente da degradação das pectinas.

Gol e Rao (2014), em seu estudo com coberturas relataram que, as mangas atingiram um menor nível de acidez titulável (0,2%) após 18 dias de armazenamento pós-colheita. Os declínios na acidez titulável durante o armazenamento foram atribuídos à utilização de ácidos como substratos para a respiração, bem como à sua conversão em açúcares pela gluconeogênese (ESKIN; HOEHN; SHAHIDI, 2013).

### 3.6 SÓLIDOS SOLÚVEIS

Houve efeito do tipo de revestimento durante o período de armazenamento nos teores de sólidos solúveis dos frutos (Figura 4).

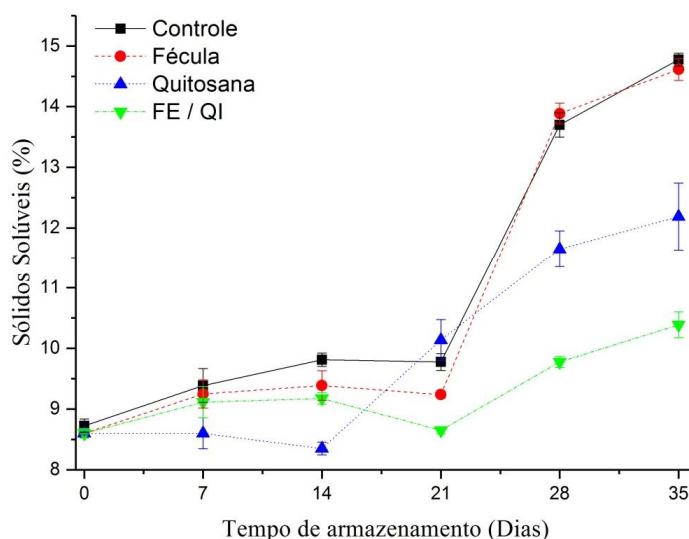


Figura 5 ó Sólidos solúveis (%) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Observa-se diferença significativa entre os tratamentos aos 14 dias de armazenamento. O tratamento com o recobrimento de quitosana apresentou os menores valores de sólidos solúveis (8,35%); aos 28 dias de armazenamento diferindo estatisticamente dos demais. No vigésimo primeiro dia, os frutos recobertos com fécula e FE/QI apresentaram valores inferiores de sólidos solúveis de 9,24% e 8,65 %, em comparação aos frutos com cobertura que quitosana (10,14%) e controle (9,78%) que não diferiram entre si.

Os SS dos frutos recobertos com FE/QI apresentaram (9,78%) aos 28 e (10,39) aos 35 dias, os menores valores quando comparados com os demais tratamentos, a cobertura atrasou significativamente as alterações no SS em comparação com os frutos até o final do

experimento. Durante o processo de amadurecimento, os carboidratos mudam em açúcares simples, como resultado, aumentam os sólidos solúveis. Khaliq et al. (2015) utilizando revestimento de goma arábica/quitosana promoveram atraso na evolução de sólidos solúveis de frutos de manga.

A concentração de sólidos solúveis aumentou progressivamente com o aumento no período de armazenamento independente do recobrimento. No entanto, essa tendência crescente foi mais pronunciada nas frutas do controle, em todos os tempos de armazenamento avaliados percebe-se uma tendência no aumento dos valores de SS, com menores valores apresentados para os frutos recobertos com FE/QI quando comparado aos frutos controle e recobertos com fécula e quitosana. Nesse sentido, o tratamento FE/QI resultou em menores valores de sólidos solúveis quando comparado aos demais tratamentos nos 35 dias, sugerindo assim, que os frutos desses tratamentos tiveram seus processos metabólicos reduzidos.

Esses resultados correspondem aos de Azêredo et al. (2016) que apontaram que mangas Tommy Atkins recobertas com uma mistura de fécula de mandioca e quitosana apresentaram menor acúmulo de sólidos solúveis ao final do armazenamento. Estes resultados corroboram com Silva et al. (2017) no trabalho de pós-colheita de mangas Palmer recobertas com diferentes concentrações de quitosana, os quais verificaram que as coberturas com 2 e 3% mantêm seu aumento de sólidos solúveis durante o período de armazenamento.

A concentração de sólidos solúveis aumenta durante a maturação, como resultado da hidrólise do amido, uma vez que a glicose e a frutose são os monossacarídeos principais e a sacarose é o principal dissacarídeo resultante desse processo. O aumento da concentração de SS pode ser atribuído à degradação de carboidratos em açúcares simples e glicose (WILLS; GOLDING, 2016).

A baixa taxa de respiração reduz a formação e o uso de metabolismo, resultando em menor concentração de sólidos solúveis e uma conversão mais lenta de carboidratos em açúcares (SIDDIQUI, 2017). A proporção de açúcar para ácido desempenha um papel significativo na determinação do amadurecimento do fruto e do sabor da fruta. O revestimento comestível criou um filme semipermeável em torno da fruta e modificou a atmosfera interna diminuindo a concentração de O<sub>2</sub> e aumentando a produção de CO<sub>2</sub> (MEDEIROS et al., 2012).

### 3.7 AMIDO

Verificou-se interação significativa entre os fatores tipo de tratamento e período de armazenamento (Figura 6).

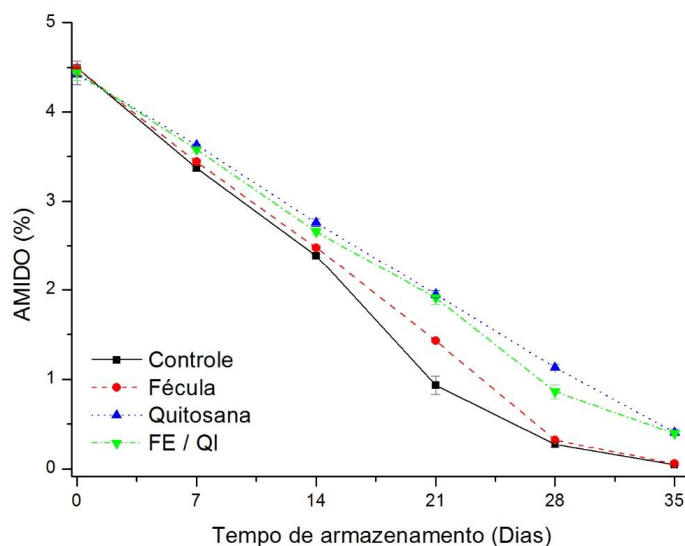


Figura 6 ó Teor de amido (%) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento. 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Independente do tratamento houve redução de amido dos frutos durante o período de armazenamento. Siddiq; Brecht; Sidhu (2017), durante o desenvolvimento do fruto na árvore da mangueira ocorre um pronunciado aumento no conteúdo de amido, de 1 a 13%. O amido é acumulado na maturação dos frutos e durante o amadurecimento, o amido é hidrolisado, havendo a formação de açúcares. A degradação do amido está relacionada principalmente à enzima  $\alpha$ -amilase, e em menor proporção, à  $\beta$ -amilase. (WILLS; GOLDING, 2016).

O resultado desta conversão é o aumento no teor de sólidos solúveis (SILVA et al., 2017). Além desta relação com o teor de sólidos solúveis, é possível que haja também uma relação direta entre a degradação do amido e o amaciamento da polpa.

Observou-se que aos 14 dias de armazenamento houve diferença significativa entre os tratamentos, os frutos recobertos com quitosana (2,76%) e FE/QI (2,66%) obtiveram valores superiores de amido em relação aos demais tratamentos que não diferiram entre si. A partir de 21 dias de armazenamento foi observado o mesmo comportamento para os valores de amido a cada período, até o final do armazenamento.

A reação vantajosa do uso de coberturas comestíveis inclui uma redução na respiração o que ocasiona respostas metabólicas primárias ao baixo teor de  $O_2$ , que se manifesta como a

diminuição da degradação do amido (figura 6) e consumo de açúcar (Figura 7). A premissa que tem ao diminuir a taxa de respiração com coberturas em misturas diminui a taxa de deterioração dos tecidos, prolongando assim a vida útil (SIDDIQUI, 2016).

Semelhantes resultados foram encontrados por de Silva et al. (2017) cuja redução foi evidenciada na degradação de amido com os frutos de manga Tommy Atkins em armazenamento refrigerado e recobertos com diferentes concentrações de quitosana.

### 3.8 AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS, REDUTORES E SACAROSE

Verificou-se interação significativa entre o tipo de tratamento e período de armazenamento (Figura 7 (a) (b) (c)).

Os teores de açúcares solúveis totais (AST) e sacarose (AS) aumentaram ao longo do período de armazenamento. Porém, para os teores de açúcares redutores (AR), o acréscimo ocorreu até 21 dias de armazenamento para todos os tratamentos, com declínio dos valores posterior para os frutos com cobertura de fécula de mandioca e controle; e aos 28 dias para os frutos recobertos com quitosana, não ocorrendo para os frutos com coberturas de fécula/quitosana até o final do armazenamento. Esta redução de açúcares redutores apresentada para alguns tratamentos durante o período de armazenamento sugere o consumo, principalmente da glicose, que é utilizada com substrato na via respiratória (SIDDIQUI, 2017).

Levando em consideração os tratamentos dentro de cada período de armazenamento nota-se que aos 14 dias de armazenamento ocorreu diferença significativa para AST e AR entre os tratamentos. Os tratamentos com recobrimento quitosana e FE/QI apresentaram menores valores de AST e AR diferindo estatisticamente dos demais.

No vigésimo dia (AST) e vigésimo oitavo dia (SA) até o final do armazenamento os frutos recobertos com FE/QI apresentaram os menores valores de açúcares solúveis totais e sacarose diferindo dos demais tratamentos. Os açúcares encontrados na manga são glicose, frutose e sacarose, sendo este último encontrado em maior quantidade, tendo, assim, grande contribuição nos sólidos solúveis e açúcares solúveis totais (SILVA, 2017). É esperado que os teores de AST e SA em frutos que apresentam amido como reserva aumentem com o tempo de armazenamento, assim como acontece para outros frutos climatéricos, a exemplo da banana (WILLS; GOLDING, 2016).

