
USO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL PARA EXTENSÃO DA VIDA ÚTIL DA GOIABA ‘PEDRO SATO’

Marcos José de Oliveira Fonseca¹, Antonio Gomes Soares², Henriqueta Talita Guimarães Barboza³, Marcela Aline Guimarães Carvalho⁴, Augusto César Vieira Neves Júnior⁵

RESUMO

A goiaba possui intensa atividade metabólica, requerendo o uso de tecnologias pós-colheita para extensão de sua vida útil e manutenção da qualidade. Como é fruto que se consome com a casca, a aplicação de revestimento comestível é uma tecnologia de modificação da atmosfera passível de ser implementada. Objetivou-se, com esse trabalho, avaliar índices de qualidade pós-colheita de goiaba ‘Pedro Sato’, tais como vitamina C, licopeno, β -caroteno, glicose, frutose, sacarose, etc., submetida a três diferentes revestimentos comestíveis (à base de amido de mandioca, alginato de sódio ou carboximetilcelulose) e armazenamento refrigerado à 10 °C. Independentemente do tratamento aplicado, as goiabas ‘Pedro Sato’ alcançaram maiores teores de vitamina C após o armazenamento prolongado de 22 dias. Por outro lado, o uso de revestimentos comestíveis à base de amido e alginato foram eficientes em retardar o amadurecimento das goiabas ‘Pedro Sato’ armazenadas por quatro dias sob refrigeração, seguidos de três dias em temperatura ambiente. As goiabas revestidas com amido de mandioca apresentaram os maiores teores de licopeno (ação antioxidante) e de β -caroteno (precursor da vitamina A no organismo humano), nos períodos de armazenamento mais prolongados, podendo-se recomendar este revestimento comestível para o armazenamento desse fruto, para que se obtenha maior retenção de importantes atributos de sua qualidade.

Palavras-chave: atmosfera modificada, filme comestível, pós-colheita de goiaba, *Psidium guajava*

ABSTRACT

USE OF EDIBLE COATING TO EXTEND THE SHELF LIFE OF GUAVA ‘ PEDRO SATO ‘

Guava has intense metabolic activity, requiring the use of post-harvest technologies for extension of its life and quality maintenance. As the fruit is consumed with the skin, the application of edible coating is a modified atmosphere technology that can be implemented. This study aimed to evaluate the postharvest quality indexes (such as vitamin C, lycopene, β -carotene, glucose, fructose, sucrose, etc.) of guavas ‘Pedro Sato’ submitted to three different edible coatings (based on cassava starch, sodium alginate or carboxymethylcellulose) and under 10 °C refrigerated storage. Regardless of the treatment applied, guavas ‘Pedro Sato’ achieved higher levels of vitamin C after prolonged storage of 22 days. On the other hand, the use of edible coatings based on starch and alginate were effective in delaying ripening in guava ‘Pedro Sato’ stored for four days under refrigeration, followed by three days at room temperature. Guava coated with cassava starch showed higher lycopene levels (antioxidant activity) and β -carotene (precursor of vitamin A in human body), at longer storage periods. Therefore, this edible coating should be recommended for the storage of this fruit, for retention of important quality attributes.

Keywords: modified atmosphere, edible coating, postharvest of guava, *Psidium guajava*

Recebido para publicação em 10/12/2015. Aprovado em 18/05/2016.

1 - Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro-RJ, marcos.fonseca@embrapa.br

2 - Químico, Pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro-RJ, antonio.gomes@embrapa.br

3 - Química, Analista técnico da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro-RJ, henriqueta.barboza@embrapa.br

4 - Eng^a. Agrônoma, Agente em Desenvolvimento Agropecuário do IDEF, Cariacica-ES, marcelaagc@ig.com.br