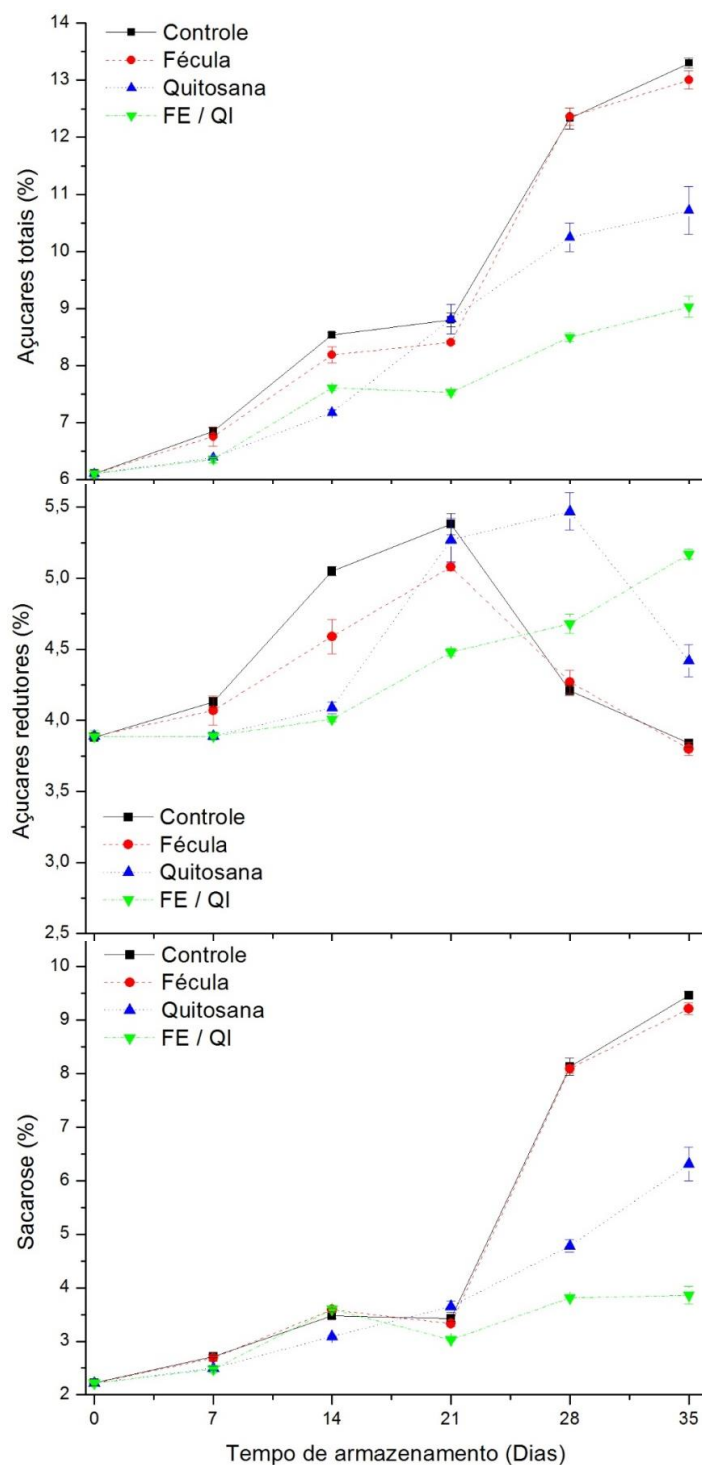


Figura 7 ó Açúcares solúveis totais (a), redutores (b) e sacarose (c) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Os frutos tratados com FE/QI tiveram o melhor efeito em retardar o consumo de componentes nutricionais importantes AST, AR e SA. Isto pode ser devido à alterações na respiração provendo uma atividade metabólica mais lenta. Gao, Zhu, Zhang (2013) relataram que o revestimento composto de quitosana/glicose foi mais eficaz em retardar



mudanças de sólidos solúveis, em uvas durante o período de armazenamento, em comparação com quitosana ou glicose na forma isolada.

Abbasi et al. (2009) estudaram o efeito dos revestimentos de quitosana na qualidade pós-colheita de frutos de manga e observaram que AR, SA e AST foram menores nos frutos recobertos com a camada protetora. Gol e Rao (2014) verificaram que com a utilização de cobertura a base de zeína 5% e gelatina 10% os frutos de manga foram mais eficazes em atrasar a acumulação de AST, AR e AS. Os resultados semelhantes foram relatados por Silva (2015) utilizando diversas coberturas como camada protetora na conservação de mangas cv. Palmer.

#### **4 CONCLUSÃO**

A cobertura FE/QI proporciona melhores notas de aparência, menor perda de massa e manutenção da coloração. Os atributos de qualidade físico-químicas: sólidos solúveis, amido, açúcares solúveis totais, açúcares redutores e não redutores foram retardados de forma proeminente.

A aplicação da cobertura de fécula de mandioca/quitosana pode ser usada de forma eficiente para reduzir a deterioração pós-colheita, estendendo a vida útil e mantendo a qualidade da fruta da manga durante o armazenamento refrigerado.

## 5 REFERÊNCIAS

- ABBASI, N. A.; IQBAL, Z.; MAQBOOL, M.; HAFIZ, I. A. Postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L.) fruit as affected by chitosan coating. **Pak. J. Bot**, v. 41, n. 1, p. 343-357, 2009.
- 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**, v. 124, n. 2, p. 620-626, 2011.
- ALLEGRA, A.; SORTINO, G.; INGLESE, P.; SETTANNI, L.; TODARO, A.; GALLOTTA, A. The effectiveness of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on post-harvest maintenance of 'Dottato' fig (*Ficus carica* L.) fruit. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 12, p. 135-141, 2017.
- AMARIZ, A.; LIMA, M. A. C de; TRINDADE, D. C. G da; SANTOS, A. C. N dos; RIBEIRO, T. P. Recobrimentos à base de carboximetilcelulose e dextrina em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.10, p.2199-2205, 2010.
- ANDRADE, J. E. E. S; COSTA, P. G. LEITE, Â. A. M. ANÁLISE DA ESTRATÉGIA DE OPERAÇÕES NA PRODUÇÃO DE MANGA PARA EXPORTAÇÃO. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. Ed. esp., p. 115-136, 2017.
- AOAC. **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS** ó Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 18th ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. 1298 p.
- ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. de. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brasilian Journal Food Technology**, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.
- AZERÊDO, L. P. M. SILVA, S. M., LIMA, M. A. C., DANTAS, R. L., PEREIRARA, W. E. Qualidade de manga 'tommy atkins' da produção integrada com recoberta fécula de mandioca associada a óleos essenciais e quitosana. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p. 141-150, fevereiro de 2016.

CAMPOS, R. P.; KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, R. Post-harvest conservation of organic strawberries coated with cassava starch and chitosan. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.5, p.554-560, 2011.

CASTAÑEDA, L. M. F. **Avaliação da quitosana e da fécula de mandioca, aplicada em pós-colheita no recobrimento de maçãs**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) óUniversidade Federal do Rio Grande do SUL (UFRGS), Porto Alegre,p.130, 2013.

CASTRO, M.; MANTUANO, M, I.; COLOMA, J, L.; SANTACRUZ, S. Utilisation of Cassava Starch Edible Films containing Salicylic Acid on Papaya (*Carica papaya* L.) Preservation. **Revista Politécnica-Abril**, v. 39, n. 1, 2017.

CAZÓN, P.; VELAZQUEZ, G.; RAMÍREZ, J. A.; VÁZQUEZ, M. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 68, p. 136-148, 2017.

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

DHITAL, R.; JOSHI, P.; BECERRA-MORA, N.; UMAGILIYAGE, A.; CHAI, T.; KOHLI, P.; CHOUDHARY, R. Integrity of edible nano-coatings and its effects on quality of strawberries subjected to simulated in-transit vibrations. **LWT-Food Science and Technology**, v. 80, p. 257-264, 2017.

ESKIN, N. A. M.; HOEHN, E.; SHAHIDI, F. Fruits and vegetables. In Eskin, N.A.M., Shahidi, F. (Eds.), **Biochemistry of foods**. Academic Press, San Diego, pp.496-526. 2013.

FANI, A. A.; FORTUNY, R. S.; BELLOSO, O. M. Nanoemulsions as edible coatings. **Current Opinion in Food Science**, 2017.

FAO. **Food and Agriculture Organization** of the United Nations Statistics Division. FAOSTAT. 2017. Disponível em: <[http://faostat3.fao.org/browse/Q/\\*/E](http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/E)>. Acesso em: 02 nov. 2017.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042. 2011.

FIGUEIRA, J. A. **Determinação e caracterização de amido de cana-de-açúcar e adequação de metodologia para determinação de alfa-amilase em açúcar bruto.** 2009. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) ó Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos ó Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2009.

GALLO, E. Recent evolution of the world mango market. **Acta Hortic.**v.1075, p.41650. 2015.

GAO, P.; ZHU, Z.; ZHANG, P. Effects of chitosanóglucose complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes. **Carbohydrate polymers**, v. 95, n. 1, p. 371-378, 2013.

Garcia, M. P. M.; Gómez-Guillén, M. C.; López-Caballero, M. E.; Barbosa-Cánovas, G. V. **Edible Films and Coatings: Fundamentals and Applications.** CRC Press, (Eds.) 2016.

GOL, N. B.; RAO, T. R. Influence of zein and gelatin coatings on the postharvest quality and shelf life extension of mango (*Mangifera indica* L.). **Fruits**, v. 69, n. 2, p. 101-115, 2014.

Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 6<sup>a</sup> ed. São Paulo: **IAL**. 2008.

KERCH, G. Chitosan Elms and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality: A review. **Trends in Food Science & Technology** v. 46 p. 159-166, 2015.

KHALIQ, G.; Mohamed, M. T. M.; Ding, P.; Ghazali, H. M.; Ali, A. Storage behaviour and quality responses of mango (*Mangifera indica* L.) fruit treated with chitosan and gum arabic coatings during cold storage conditions. **International Food Research Journal**, v. 23, 2016.

LIMA, A. B.; SILVA, S. M.; ROCHA, A.; NASCIMENTO, L. C.; RAMALHO, F. S. Conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins' orgânica sob recobrimentos bioorgânicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 704-710, set. 2012.

LIMA, A. M.; CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W. S.; SANTOS, E. C. M.; TEIXEIRA, J. A.; MOREIRA, R. A.; VICENTE, A. A. New edible coating composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits gas transferrate. **Journal of food Engineering**, v. 97, p. 101 a 109, 2010.

MAQBOOL, M.; ALI, A.; ALDERSON, P. G.; ZAHID, N.; SIDDIQUI, Y. Effect of a novel edible composite coating based on gum arabic and chitosan on biochemical and physiological responses of banana fruits during cold storage. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 10, p. 5474-5482, 2011.

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

MURMU, S. B.; MISHRA, H. Niwas. Optimization of the arabic gum based edible coating formulations with sodium caseinate and tulsi extract for guava. *LWT-Food Science and Technology*. **LWT-Food Science and Technology** , v. 80, p. 271-279, 2017.

NAIR, M. S.; SAXENA, A.; KAUR, C. Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.) **Food Chemistry**, v.240, p.245-252, 2017.

NEVES, L. C. **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. Londrina: EDUEL, 494p. 2009.

SALGADO, P. R.; ORTIZ, C. M.; MUSSO, Y. S.; GIORGIO, L.; MAURI, A. N.. Edible films and coatings containing bioactives. **Current Opinion in Food Science**, v. 5, p. 86-92, 2015.

SIDDIQ, M.; BRECHT, J. K.; SIDHU, J. S. **Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition**. Wiley-Blackwell. 2017.

SIDDIQUI, M. W. (Ed.). **Eco-friendly technology for postharvest produce quality**. Academic Press, 2016.

SIDDIQUI, M. W. **Preharvest Modulation of POSTHARVEST FRUIT AND VEGETABLE QUALITY**. 1st Edition. Cambridge, ELSEVIER, 2017.