5 - Eng^o. Agrônomo, Bolsista de pós-doutorado na Universidade Estadual do Maranhão, São Luiz-MA, gutocesar@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A expansão do mercado consumidor de goiaba in natura está condicionada à qualidade dos frutos e ao aumento da sua vida útil, pois é altamente perecível devido a seu intenso metabolismo (AZZOLINI *et al.*, 2004). A goiaba é um fruto climatérico (Srisvastava & Narasimhan, 1967) e possui clara transição entre o crescimento e a senescência, caracterizada pelo aumento da atividade respiratória e da biossíntese de etileno (Rodhes, 1980). Um dos maiores problemas enfrentados para sua comercialização in natura é a sua alta perecibilidade, devido à intensa atividade metabólica, entrando em senescência rapidamente após o amadurecimento. Isto impede seu armazenamento e transporte por períodos longos, pois, segundo Mowlah & Itoo (1982), possui vida útil máxima de oito dias.

Jacomino *et al.* (2003) comentam que são vários os métodos para ampliar a vida útil dos frutos, como a atmosfera modificada que promove a redução dos níveis de oxigênio e o aumento dos níveis de dióxido de carbono. Uma das opções práticas e passíveis de aplicação é a formação de revestimentos comestíveis diretamente sobre o produto (Forato *et al.*, 2011). A aplicação de revestimentos comestíveis semipermeáveis tem demonstrado aumentar a vida-útil de frutos tropicais perecíveis como a lichia (Zhang e Quantick, 1997) e a manga (Baldwin *et al.*, 1999). O conceito de “revestimentos” como envoltórios de proteção para alimentos foi registrado em 1950 (Guilbert, 1986), e uma das primeiras aplicações foi em frutos e hortaliças frescos, utilizando ceras ou emulsões de cera e água (Kester e Fennema, 1986) que promoviam uma barreira semipermeável aos gases e ao vapor-de-água.

Arnon *et al.* (2014) estudaram o uso de revestimento duplo com carboximetilcelulose (CMC) e quitosana, como alternativa à aplicação de ceras sintéticas comerciais em alguns citros, verificando que ambas se equiparam na promoção do brilho na casca, sem efeitos significativos sobre o teor de sólidos solúveis e acidez, além de efeitos equiparáveis sobre a permeabilidade gasosa. O revestimento duplo CMC/quitosana promoveu maior retenção da firmeza, mas, em compensação,

houve maior perda de massa. O revestimento contendo CMC/quitosana resultou em decrescente aceitabilidade em tangerinas ‘Or’ e ‘Mor’, devido à percepção de off-flavor. No entanto, não se verificou efeito deletério de ambos os revestimentos em laranja ‘Navel’ e grapefruit ‘Star Ruby’.

Segundo Pereira *et al.* (2006), a aplicação de filmes comestíveis contendo 1 e 3% de amido de mandioca proporcionou a extensão da vida útil de mamão formosa ‘Tainung 1’ por quatro dias, sem afetar sua qualidade. O retardo no amadurecimento foi comprovado pela evolução mais lenta da cor de casca, perda da firmeza e mudanças no teor de sólidos solúveis e acidez titulável.

Os resultados gerais das avaliações das ameixas submetidas a filmes comestíveis à base de alginato comprovam que o período de armazenamento das variedades ‘Larry Ann’ e ‘Songold’ pode ser 2 semanas maior que o controle, e que o armazenamento de ‘Blackamber’ e ‘Golden Globe’ pode ser ainda maior, três semanas, em estudo realizado por Valero *et al.* (2012) por 35 dias de avaliação.

Como a goiaba é uma importante fonte de carotenoides, sobretudo licopeno, cuja ação antioxidante é importante atributo nutricional, torna-se importante verificar o efeito da promoção de barreira ao intercâmbio gasoso sobre a sua qualidade. Os carotenoides são, com poucas exceções, metabólitos poliolefinicos C40. O licopeno é o carotenoide acíclico final, na rota dos isoprenóides, sucedido por α - e β -caroteno, após ciclização (Mann, 1987).