SILVA, A. L. **Revestimentos comestíveis em mangas: propriedades e efeitos sobre a qualidade e conservação pós-colheita da fruta**. 2015. 153 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) ó Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Alimentos ó Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2015.

SILVA, G. M. C.; SILVA, W. B.; MEDEIROS, D. B.; SALVADOR, A. R.; CORDEIRO, M. H. M.; SILVA, N. M.; MIZOBUTSI, G. P. The chitosan affects severely the carbon metabolism in mango (*Mangifera indica* L. cv. Palmer) fruit during storage. **Food Chemistry**, v.237, p. 372-378, 2017.

SOUZA, M. L.; MORGADO, C. M. A.; MARQUES, K. M.; MATTIUZ, C. F. M.; MATTIUZ, B. H. Pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins' recobertas com quitosana. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.33 n.spe 1: 337-343. 2011.

WILLS, R. GOLDING, J. **Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. UNSW press, 2016.

YOUSUF, B.; QADRI, O. S.; SRIVASTAVA, A. K. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. **LWT - Food Science and Technology**. v.89, p.198-209, 2018.

MAQBOOL, M.; ALI, A.; ALDERSON, P. G.; ZAHID, N.; SIDDIQUI, Y. Effect of a novel edible composite coating based on gum arabic and chitosan on biochemical and physiological responses of banana fruits during cold storage. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 10, p. 5474-5482, 2011

NUNES, M. C. N.; EMOND, J. P.; BRECHT, J. K.; DEA, S.; PROULX, E. Quality curves for mango as a function of the storage temperature. **Journal of Food Quality** v.30: p.1046-120. 2007.

## **CAPÍTULO IV ó EFEITO DAS COBERTURAS COMESTÍVEIS NA ATIVIDADE RESPIRATÓRIA, QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE MANGA**

**TOMMY ATKINS**

### **RESUMO**

Este trabalho teve o intuito de avaliar o efeito das coberturas comestíveis na atividade respiratória, qualidade físico-química e sensorial de manga Tomy Atkins. Os frutos de manga foram coletados na maturidade fisiológica no município de Ipanguaçu ó RN. Foram realizados, a limpeza, pesagem e identificação dos frutos no laboratório de tecnologia de alimentos da UFERSA e logo após submetidos a diferentes tratamentos com coberturas e armazenados por 42 dias sob refrigeração de  $10\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $90\pm 5\%$  UR. Os frutos foram avaliados em intervalos de, 7 dias para qualidade físico-química (QFQ), 3 dias para atividade respiratória e perda de massa, com avaliação sensorial (visual e sabor) aos 21, 28 35 e 42 dias de armazenamento. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $4 \times 7$ ,  $4 \times 15$  e  $4 \times 4$ , quatro tratamentos: controle, coberturas de fécula de mandioca (FE), quitosana (QI), fécula de mandioca/quitosana (FE/QI) todas na concentração de 2% e sete, quinze e quatro períodos de armazenamento (intervals de 7 e 3 dias durante o armazenamento 21, 28, 35 e 42 dias para análise sensorial). Foram avaliados nos frutos: taxa de respiração, perda de massa, cor da polpa (luminosidade e E), firmeza da polpa, sólidos solúveis, acidez titulável, pH, SS/AT, e análise sensorial (visual e sabor). A cobertura FE/QI mostrou-se eficiente para controlar o amadurecimento das mangas Tommy Atkins, permitindo estender sua vida útil em relação aos frutos sem cobertura. Considerando que a cobertura proporciona menor atividade respiratória, menor perda de massa e manutenção da coloração da polpa e firmeza. As mangas recobertas com FE/QI apresentam na análise sensorial visual os menores valores de desidratação e manchas, uma maior uniformidade da cor e brilho, obtendo as maiores notas de aceitação e intenção de compra durante o armazenamento. Na análise sensorial de sabor verificou-se maiores valores de firmeza e gosto ácido, menores valores do gosto doce, sabor característico, aceitação e intenção de compra. Entretanto verificou-se que ao final do armazenamento os frutos apresentaram maiores notas de sabor característico, com melhor avaliação da aceitação e intenção de compra. A aplicação da cobertura fécula de mandioca/Quitosana pode ser usada de forma eficiente para reduzir a deterioração pós-colheita, estendendo a vida útil e mantendo e melhorando a qualidade sensorial da fruta da manga durante o armazenamento refrigerado.

**Palavras chaves:** Qualidade. Físico-química. Sensorial. Vida útil. Armazenamento.



**EFFECT OF EDIBLE COATINGS ON RESPIRATORY ACTIVITY,  
PHYSICOCHEMICAL QUALITY, AND SENSORIAL QUALITY OF TOMMY  
ATKINS MANGO**

**ABSTRACT**

This study's goal was to evaluate the effect of edible coatings on respiratory activity, physicochemical quality, and sensorial quality of Tommy Atkins mangoes. Fruits were harvested at physiological maturity at Ipanguaçu-RN. Cleaning, weighting, and identification were done in the Laboratório de Tecnologia de Alimentos at UFERSA, and then treated with different coatings for each treatment and stored for 42 days under refrigeration at  $10\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $90\pm 5\%$  RH. Fruits were evaluated every 7 days for physicochemical quality (QFQ), every 3 days for respiratory activity and physiological loss, and sensorial evaluation at 21, 28, 35, and 45 days of storage. The experiment was conducted on completely randomized design, in  $4\times 7$ ,  $4\times 15$ , and  $4\times 4$  factorial schemes, with for treatments: control, cassava starch coating (FE), chitosan coating (QI), and cassava starch/chitosan coating (FE/QI), at 2% of concentration and seven, fifteen, and four periods of storage (interval of 7 and 3 days during storage, 21, 28, 35 and 42 days for sensorial analysis ). Fruits were evaluated for: respiratory rate, physiological loss, pulp color (lightness and  $E$ ), pulp firmness, soluble solids, titratable acidity, pH, SS/AT, and sensorial analysis (visual and taste). FE/QI coating showed itself as efficient in controlling ripening of Tommy Atkins mangoes, allowing an extension of its shelf life compared to fruits with no coating. Considering that the coating provides lower respiratory activity, less physiological loss, and maintenance of pulp color and firmness, mangoes coated with FE/QI, presented in the visual sensorial analysis the lowest values of dehydration and spots, greater uniformity of color and brightness, with higher scores for acceptance and purchase intention during storage. However, it was verified at the end of storage that fruits showed higher scores of characteristic taste, with better acceptance and purchase intention. The application of cassava starch/chitosan coating may be efficiently used to reduce post-harvest deterioration, extending shelf life and improving sensorial quality of mangoes fruits under refrigerated storage.

**Key words:** Quality. Physical-chemical. Sensory. shelf life. Storage.

## 1. INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica L.*), como outras frutas climatéricas, geralmente é colhida no estágio pré-climatérico, com taxa de respiração (produção de dióxido de carbono) de 40-50 mg.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> ocorrendo aumento para 160-200 mg.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> o pico climatérico na condição 20 °C quando seu processo de amadurecimento é completado na fase pós-colheita (SIDDIQ; BRECHT; SIDHU, 2017). Frutas colhidas em condições maduras têm melhor qualidade para consumo direto, mas uma vida útil mais curta. Para as cadeias de suprimento longas, o estágio de maturação na colheita deve prevenir o amadurecimento durante o transporte, garantindo simultaneamente um potencial aceitável para o amadurecimento subsequente (SIDDIQUI, 2017).

A respiração é um importante fator que contribui para as perdas pós-colheita, que converte o açúcar/amido armazenado em energia na presença de um substrato de oxigênio e promove a senescência (WILLS; GOLDING, 2016). Propor tecnologia para reduzir a taxa de respiração, garante o prolongamento da vida útil e preserva a qualidade dos produtos, a respiração aeróbia mínima é necessária, enquanto a respiração anaeróbia é indesejável porque leva à produção de aromas e sabores desagradáveis (CALEB et al., 2012).

Várias técnicas têm sido utilizadas para o armazenamento de frutas climatéricas para retardar a taxa de maturação após a colheita. Estas incluem armazenagem em atmosfera controlada/modificada, embalagem de atmosfera modificada (MAP) e/ou aplicação de coberturas comestíveis (SIDDIQUI, 2016). Em todos estes casos, há modificação da atmosfera resultante, isto é, a redução do O<sub>2</sub> e / ou o aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> no ambiente de armazenamento (MANGARAJ; GOSWAMI, 2009). Os níveis baixos prevalentes de O<sub>2</sub> e a concentração elevada de CO<sub>2</sub> reduzem a respiração oxidativa. Em paralelo ao efeito sobre a respiração, a energia necessária para suportar outros processos metabólicos é afetada (SILVA et al., 2018), que por sua vez, altera esses processos, como parte do metabolismo normal de maturação da manga, firmeza, cor e açúcares mudam com o tempo, essas mudanças são diretamente influenciadas por O<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub> (NORDEY et al., 2016; LIU; WANG; YOUNG, 2014).

As coberturas comestíveis simples ou compostas combinadas com armazenamento refrigerado são usadas com sucesso para prolongar a vida útil pós-colheita de frutas e vegetais (SILVA et al., 2018; SABERI et al., 2018. SILVA et al., 2017; JONGSRI et al., 2017), não têm como objetivo substituir o uso dos materiais convencionais nem eliminar a refrigeração, mas apresentar uma atuação funcional e coadjuvante, pois são capazes de restringir a perda de

peso da fruta durante o armazenamento ou de diminuir a absorção de oxigênio e, assim, retardar a respiração, retardando a maturação e as alterações relacionadas à firmeza, cor, peso e constituintes químicos dos frutos (SILVA et al., 2018; YOUSUF; QADRI; SRIVASTAVA, 2018; SILVA et al., 2017).

Várias formulações de revestimento comestíveis foram estudadas em mangas com o objetivo de controlar o amadurecimento e estender sua vida útil. As coberturas de quitosana 2 e 3% demonstraram-se promissoras na conservação de mangas durante 20 dias de armazenamento, mantendo a qualidade dos frutos e inibindo a taxa de respiração, reduzindo o decaimento da firmeza e controlando o conteúdo de sólidos solúveis, açúcares totais e redutores (SILVA et al., 2017). O recobrimento de fécula de mandioca 3% associado ao extrato de erva doce garantiu a vida útil de mangas Tommy Atkins a 10 °C durante 15 dias de armazenamento, apresentando os menores incidência de desordens fisiológicas (LIMA et al., 2012). O recobrimento em mistura de carboximetilcelulose (0,8%) e dextrina (0,5%) proporcionaram o retardamento da maturação e manutenção da aparência em mangas Tommy Atkins mantidas a 20 °C por 9 dias depois de 20 dias de refrigeração 12°C (AMARIZ et al., 2010); A utilização de goma arábica (10%) com quitosana (1%) combinadas como cobertura de mangas durante armazenamento a 13 °C por 28 dias garantiram manutenção da firmeza, menor perda de massa, retardando o pico de respiração e proporcionando maior qualidade geral da fruta ao final do armazenamento (KHALIQ et al., 2016). A utilização de coberturas compostas prologam os atributos de qualidade e aumenta a vida útil pós-colheita de mangas das cultivares Tommy Atkins e Palmer (AZÊREDO et al., 2016; CISSÉ et al., 2015; MEDEIROS et al., 2012). O uso combinado, proporciona uma cobertura uniforme e homogênea, melhorando a aparência e manutenção da qualidade dos frutos (CASTAÑEDA, 2013). O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito das coberturas comestíveis na atividade respiratória, qualidade físico-química e sensorial da manga Tommy Atkins.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal Rural do Semiárido ó UFRSA. Os materiais utilizados na formulação dos revestimentos comestíveis foram: fécula de mandioca, quitosana e glicerina branca bidestilada. Os frutos de mangas cultivar Tommy Atkins utilizados no experimento foram coletados na maturidade fisiológica, destinados ao mercado interno, na Fazenda Finobrasa Agroindustrial S/A, localizada no município de Ipanguaçu ó RN.

Após serem transportados para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos, foram selecionados e lavados, com água clorada a 100 ppm, e secados na temperatura de 25 °C. Os frutos foram identificados e divididos de acordo com o delineamento experimental utilizado para a qualidade físico-química, perda de massa, respiração e análise sensorial. O experimento qualidade físico-química foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de fatorial, com quatro tratamentos contendo o grupo controle e as coberturas de fécula de mandioca (FE), quitosana (QI), fécula de mandioca/quitosana (FE/QI), na concentração de 2% e 7 períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias) em temperatura de refrigeração a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $90 \pm 5\%$  UR, com cinco repetições de um fruto por parcela experimental. Para os estudos da respiração e perda de massa dos frutos, o experimento foi conduzido no mesmo delineamento, esquema fatorial: 4x15, os mesmos tratamentos e quinze períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42 dias). A análise sensorial em esquema fatorial de 4x4, com quatro períodos de armazenamento (21, 28, 35, 42 dias).

Os revestimentos de fécula de mandioca (FE) e quitosana (QI) foram obtidos com 2,0 g do polímero, 0,2 g do plastificante (glicerol), em 97,8 g de água destilada (FE) e 97,8 g de ácido acético (1%) em pH 3,0 (QI). A solução de fécula de mandioca foi agitada e aquecida a uma temperatura de 70 °C, durante 15 minutos, com o auxílio de um aquecedor-agitador. Enquanto a solução de quitosana foi homogeneizada com auxílio de um agitador durante 45 minutos até completa homogeneização. Após as soluções terem sido preparadas isoladamente foi realizada a mistura (FE/QI).

Os frutos foram imersos, individualmente, por um minuto, nas soluções filmogênicas respectivas de cada tratamento e colocados para secar em temperatura ambiente (25 °C) por uma hora, logo em seguida, os frutos foram armazenados nas câmaras frias em temperatura de refrigeração a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $90 \pm 5\%$  UR.

As seguintes análises, taxa de respiração, análises físicas (perda de massa, cor da polpa: luminosidade e diferença total de cor ( E ), firmeza da polpa), químicas (acidez titulável, teor de sólidos solúveis, pH, Ratio (SS/AT)) e sensoriais que foram avaliadas em cada período de armazenamento, conforme descrito a seguir.

**Taxa de respiração:** a quantificação de CO<sub>2</sub> liberado pelos frutos de manga, foram determinados pelo acondicionamento em recipientes hermeticamente fechados, conforme a adaptação da metodologia de Isemeyer (1952). Para isso pesou-se aproximadamente 500 gramas de frutos, os quais foram dispostos em recipientes hermeticamente fechados durante 6 horas contendo 30 mL de NaOH (0,5 mol/L) para capturar o CO<sub>2</sub> liberado. Também determinou-se o CO<sub>2</sub> presente no recipiente preparado sem frutos, para a prova em branco. Foram Utilizados coolers em cada recipiente para acelerar o contato do CO<sub>2</sub> com o NaOH. Após o período de incubação, procedeu-se com a quantificação da massa do CO<sub>2</sub> através da titulação da solução de NaOH, contendo de duas a três gotas de fenolftaleína, com HCl (0,5 N). No ponto de viragem (rosa-incolor), registrou-se o volume gasto de HCl e em seguida adicionou-se cinco gotas do indicador misto (0,1% de verde de bromocrezol mais 0,1% de vermelho de metila) para realizar novamente a titulação com HCl (0,5 mol/L) até a solução mudar da cor verde para vermelho. Para determinar a massa de CO<sub>2</sub> usou-se a seguinte fórmula:  $CO_2(g) = (MM_{CO_2} \cdot [HCl] \cdot f_{HCl} \cdot V_{misto}) / m_{CO_2}$ , onde:  $MM_{CO_2}$ =massa molecular do CO<sub>2</sub> em gramas/mol; [HCl]= concentração de HCl em mol/L;  $f_{HCl}$ = fator de correção do HCl;  $V_{misto}$ = volume gasto de HCl usando o indicador misto;  $m_{CO_2}$ = massa de CO<sub>2</sub> da prova em branco.

**Perda de massa (PM):** determinada pela diferença entre a massa no tempo inicial e aquela obtida em cada época, sendo expressa em porcentagem (%).

**Coloração da polpa:** foi determinada por reflectômetria, utilizando-se um colorímetro CR-10 (Konica Minolta®, Japão), calibrado em superfície de porcelana branca sob condições de iluminação. As leituras foram expressas no módulo L, a\* e b\* que, segundo a CIE (Commission Internationale de L'Éclairage), definem a cor: L, que corresponde à luminosidade (brilho, claridade ou refletância; 0 = escuro/opaco e 100 = branco) (MINOLTA CORP., 2007). As medidas foram feitas tomando-se 4 pontos equidistantes na polpa dos frutos, considerando a média das leituras. A partir das coordenadas foi possível determinar a diferença total de cor de acordo com a seguinte equação:  $E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ ; Onde: E representa diferença entre cada coordenada de cor da amostra no tempo zero e da amostra armazenada.

**Firmeza da polpa (FP):** A medida de firmeza da polpa foi realizada com base na resistência à penetração, utilizando-se de um penetrômetro da marca McCormick, (modelo FT 327 analógico), com ponteira de 8 mm em regiões equatoriais do fruto, fazendo-se duas determinações por fruto, retirado um pouco da epiderme. Os resultados obtidos foram expressos em Newton (N).

**Sólidos solúveis (SS):** foram determinados com o processamento de todo o fruto e com auxílio do refratômetro digital modelo PR-100 Palette (AttagoCo. Ltd., Japan), com correção automática de temperatura e leitura na faixa de 0 a 32 °Brix, os resultados expressos em porcentagem (%) (AOAC, 2005).

**Acidez titulável (AT):** foi determinada por titulação de uma alíquota de 10 g de suco, em duplicata, à qual foram adicionados 40 mL de água destilada e em seguida, procedeu a titulação com solução de NaOH a 0,02 mol/L. O ponto final da titulação foi determinado com o auxílio do potenciômetro digital (pH = 8,1), os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico, conforme metodologia do IAL (2008).

**Relação SS/AT (Ratio):** Foi obtida dividindo-se os valores médios do teor de sólidos solúveis pelas médias da acidez titulável.

**Sensorial:** A avaliação foi feita por 30 provadores não treinados, constituída por estudantes e funcionários do campus universitário, na faixa etária entre 18 e 50 anos, para cada período de armazenamento, onde cada julgador representa uma repetição. O método utilizado será a análise descritiva quantitativa. A análise sensorial foi subdividida em duas etapas, sendo analisados primeiramente os atributos de aparência, as amostras foram compostas de 5 frutos para cada tratamento em quatro lotes codificados com algarismos de três dígitos, avaliadas em relação à (cor, brilho, desidratação, manchas, aroma, aceitação e intenção de compra), A avaliação de sabor (degustativa) das amostras foram compostas de 10 frutos para cada tratamento, sendo realizadas em cabines com iluminação vermelha e temperatura ambiente, avaliando as características (gosto doce, gosto ácido, sabor característico, aroma, firmeza, aceitação e intenção de compra) de cubos de polpa de manga (com 3cm<sup>3</sup>). O julgamento das amostras codificadas para as avaliações, com escala estruturada de 10 cm (0 ó 9), na qual o julgador marcava com círculo a intensidade das características solicitadas, com os extremos correspondendo a õdesuniformeö e õuniformeö; õpouco intensoö e õmuito intensoö; õdesagradávelö e õagradávelö; õausenteö e õforteö; õdesgostei extremamenteö e õgostei extremamenteö ou õcertamente não comprariaö e õcertamente comprariaö.

Os resultados das análises de respiração, físicas, físico-químicas e sensoriais nas mangas Tommy Atkins foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey (5%), com auxílio do software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 TAXA DE RESPIRAÇÃO

Houve efeito dos tratamentos ao longo do armazenamento para a taxa de respiração  $\text{mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  dos frutos (Figura 1). A Figura 1 mostra que ocorreu aumento da taxa de respiração dos frutos de manga Tommy Atkins para todos os tratamentos durante o armazenamento. Os frutos recobertos com fécula, quitosana e o controle apresentaram padrões respiratórios característicos de frutas climatéricas, não sendo verificado nos frutos recobertos com a cobertura de fécula/quitosana.

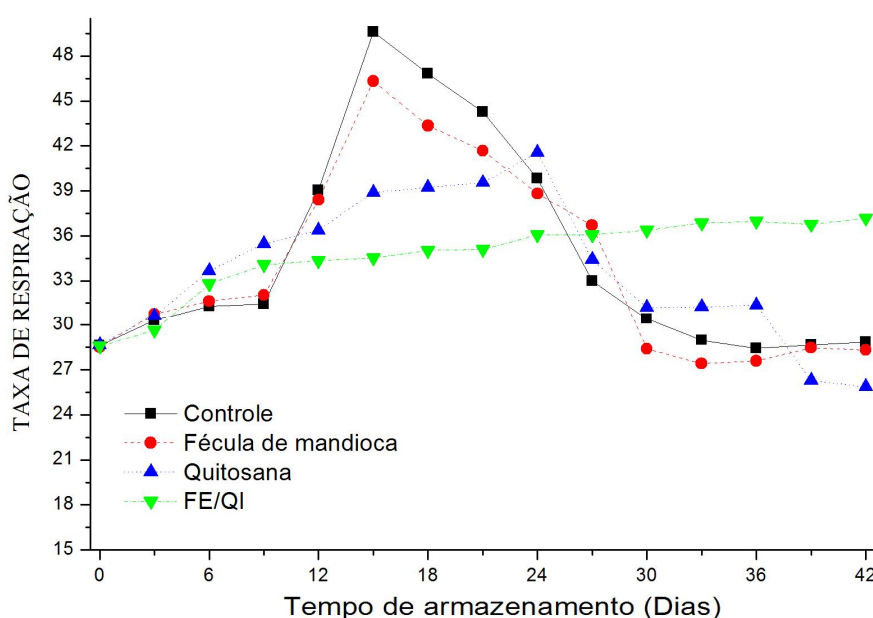


Figura 1 Taxa de respiração ( $\text{mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a  $10^\circ\text{C}$  e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Os frutos controle e recobertos com fécula de mandioca apresentaram aumento acentuado na respiração a partir do nono dia de armazenamento, quando passam da fase pré-climatérica para ascensão climatérica e chegando a pico climatérico aos 15 dias de armazenamento. Esse aumento característico é marcado por uma posterior série de alterações bioquímicas e a produção autocatalítica de etileno. O processo de amadurecimento nas frutas é frequentemente caracterizado por um aumento significativo no processo respiratório, seguido de intensas mudanças metabólicas, aumento da taxa de oxidação de substratos, mediada principalmente por oxidases mitocondriais e, como resultado, há aumento do fluxo glicolítico, resultando em aumentos nos níveis ATP (TAIZ et al., 2017).