Entre as variedades, a ‘Pedro Sato’ é bastante plantada para comercialização de goiaba de mesa. É muito perecível, da mesma forma que as demais variedades, carecendo de tecnologias que preservem sua qualidade por mais tempo. Assim, objetivou-se com esse trabalho analisar as alterações promovidas por diferentes revestimentos sobre os atributos de qualidade de goiabas ‘Pedro Sato’, após diferentes períodos de armazenamento refrigerado, além de verificar o efeito destes diferentes revestimentos na manutenção dos teores de carotenoides, sobretudo licopeno e β -caroteno.

MATERIAL E MÉTODOS

Goiabas ‘Pedro Sato’ produzidas no distrito de Xerém, município de Duque de Caxias-RJ, foram colhidas no estádio verde claro em fevereiro

de 2008 e transportadas para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Estas foram lavadas e sanitizadas com 150 mg de cloro por litro de água destilada. Feito isto, foram selecionadas e submetidas aos seguintes tratamentos: T – imersão em água destilada por um minuto; AM – Imersão por um minuto em solução de amido de mandioca a 3,5% + permanganato de potássio a 0,0135% + propionato de cálcio a 0,0135% + glicerol a 1%; ALG - Imersão por um minuto em solução de alginato de sódio a 0,15% + sorbato de sódio 15.000 PPM + 1% glicerol - 0,8 mL.100 mL⁻¹ + 30 mL de solução contendo 0,4% de cloreto de cálcio; e CMC - Imersão por um minuto em solução de carboximetilcelulose a 1% + ácido cítrico a 0,5% + 0,05% ácido esteárico + ácido ascórbico a 0,5%.

Em seguida, os frutos foram submetidos à ventilação forçada em temperatura ambiente por exaustor axial (vazão máxima de 18.000 m³.h⁻¹) acoplado em esteira talisca. Posteriormente, foram acondicionados em câmara fria, à temperatura de 10 °C e 70% de umidade relativa, por 4, 11, 18 e 25 dias. Após este período de armazenamento as goiabas foram deixadas em temperatura do ar ambiente (28 ± 3 °C) até que 50% alcançasse a coloração amarela na casca. Neste momento, extraiu-se a polpa da goiaba, que foi submetida às análises de:

- Glicose, frutose e sacarose, por cromatografia líquida de alta eficiência (Mello & Castro, 1999),
- Sólidos solúveis totais, por refratometria (AOAC, 2010),
- Acidez total titulável, por titulometria (AOAC, 2010),
- pH por potenciometria (AOAC, 2010),
- Vitamina C por espectrometria (Ashoor et al., 1984),
- Carotenóides totais por espectrometria (Amaya-Rodriguez e Kimura, 2001),
- Licopeno e β-caroteno por cromatografia líquida de alta eficiência (Pacheco, 2009).
- O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com quatro

repetições, constituídas por amostra composta de três goiabas. Os dados foram interpretados por análise de variância e pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em função da importância da glicólise para o estudo do efeito das tecnologias sobre o metabolismo pós-colheita da goiaba, foram estudados os teores de sacarose, glicose e frutose, além do teor de sólidos solúveis. Devido ao limite de detecção do método (0,03g.100g de polpa⁻¹) de cromatografia líquida de alta eficiência utilizado neste trabalho (Mello & Castro, 1999) não foi detectada sacarose na polpa de nenhuma das amostras analisadas (dados não apresentados). Pereira et al. (2005) verificaram teores entre 10 e 12 mg.100 g⁻¹ de sacarose em goiabas de polpa branca 'Cortibel', no período de 29 dias de armazenamento, sempre inferiores aos teores de glicose e frutose. Bulk et al. (1997), ao estudarem o crescimento e desenvolvimento dos frutos de quatro variedades de goiabeira (Shambati, Pakistani, Shendi e Ganib), encontraram teores crescentes de sacarose até 126 dias. No presente trabalho, o teor de sacarose pode estar abaixo do limite de detecção do método utilizado, o que também pode ser atribuído ao estágio avançado de maturação, quando já poderia ter acontecido a sua quebra em glicose e frutose, pela atividade da enzima invertase.