Os frutos recobertos com quitosana apresentaram pico climatérico no vigésimo quarto dia de armazenamento enquanto os frutos recobertos com FE/QI apresentou ascensão da respiração até o final do armazenamento. Assim, o revestimento à base de FE/QI foi eficaz não só retardando a ocorrência do pico do climatério respiratório como também reduzindo a intensidade do pico respiratório; Ambos ajudam a estender a vida de prateleira e melhorar a qualidade de armazenamento de mangas. O revestimento superficial pode retardar o amadurecimento dos frutos, modificando suas atmosferas internas, obtendo efeitos benéficos semelhantes aos do armazenamento CA/MA. Geralmente, supõe-se que os efeitos da redução do O<sub>2</sub> e/ou do CO<sub>2</sub> elevado na redução da taxa de respiração sejam as principais razões para os efeitos benéficos da cobertura (SIDDIQUI, 2016; WILLS; GOULDING, 2015).

A redução típica da taxa de respiração como resultado do revestimento com películas comestíveis foi relatada por diversos autores para mangas com quitosana nas concentrações de 1, 2 e 3% (SILVA et al., 2017), quitosana 0,5 1 e 2% (ZHU et al., 2008), recobrimento composto de fécula de mandioca e quitosana (CAMATARI et al., 2017) e goma arábica e quitosana (KHALIQ et al., 2016).

### 3.2 Perda de massa

Para todos os tratamentos houve aumento de perda de massa dos frutos durante o período de armazenamento (Figura 2).

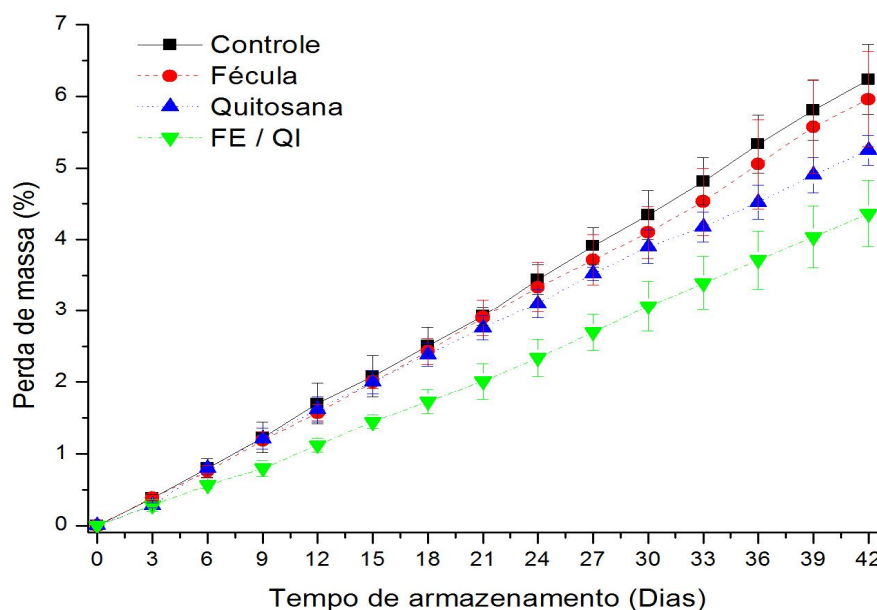


Figura 2 ó Perda de massa (%) de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 10°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Aos doze dias de armazenamento, verificou-se que frutos revestidos com FE/QI propiciaram perda de massa inferior aos frutos controle e semelhante aos frutos recobertos com fécula e quitosana que não diferiram dos frutos controle.

Verificou-se que os frutos recobertos com FE/QI apresentaram menor perda de massa dos 15 aos 30 dias de armazenamento dos demais tratamentos que não diferiram entre si nesse período. Do trigésimo ao quadragésimo dia de armazenamento os frutos controle e recobertos com fécula de mandioca apresentaram as maiores perdas de massa não diferindo entre si, já os frutos recobertos com FE/QI nesse mesmo período apresentaram valores de perda de massa inferiores aos frutos recobertos com quitosana.

Khaliq et al (2016) observaram menor perda de massa de frutos de manga recoberta com cobertura composta de goma arábica e quitosana sob refrigeração a 13°C durante 28 dias. O principal mecanismo de perda de massa de frutas e vegetais frescos é por difusão em fase de vapor impulsionada por um gradiente de pressão de vapor de água dentro e fora do fruto. Os revestimentos ajudam reduzir a perda de massa, pois as coberturas formam uma película envolta da casca do fruto (SIDDIQI, 2016).

Para todos os tratamentos houve incremento de perda de massa dos frutos durante o período de armazenamento, não obstante, o recobrimento misto (FE/QI) (4,36) foi mais efetivo em barrar a perda de massa dos frutos, em relação aos frutos controle (6,24), recobertos com fécula de mandioca (5,96) e quitosana (5,25) aos 42 dias de armazenamento. Este conseguiu barrar 30% da perda de massa, em relação aos frutos controle, 27 % em relação aos frutos revestidos apenas com fécula e 17% em relação aos revestidos com quitosana.

A perda de peso consiste, principalmente, na perda de umidade por transpiração (e, em menor medida, perda de carbono por troca gasosa) (SIDDIQI, 2016). O processo de transpiração depende do gradiente de pressão do vapor de água entre a atmosfera circundante e o tecido da fruta (WILLS; GOLDING, 2016).

As coberturas comestíveis atuam como uma barreira na superfície do fruto, reduzindo assim a transferência de água, selando pequenas feridas e atrasando a perda de massa (CAZÓN et al., 2017). A utilização de coberturas comestíveis compostas, garantiram uma menor perda de massa de frutos de mangas com revestimentos compostos de goma arábica e quitosana (KHALIQ et al., 2016).

### 3.3 Firmeza

A firmeza dos frutos de manga foi reduzida para todos os tratamentos ao longo do período de armazenamento (Figura 3).

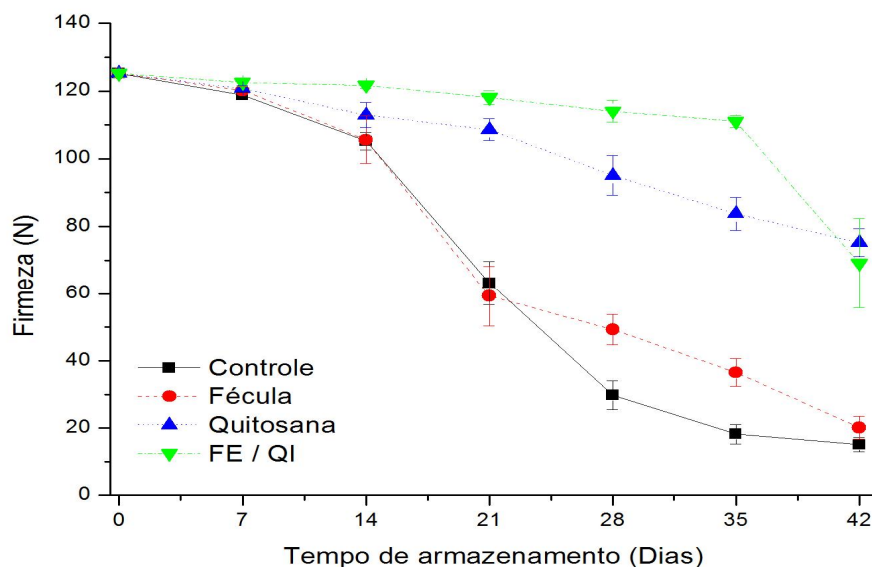


Figura 3 ó Firmeza de polpa (N) de mangas Tommy Atkins acondicionadas com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 10°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

A firmeza dos frutos, controle e recobertos com fécula de mandioca, diminuiu rapidamente com o aumento do período de armazenamento. A partir do dia 14 até 35 dias do experimento, a mangas recobertas com FE/QI e quitosana mantiveram valores significativamente maiores de firmeza sobre os demais frutos. Vários estudos confirmaram que os recobrimentos comestíveis mantiveram alta firmeza em frutos de manga (MOALEMIYAN et al., 2012; SILVA et al., 2017). Observou-se, por exemplo, que o tratamento combinado de goma arábica e quitosana efetivamente manteve alta firmeza de mangas (KHALIQ et al., 2015; KHALIQ et al., 2016). As propriedades da textura do fruto são afetadas por turgidez celular, alterações na estrutura celular e composição da parede celular. O amolecimento das frutas está relacionado à perda de água, que é responsável pela diminuição do turgor celular de frutas frescas (Yang et al, 2014). Os motivos para os revestimentos de quitosana e FE/QI que reduziram a perda de umidade da manga podem ser explicados pela capacidade de trabalhar como barreiras ao vapor de água e gases garantindo assim manutenção dos valores de firmeza.

As substâncias de pectícas são responsáveis pela coesão das frutas e os componentes principais da lamela do meio, bem como elementos estruturais na parede celular primária. A degradação do material celular e a pectina resultam em amaciamento textural de frutas (Cheng

et al., 2009). Sabe-se que o amaciamento das frutas pode estar relacionado à hidrólise enzimática dos componentes da parede celular. A atmosfera controlada ou modificada atrasou o processo de amadurecimento e reduziu as alterações físico-químicas nas frutas (Yahia, 2009). Neste estudo, os frutos tratados com quitosana e FE/QI como cobertura apresentaram maior firmeza do que o controle e frutos recobertos com fécula de mandioca. Esses revestimentos podem ter criado uma atmosfera modificada em torno da superfície do fruto, reduzindo as mudanças nas substâncias da pectinas e atrasando as mudanças na textura.

### 3.4 COR - LUMINOSIDADE e $\Delta E$

Observou-se, interação significativa entre os fatores tratamentos e período de armazenamento para as variáveis: luminosidade e  $\Delta E$ .

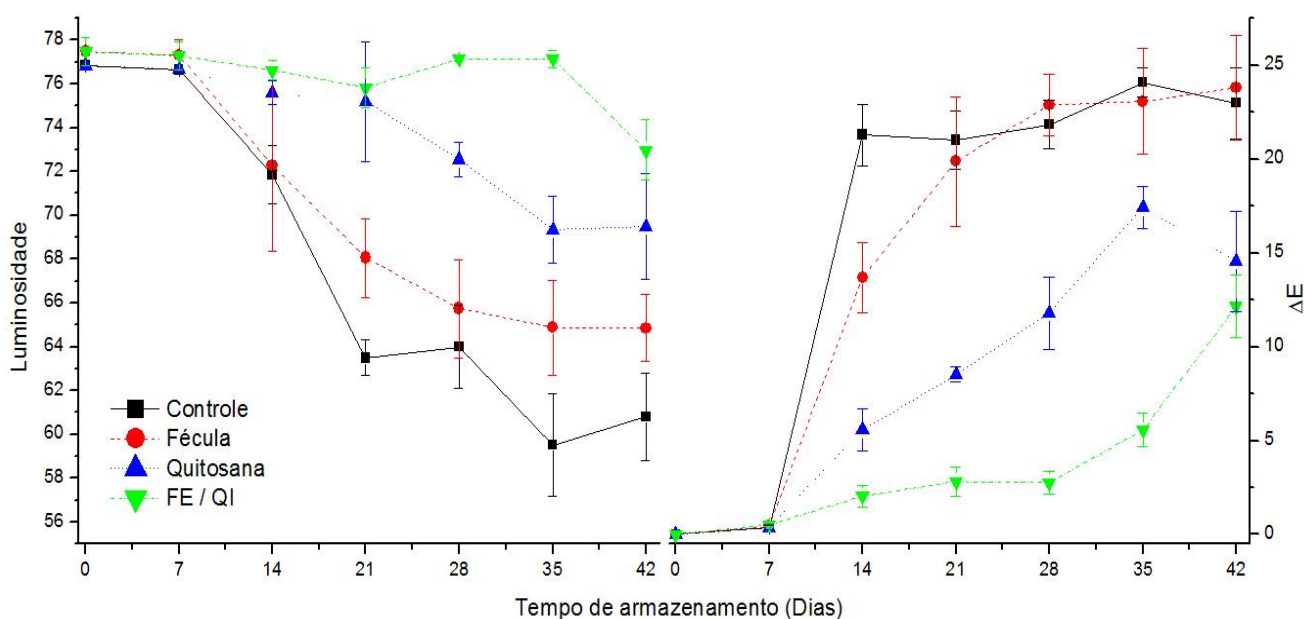


Figura 4.6 Luminosidade e  $\Delta E$  da polpa de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 10°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Os frutos controle e os recobertos com fécula apresentaram valores de luminosidade de (71,85 e 72,28), aos 14 dias de armazenamento, inferiores aos frutos com cobertura de quitosana (75,60) e recobertos com FE/QI (76,63) que não diferiram entre si. A partir do décimo quarto dia até o trigésimo quinto do armazenamento as coberturas FE/QI atrasaram o amadurecimento dos frutos de manga. Isto pode ser constatado pela gradual, ou quase nenhuma mudança, na luminosidade da polpa das mangas, apresentando valores superiores aos frutos controle e cobertos com fécula de mandioca e quitosana, que apresentaram reduções graduais de luminosidade, até o trigésimo dia de armazenamento. Os frutos

recobertos com FE/QI aos 42 dias de armazenamento mostraram uma redução nos valores (72,98) de luminosidade da polpa, promovidos pelo amadurecimento, que não diferi dos frutos recobertos com quitosana (69,50), mesmo assim estatisticamente superiores aos valores encontrados nos frutos recobertos com fécula de mandioca e controle.

Segundo Ibarra-Garza et al. (2015), em um estudo sobre os efeitos do amadurecimento pós-colheita nas propriedades nutracêuticas e físico-químicas da mangas Keitt, os valores de luminosidade foram reduzidos de 60 para 40 com o amadurecimento, indicando que os frutos ficaram mais escuros do que no momento da colheita devido ao desenvolvimento de uma cor amarelo alaranjado na polpa (SIDDIQ; BRECHT; SIDHU, 2017). Os frutos recobertos com quitosana e FE/QI causaram a manutenção dos teores de luminosidade iniciais, garantindo a preservação do pigmentos, contendo o processo de biossíntese dos carotenoides provocados pela formação da camada protetora que reduziu a respiração dos frutos (Figura 1), retardando o amadurecimento.

A cor é um indicador muito importante do amadurecimento e determinante da qualidade e da aceitabilidade do consumidor. A diferença de cor total ( $\Delta E$ ) é amplamente utilizada para determinar o amadurecimento devido à degradação dos pigmentos da polpa (SIDDQUI, 2017). Observa-se aumento do  $\Delta E$  para todos tratamentos, os frutos recobertos com FE/QI aumentaram mais lentamente que as médias dos valores da diferença de cor da polpa ( $\Delta E$ ) comparados com os demais tratamentos.

Os frutos controle e os recobertos com fécula apresentaram aumento acentuado dos valores de  $\Delta E$  da polpa no intervalo de sete aos quatorze dias promovido pelo aumento da respiração e pico climatérico (Figura 1). De acordo com Wills e Golding (2016), as modificações na coloração das frutas com o avanço do amadurecimento ocorrem devido aos processos degradativos ou sintéticos, sendo utilizado como um dos principais critérios de julgamento para o amadurecimento de frutas. Os frutos recobertos com FE/QI apresentaram menores taxa de respiração e menores variações da cor com o período de armazenamento.

### 3.5 Sólidos solúveis, Acidez, pH e SS/AT

Os parâmetros químicos: sólidos solúveis, acidez titulável, pH e SS/AT foram influenciados pelos recobrimentos e tempo de armazenamento (Figura 5). Verificou-se que, independentemente do recobrimento, ocorreram variações com o tempo de armazenamento para todas as variáveis químicas e observou-se que os sólidos solúveis, pH e SS/AT aumentam, enquanto a acidez titulável se reduz com o tempo de armazenamento.

Levando em consideração os tratamentos dentro de cada período de armazenamento nota-se que dos 14 aos 35 dias de armazenamento houve diferença significativa entre os tratamentos. Foram Observadas variações nas características químicas entre os tratamentos do 14° a 35° dia de armazenamento. Nesse tempo de armazenamento avaliado percebe-se uma tendência no aumento dos valores de SS, pH e SS/AT com menores valores apresentados para os frutos recobertos com quitosana e FE/QI quando comparado aos frutos controle e recobertos com fécula de mandioca. Nesse sentido, os frutos tratados com esses recobrimentos resultaram em menores valores dessas variáveis quando comparados aos demais tratamentos até o final do armazenamento, diferindo aos 42 dias, quando os frutos recobertos apresentaram evolução nas variáveis químicas com aumento do pH, redução acentuada da acidez e aumento da relação SS/AT.

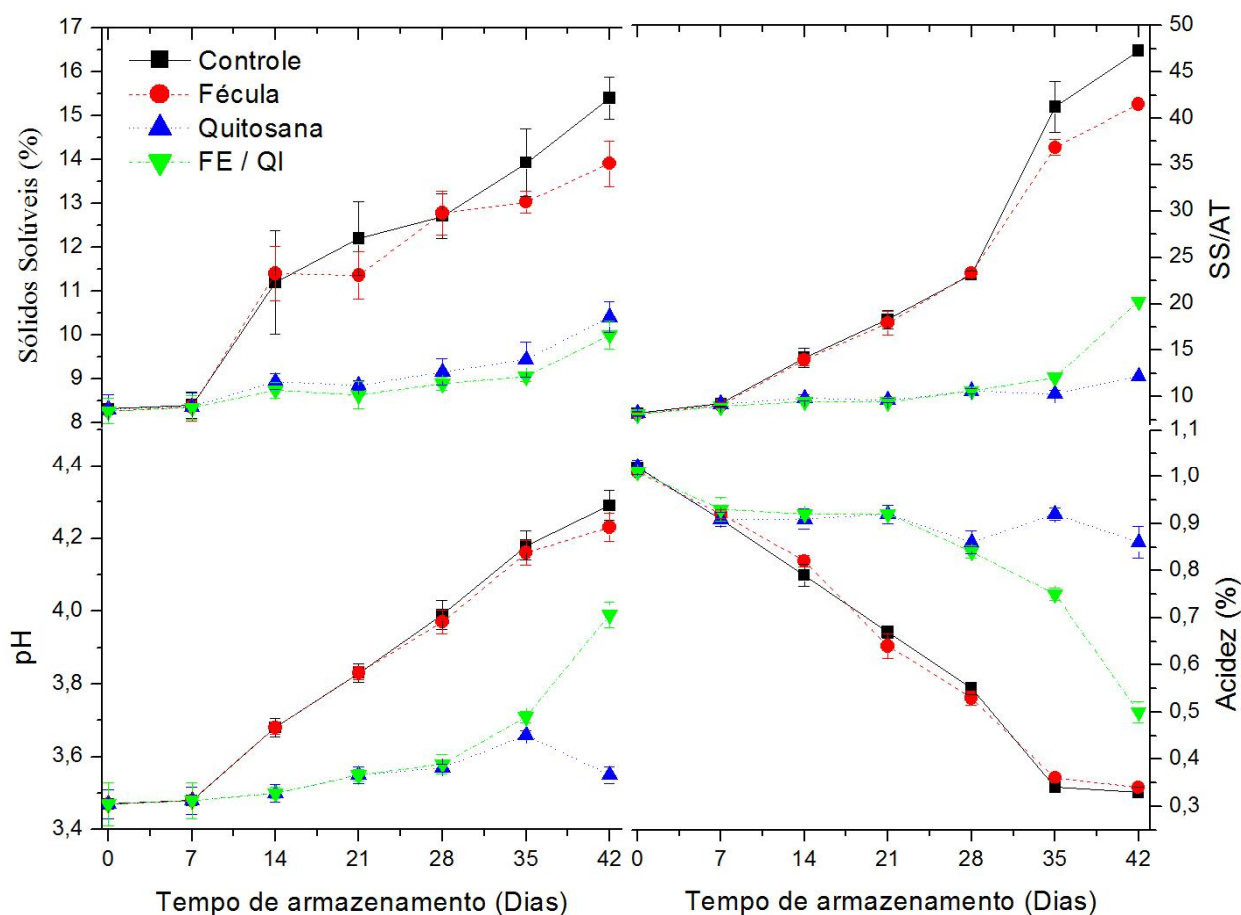


Figura 5 ó Sólidos solúveis (%), Acidez (%), pH e SS/AT de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento a 10°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

De acordo com Taiz et al. (2017) os sólidos solúveis são utilizados como indicadores de maturidade e também determinam à qualidade da fruta, exercendo importante papel no sabor. Os resultados demonstraram que, os frutos recobertos com quitosana e FE/QI formaram uma

cobertura homogênea, apresentaram uma manutenção nos sólidos solúveis, quando comparados com os frutos controle e os recobertos com fécula de mandioca. Os frutos do tratamento controle apresentaram teores de SS que variaram de 8,31 a 15,40%, enquanto os recobertos com quitosana e FE/QI apresentaram valores entre 8,31 e 8,27 a 10,41 e 10,00%, constatando que as coberturas reduziram a atividade metabólica do fruto, retardando seu amadurecimento e atividade respiratória (Figura 1).