Com base na ANOVA, verifica-se que não houve diferença significativa nos teores de frutose na polpa das goiabas revestidas em relação ao tratamento testemunha. A firmeza das goiabas reduziu-se de forma drástica e significativa após sete dias (1,4 kgf), considerando-se a firmeza inicial da goiaba verde-maduras (6,7 kgf), mantendo-se nos demais períodos de armazenamento (1,5 kgf, 1,2 kgf e 1,1 kgf). Desta forma, a composição dos diferentes revestimentos não teve influência sobre a atividade enzimática degradadora de parede celular, de modo a reduzir o processo de amaciamento dos frutos.

As goiabas de todos os tratamentos amadureceram nas mesmas datas em temperatura ambiente, após o armazenamento refrigerado por 11, 18 e 25 dias, ou seja, 4, 4 e 3 dias após o período de refrigeração, quando foi constatado visualmente

que 50% das frutas estavam com a coloração da casca totalmente amarela. A exceção ocorreu após o armazenamento refrigerado por quatro dias. Somente após seis dias em condição ambiente, 50% das goiabas revestidas com filmes AM e ALG apresentaram-se com coloração totalmente amarela, enquanto que aquelas não revestidas ou revestidas com CMC tornaram-se amarelas com três dias em temperatura ambiente. Assim, do ponto de vista da mudança de cor, os revestimentos AM e ALG foram eficientes em aumentar a vida útil da goiaba 'Pedro Sato' após período curto (quatro dias) de armazenamento refrigerado. Neste caso, foi uniformizada a data da primeira avaliação em sete dias, ou seja, quatro dias sob refrigeração e três dias observados para a testemunha, para viabilizar a análise estatística e possibilitar a comparação da qualidade das frutas.

Não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos com revestimentos para glicose, sólidos solúveis totais e ácido ascórbico na polpa de goiabas 'Pedro Sato', armazenadas por 11, 18 e 25 dias sob refrigeração, seguidos dos dias necessários ao amadurecimento (Quadros

1, 2 e 3). Na primeira avaliação feita em goiabas armazenadas sob refrigeração por quatro dias, seguidos de mais três dias para o amadurecimento, observou-se maiores teores de glicose e de sólidos solúveis totais nas frutas sem revestimento e naquelas revestidas com CMC (Quadros 1 e 2), o que pode significar que este revestimento foi ineficiente em retardar o amadurecimento, em relação aos tratamentos AM e ALG.

No Quadro 1, é possível observar que as goiabas sem revestimento e as revestidas com CMC tenderam a apresentar maiores teores de glicose no início do período experimental, enquanto que essa tendência, nos frutos revestidos com AM e ALG, foi verificada ao final do período experimental. Verificou-se que, entre os períodos de conservação, não houve diferenças significativas no teor de sólidos solúveis totais para as goiabas revestidas com filmes à base ALG, CMC e sem revestimento. Apenas as goiabas revestidas com AM apresentaram menores teores no início do período experimental em relação aos dois períodos mais prolongados de armazenamento (22 e 27 dias) (Quadro 2).

Quadro 1. Médias do teor de glicose na polpa de goiabas 'Pedro Sato', revestidas ou não, com amido, alginato e carboximetilcelulose, em diferentes períodos de armazenamento refrigerado, seguido do período necessário para o amadurecimento.

Tratamento	Glicose (g.100 g ⁻¹)			
	7 dias	15 dias	22 dias	27 dias
Testemunha	2,38 Aa	1,80 Aab	1,57 Ab	2,05 Aab
Amido	1,44 Bb	1,72 Aab	1,77 Aab	2,23 Aa
Alginato	1,44 Bb	1,80 Aab	1,55 Aab	2,24 Aa
Carboximetilcelulose	2,26 Aa	1,53 Ab	1,65 Aab	2,03 Aab

* médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Quadro 2. Médias de sólidos solúveis totais na polpa de goiabas 'Pedro Sato', revestidas ou não, com filmes à base de amido, alginato e carboximetilcelulose (CMC), em diferentes períodos de armazenamento refrigerado, seguido do período necessário para o amadurecimento.