Esses resultados correspondem aos de Khaliq et al. (2016) que apontaram que mangas recobertas com mistura de goma arábica e quitosana, armazenadas por 28 dias apresentaram teores de SS entre 6 a 10%, enquanto os frutos controle apresentaram uma variação de 6 a 16%. Observou-se que os frutos recobertos com a mistura FE/QI apresentaram valores médios de sólidos solúveis menores quando comparados aos demais tratamentos, sugerindo assim, que os frutos desses tratamentos tiveram seus processos metabólicos reduzidos.

É tendência que ocorra redução da acidez e aumento do pH nos frutos com o tempo de armazenamento, a utilização de um recobrimento com quitosana atrasou o processo em mangas (SILVA et al., 2017). Porém, a redução na taxa de respiração decorrente do uso dos revestimentos pode diminuir a degradação de ácidos orgânicos explica Siddiqui (2017). Ocorreu redução na atividade respiratória de frutos de manga quando cobertos com recobrimento a base de quitosana (ZHU et al., 2008).

### 3.6 Análise -Visual

Ocorreu interação significativa para tratamento e tempo de armazenamento para todas as variáveis sensoriais analisadas (Tabela 1). Com relação à cor e ao brilho das amostras foi observada redução durante todo o período de armazenamento para todos os tratamentos. Analisando cada tempo de armazenamento, verifica-se que os frutos de mangas recobertos com FE/QI apresentaram notas, estatisticamente superiores de cor e brilho aos 21, 28, 35 e 42 dias de armazenmaneto dos frutos recobertos com quitosana, que também apresentam notas superiores aos frutos controle e recobertos com fécula de mandioca.

Independente do tratamento verificou-se aumento da desidratação e aparecimento de manchas em mangas Tommy com o armazenamento. As mangas recobertas com FE/QI apresentaram menores valores de desidratação e manchas durante todo o período de armazenamento. A cobertura com FE/QI proporcionou menores valores de desidratação pela característica de barreira ao vapor de água garantindo uma menor perda de massa aos frutos recobertos (Figura 2), já os menores valores de manchas encontrados estão relacionados ao

amadurecimento, que são retardados com a película que envolve os frutos, garantindo uma atmosfera modificada, que proporciona menor permeação de O<sub>2</sub>, diminuindo de 21% para níveis de 2 a 10%, retendo moléculas de dióxido de carbono próximo aos frutos, aumentando os níveis de CO<sub>2</sub> de 0,003% para valores entre 5 a 10%.

Tabela 1 ó Análise sensorial (visual) Cor, Brilho, Desidratação, Manchas, Aroma, Aceitação e Intenção de compra de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento. 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)			
	21	28	35	42
<b>Cor</b>				
Controle	4,47 cA	4,37 bA	3,90 bA	3,43 cA
Fécula	5,53 bcB	6,23 aB	4,13 bA	3,80 cA
Quitosana	6,07 bAB	6,37 aA	4,93 bB	5,23 bAB
FE / QI	8,07 aA	7,17 aAB	7,90 aAB	6,63 aB
<b>Brilho</b>				
Controle	3,33 cAB	3,73 cA	2,20 cBC	1,40 dC
Fécula	5,10 bA	5,40 bA	3,20 cB	2,87 cB
Quitosana	6,23bAB	6,47 bA	5,20 bAB	5,43 bB
FE / QI	8,60 aA	8,00 aA	8,43 aA	6,83 aA
<b>Desidratação</b>				
Controle	2,03 aB	2,63 aAB	3,67 aA	3,70 aA
Fécula	1,07 abB	1,03 bB	2,87 abA	4,10 aA
Quitosana	0,93 abB	1,20 bAB	1,87 bAB	2,27 bA
FE / QI	0,03 bB	0,50 bAB	0,10 cB	1,53 bA
<b>Manchas</b>				
Controle	4,13 aC	6,20 aB	6,57 aAB	7,40 aA
Fécula	2,80 bB	2,37 bB	5,03 bA	5,67 bA
Quitosana	1,07 cC	2,50 bB	3,93 bA	2,93 cAB
FE / QI	0,03 cA	0,53 cA	0,40 cA	0,80 dA
<b>Aroma</b>				
Controle	4,60 aA	4,40 aA	5,37 aA	4,93 aA
Fécula	4,50 aAB	4,30 aB	5,40 aA	4,00 aB
Quitosana	4,33 aAB	5,07 aA	3,87 bAB	4,13 aB
FE / QI	4,33 aA	4,37 aA	4,77 abA	4,07 aA
<b>Aceitação</b>				
Controle	5,43 bA	4,40 bAB	3,83 cBC	2,47 cC
Fécula	6,07 bA	6,23 aA	5,23 bA	3,30 bcB
Quitosana	5,77 bA	6,10 aA	4,27 bcB	4,23 bB
FE / QI	8,10 aA	7,43 aAB	8,13 aA	6,40 aB
<b>Intenção de compra</b>				
Controle	5,13 bA	3,87 cAB	3,10 cB	2,43 cB
Fécula	5,97 bA	6,20 abA	4,77 abA	3,00 bcB
Quitosana	5,83 bA	5,80 bA	3,83 bB	4,27 bAB
FE / QI	8,40 aA	7,57 aAB	8,43 aA	6,30 aB

Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente no nível de 5%.



As coberturas FE/QI promoveram aumento no brilho e uniformidade da coloração, uma menor desidratação e aparecimento de manchas dos frutos de manga em relação ao controle e recobertos com quitosana e fécula de mandioca, sendo esses efeitos valorizados pelos provadores, e influenciando de maneira positiva a avaliação, da Aceitação e Intenção de compra, onde a cobertura FE/QI apresentou aos 21 (8,10; 8,40), 28 (7,43; 7,57), 35 (8,13; 8,43) e 42 (6,40; 6,30) dias, maiores valores que os demais tratamentos.

A vida-de-prateleira de produtos alimentícios é efetivamente determinada pelos consumidores a partir da recusa de compra do produto, em função das características sensoriais que no momento da compra não satisfazem as expectativas do indivíduo (DUTCOSKY, 2011).

### 3.7 Análise ó Sabor

Ocorreu interação significativa para tratamento e tempo de armazenamento para todas as variáveis sensoriais analisadas (Tabela 2). Com relação ao gosto doce, as amostras foram observadas, aumento durante o armazenamento para os frutos recobertos com quitosana e FE/QI e aumento até os 35 dias com posterior redução para os frutos controle. Aos 21, 28 e 35 dias de armazenamento, verificou-se que os frutos de mangas controle e recobertos com fécula de mandioca apresentaram notas superiores do gosto doce pelos provadores e constatados pelos maiores valores de sólidos solúveis (Figura 5a) em relação aos demais tratamentos que não diferiram entre si, condição promovida pelo pico climatérico (Figura 1) alcançado aos 15 dias do armazenamento, acelerando o processo de amadurecimento. Aos 42 dias de armazenamento verificou-se valores superiores de gosto doce dos frutos controle (5,27) e recoberto com fécula (4,70), não diferindo entre si. Os frutos recobertos com FE/QI apresentaram valores (3,33), não diferindo dos frutos recobertos com quitosana (2,37) e fécula.

Independente do tratamento ocorreu redução do valor de gosto ácido, os frutos recobertos com quitosana e FE/QI, apresentaram valores do gosto ácido superiores aos demais tratamentos, durante o armazenamento. Ocorreu redução da firmeza (suculência) dos frutos com e sem cobertura ao longo do tempo de armazenamento, os frutos recobertos com quitosana e FE/QI apresentaram valores de firmeza superiores em todos os períodos de armazenamento. Os frutos controle e com cobertura de fécula de mandioca apresentaram valores superiores para a presença de sabor característico durante todo o armazenamento ocorrendo aumento dos valores do sabor característico com o período de armazenamento.

Observa-se que em todo o armazenamento os frutos recobertos com quitosana apresentaram valores inferiores aos demais tratamentos, aos 21 de armazenamento os frutos desse tratamento apresentou um valor de 3,37 valores indicando aroma não característico.

Tabela 2 ó Análise sensorial (sabor) ó Gosto doce; Gosto ácido; Firmeza; Sabor Característico; Aroma, Aceitação e Intenção de compra de mangas Tommy Atkins acondicionados com diferentes revestimentos em função do período de armazenamento. 13°C e 90% UR. Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)			
	21	28	35	42
<b>Gosto doce</b>				
Controle	4,20 aB	5,67 aAB	6,63 aA	5,27 aAB
Fécula	5,22 aBC	6,57 aAB	7,80 aA	4,70 abC
Quitosana	1,13 bB	2,53 bAB	2,97 bA	2,37 cAB
FE / QI	2,47 bA	3,33 bA	2,53 bA	3,33 bcA
<b>Gosto ácido</b>				
Controle	4,97 abA	3,40 bAB	3,40 bAB	2,87 bB
Fécula	3,50 bA	2,87 bA	2,30 bA	3,60 abA
Quitosana	6,40 aA	5,27 aAB	5,67 aAB	4,33 abB
FE / QI	5,37 aA	5,67 aA	6,40 aA	5,20 aA
<b>Firmeza</b>				
Controle	6,10 bA	5,10 bAB	4,87 cB	4,37 bB
Fécula	6,87 abA	4,50 bC	4,67 cBC	5,87 aAB
Quitosana	8,00 aA	6,97 aAB	6,77 bB	6,23 aB
FE / QI	8,03 aA	6,87 aA	8,07 aA	6,97 aA
<b>Sabor característico</b>				
Controle	5,90 aA	6,06 aA	7,03 aA	6,23 aA
Fécula	5,53 aB	6,80 aAB	7,70 aA	5,83 abB
Quitosana	3,10 bB	4,43 bAB	4,70 bA	4,63 bA
FE / QI	3,77 bB	4,70 bAB	4,80 bAB	5,70 abA
<b>Aroma</b>				
Controle	5,80 aA	5,63 aA	5,43 abA	5,53 aA
Fécula	5,27 abAB	5,70 aAB	6,37 aA	5,23 abB
Quitosana	3,37 cB	5,23 aA	4,70 bA	4,13 bAB
FE / QI	4,60 bA	4,93 aA	5,30 abA	4,98 abA
<b>Aceitação</b>				
Controle	6,33 aA	6,80 aA	7,60 aA	6,73 aA
Fécula	6,10 aB	7,17 aAB	7,70 aA	6,23 aB
Quitosana	2,17 cB	3,70 bA	3,70 bA	3,50 bAB
FE / QI	4,07 bB	4,37 bB	3,37 bB	5,90 aA
<b>Intenção de compra</b>				
Controle	6,27 aA	6,87 aA	7,63 aA	6,67 aA
Fécula	5,87 aC	7,57 aAB	8,03 aA	6,27 aBC
Quitosana	1,57 cB	3,10 bA	3,13 bA	3,20 bA
FE / QI	3,23 bB	3,83 bB	3,20 bB	5,90 aA

Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente no nível de 5%.

Inversamente, a aceitação e intenção de compra das características sensoriais visuais, os frutos controle e recobertos com fécula de mandioca apresentaram os maiores valores em todo o armazenamento, não diferindo, apenas aos 42 dias, dos frutos com cobertura FE/QI. Os valores superiores do gosto doce, sabor característico com os menores valores de gosto ácido e firmeza proporcionaram tal resultado.

Observou-se que a cobertura com FE/QI, aos 42 dias, obtiveram valores de aceitação de 5,90 e intenção de compra de 5,90 proporcionados por maiores valores de gosto doce e sabor característico e observado pelo aumento da relação SS/AT na (Figura 5). Este pode está relacionado com o retardamento do início do pico climatérico (Figura1), promovido pela alteração da composição gasosa da película, que envolve os frutos, garantindo uma menor permeação de O<sub>2</sub>, retendo moléculas de dióxido de carbono próximo aos frutos. Resultados semelhantes foram relatados por Azêredo et al. (2016) utilizando recobrimento composto de fécula de mandioca com quitosana em mangas Tommy Atkins durante 25 dias de armazenamento.

#### 4 CONCLUSÃO

A cobertura FE/QI mostrou-se eficiente para controlar o amadurecimento das mangas Tommy Atkins, permitindo estender sua vida útil em relação aos sem cobertura. Considerando que a cobertura proporciona menor atividade respiratória, menor perda de massa e manutenção da coloração da polpa e firmeza. Os atributos de qualidade: sólidos solúveis, Acidez, SS/AT e pH foram retardados. As mangas recobertas com FE/QI apresentaram na análise sensorial visual, os menores valores de desidratação e manchas, uma maior uniformidade da cor e brilho, obtendo as maiores notas de aceitação e intenção de compra durante o armazenamento.

Na análise sensorial de sabor verificou-se retardo no amadurecimento dos frutos recobertos com FE/QI, que apresentaram entre 21 e 35 dias, maiores valores de firmeza e gosto ácido, menores valores do gosto doce, sabor característico, aceitação e intenção de compra. Entretanto verificou-se que, ao final do armazenamento, os frutos apresentaram maiores notas de sabor característico e melhor avaliação da aceitação e intenção de compra. A aplicação da cobertura fécula de mandioca/quitosana pode ser usada de forma eficiente para reduzir a deterioração pós-colheita, estendendo a vida útil, mantendo e melhorando a qualidade sensorial da fruta da manga durante o armazenamento refrigerado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos resultados obtidos nesta pesquisa, os produtores de mangas poderão definir novas estratégias para aprimorar o manejo a ser utilizado na pós-colheita e associá-las às tecnologias disponíveis no mercado, visando à manutenção da qualidade e conservação de frutos, com a garantia de cumprir os requisitos exigidos pelos consumidores de mercados mais distantes.

O estudo utilizando a metodologia de superfície de resposta com diversas coberturas a serem utilizadas possibilita uma melhor escolha daquela(s) a ser(em) testada(s) na pós-colheita da fruta. Uma avaliação sensorial, mesmo que apenas visual, é importante para ajudar na definição dos revestimentos ou misturas a serem testados, pois a aceitação ou não de alguns deles é primordial na compra dos produtos. Avaliações de aparência, perda de massa e sólidos solúveis, permitem selecionar as melhores coberturas.

Considerando que a cobertura proporciona menor atividade respiratória, menor perda de massa e manutenção da coloração da polpa e firmeza. Os atributos de qualidade: amido; sólidos solúveis; açúcares solúveis totais, redutores e não redutores, acidez, SS/AT e pH foram retardados, apresentando os menores valores de desidratação e manchas, uma maior uniformidade da cor e brilho obtendo a maiores notas de aceitação e intenção de compra durante o armazenamento.

A aplicação da cobertura fécula de mandioca/quitosana com (2%) pode ser usada de forma eficiente para reduzir a deterioração pós-colheita, estendendo a vida útil e mantendo e melhorando a qualidade sensorial da fruta da manga durante o armazenamento refrigerado.

É possível que os frutos submetidos ao recobrimento FE/QI na condição estudada neste trabalho pudessem ter um período de conservação superior a 42 dias, o que não foi previsto. Sugere-se um estudo com número maior de dias de armazenamento, devido à possibilidade de continuidade da maturação das mangas, revestidas com FE/QI até o total amadurecimento, como a adição de componentes lipofílicos para melhorar as propriedades de barreira ao vapor de água da película.

## 6 REFERÊNCIAS

AMARIZ, A.; LIMA, M. A. C de; TRINDADE, D. C. G da; SANTOS, A. C. N dos; RIBEIRO, T. P. Recobrimentos à base de carboximetilcelulose e dextrina em mangas Tommy Atkins armazenadas sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.10, p.2199-2205, 2010.

AOAC. **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS** Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 18th ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. 1298 p.

AZERÊDO, L. P. M. SILVA, S. M., LIMA, M. A. C., DANTAS, R. L., PEREIRARA, W. E. Qualidade de manga 'tommy atkins' da produção integrada com recoberta fécula de mandioca associada a óleos essenciais e quitosana. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p. 141-150, fevereiro de 2016.

CALEB, O.J.; MAHAJAN, P.V.; OPARA, U.L.; WITTHUHN, C.R. Modeling the Effect of Time and Temperature on Respiration Rate of Pomegranate Arils (cv. 'Acco' and 'Herskawitzö'). **Journal of Food Science**, v.77, p.80-87, 2012.

CAMATARI, F. O. D. S., SANTANA, L. C. L. D. A., CARNELOSSI, M. A. G., ALEXANDRE, A. P. S., NUNES, M. L., GOULART, M. O. F., SILVA, M. A. A. P. D. Impact of edible coatings based on cassava starch and chitosan on the post-harvest shelf life of mango (*Mangifera indica*) Tommy Atkins fruits. **Food Science and Technology**, n. AHEAD, p. 0-0, 2017.

CASTAÑEDA, L. M. F. **Avaliação da quitosana e da fécula de mandioca, aplicada em pós-colheita no recobrimento de maçãs**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal do Rio Grande do SUL (UFRGS), Porto Alegre, p.130, 2013.

CAZÓN, P.; VELAZQUEZ, G.; RAMÍREZ, J. A.; VÁZQUEZ, M. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 68, p. 136-148, 2017.

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

DUTCOSKY, Silvia Deboni. **Análise sensorial de alimentos**. Champagnat, 2011.

FANI, A. A.; FORTUNY, R. S.; BELLOSO, O. M. Nanoemulsions as edible coatings. **Current Opinion in Food Science**, 2017.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042. 2011.

Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 6<sup>a</sup> ed. São Paulo: **IAL**. 2008.

JONGSRI, P.; WANGSOMBOONDEE, T.; ROJSITTHISAK, P.; SERAYPHEAP, K. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. **LWT-Food Science and Technology**, v.73, p.28-36, 2016.

JONGSRI, P.; WANGSOMBOONDEE, T.; ROJSITTHISAK, P.; SERAYPHEAP, K. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. **LWT-Food Science and Technology**, v. 73, p. 28-36, 2016.

KERCH, G. Chitosan films and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality: A review. **Trends in Food Science & Technology** v. 46 p. 159-166, 2015.

KHALIQ, G.; MOHAMED, M. T. M.; ALI, A.; DING, P.; GHAZALI, H. M. Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica L.*) fruit during low temperature storage. **Scientia Horticulturae**, v. 190 p 1876194, 2015.

KHALIQ, G.; MOHAMED, M. T. M.; DING, P.; GHAZALI, H. M.; ALI, A. Storage behaviour and quality responses of mango (*Mangifera indica L.*) fruit treated with chitosan and gum arabic coatings during cold storage conditions. **International Food Research Journal**, v. 23, 2016.

LIMA, A. B.; SILVA, S. M.; ROCHA, A.; NASCIMENTO, L. C.; RAMALHO, F. S. Conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins' orgânica sob recobrimentos bioorgânicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 704-710, set. 2012.

LIMA, A. M.; CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W. S.; SANTOS, E. C. M.; TEIXEIRA, J. A.; MOREIRA, R. A.; VICENTE, A. A. New edible coating composed of galactomannans

and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits gas transferrate. **Journal of food Engineering**, v. 97, p. 101 a 109, 2010.

LIU, K.; WANG, X.; YOUNG, M. Effect of bentonite/potassium sorbate coatings on the quality of mangos in storage at ambient temperature. **Journal of Food Engineering**, v. 137, p. 16-22, 2014.

MANGARAJ S, GOSWAMI TK **Modified atmosphere packaging** anideal food preservation technique. J Food Sci Tech. V.46:P.3996410. 2009.

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

NORDEY, T., LÉCHAUDEL, M., GÉNARD, M., JOAS, J. Factors affecting ethylene and carbon dioxide concentrations during ripening: Incidence on final dry matter, total soluble solids content and acidity of mango fruit. **Journal of Plant Physiology**. v.196: p.70678, 2016.

SABERI, B.; GOLDING, J. B.; MARQUES, J. R.; PRISTIJONO, P.; CHOCKCHAIASAWASDEE, S.; SCARLETT, C. J.; STATHOPOULOS, C. E. Application of biocomposite edible coatings based on pea starch and guar gum on quality, storability and shelf life of Valencia oranges. **Postharvest Biology and Technology**, v. 137, p. 9-20, 2018.

SIDDIQ, M.; BRECHT, J. K.; SIDHU, J. S. **Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition**. Wiley-Blackwell. 2017.

SIDDIQUI, M. W. (Ed.). **Eco-friendly technology for postharvest produce quality**. Academic Press, 2016.

SIDDIQUI, M. W. **Preharvest Modulation of POSTHARVEST FRUIT AND VEGETABLE QUALITY**. 1st Edition. Cambridge, ELSEVIER, 2017.

SILVA, A. L. **Revestimentos comestíveis em mangas: propriedades e efeitos sobre a qualidade e conservação pós-colheita da fruta**. 2015. 153 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) ó Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Alimentos ó Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2015.



SILVA, G. M. C.; SILVA, W. B.; MEDEIROS, D. B.; SALVADOR, A. R.; CORDEIRO, M. H. M.; SILVA, N. M.; MIZOBUTSI, G. P. The chitosan affects severely the carbon metabolism in mango (*Mangifera indica* L. cv. Palmer) fruit during storage. **Food Chemistry**, v.237, p. 372-378, 2017.

SILVA, W. B.; SILVA, G. M. C.; SANTANA, D. B.; SALVADOR, A. R.; MEDEIROS, D. B.; BELGHITH, I.; MISOBUTSI, G. P. Chitosan delays ripening and ROS production in guava (*Psidium guajava* L.) fruit. **Food Chemistry**, v. 242, p. 232-238, 2018.

WILLS, R. GOLDING, J. **Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. UNSW press, 2016.

YOUSUF, B.; QADRI, O. S.; SRIVASTAVA, A. K. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. **LWT - Food Science and Technology**. v.89, p.198-209, 2018.