Tratamento	Sólidos solúveis totais (° Brix)			
	7 dias	15 dias	22 dias	27 dias
Testemunha	10,18 Aa	10,18 Aa	9,43 Aa	9,58 Aa
Amido	8,33 Cb	9,63 Aab	9,75 Aa	10,00 Aa
Alginato	9,28 Ba	9,95 Aa	9,75 Aa	9,85 Aa
CMC	10,13 Aa	9,90 Aa	9,55 Aa	9,58 Aa

* médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Analizando-se os filmes antimicrobianos em goiabas 'Pedro Sato', armazenadas a 22 °C, Soares et al. (2011) verificaram a redução nos teores de sólidos solúveis totais no tratamento controle, enquanto que as goiabas revestidas com filmes à base de amido, acrescidos de quitosana, tiveram seus teores preservados por até 8 dias.

Não houve efeito significativo dos tratamentos e da interação entre estes e o período de conservação sobre o teor de ácido ascórbico em goiabas 'Pedro Sato' (Quadro 3). Os teores mais elevados foram encontrados nas goiabas conservadas por períodos mais prolongados (22 e 27 dias), independentemente do tratamento (Quadro 3). A tendência natural de redução no teor de vitamina C pode ter se alterado nos dois períodos mais prolongados de armazenamento, devido a uma resposta fisiológica antioxidante aos processos relacionados ao amadurecimento e senescência da goiaba 'Pedro Sato'. Embora tenham estudado a variedade Paluma, Ribeiro et al. (2005) observaram uma elevação dos teores de ácido ascórbico aos 6 dias, após a colheita, e posterior redução aos 12 dias, também após a colheita. Além disso, os teores das frutas revestidas e armazenadas em condição ambiente (27±2 °C e 70±9 % UR) foram menores que as armazenadas sob refrigeração. Os autores também constataram que os teores se reduziram nas goiabas revestidas nas menores concentrações

de quitosana. As diferenças observadas entre os trabalhos podem ter ocorrido devido aos fatores como variedades distintas, revestimentos utilizados e região de plantio.

De forma semelhante ao presente trabalho, Costa et al. (2012) constataram inicialmente a redução do teor de ácido ascórbico com posterior aumento, sem diferença significativa entre tomates revestidos e não revestidos.

O valor de pH mais baixo observado nas goiabas sem revestimento, armazenadas por 4 e 11 dias de refrigeração, seguidos por mais 3 e 4 dias para o amadurecimento, respectivamente, confirma o fato de que o amadurecimento foi mais rápido nas goiabas sem revestimento (Quadro 4). A ausência deste possibilita, mesmo sob armazenamento refrigerado, condições naturais de intercâmbio gasoso com o meio, diferentemente do que ocorre pela promoção da barreira física por qualquer revestimento.

O pH mais baixo verificado nas goiabas sem revestimento e naquelas revestidas com CMC, demonstra que a atividade metabólica desses frutos foi maior já no início do período experimental (Quadro 4). No caso das goiabas revestidas com ALG, os valores permaneceram praticamente constantes e naquelas revestidas com AM, somente foi verificada diferença significativa entre o primeiro período de armazenamento e o último (27 dias).

Quadro 3. Médias do teor de ácido ascórbico na polpa de goiabas 'Pedro Sato', em diferentes períodos de armazenamento refrigerado, seguido do período necessário para o amadurecimento.

Ácido ascórbico (mg.100 g ⁻¹)			
7	15	22	27
654,63 b	407,13 c	818,38 a	848,63 a

* médias seguidas de uma mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Quadro 4. Médias de pH na polpa de goiabas 'Pedro Sato', revestidas ou não, com filmes à base de amido, alginato e carboximetilcelulose (CMC), em diferentes períodos de armazenamento refrigerado, seguido do período necessário para o amadurecimento.

Tratamento	pH			
	7 dias	15 dias	22 dias	27 dias
Testemunha	4,17 B b	4,24 Bab	4,32 Aa	4,24 Aab
Amido	4,39 A a	4,31 A ab	4,32 Aab	4,24 A b
Alginato	4,37 A a	4,34 A a	4,36 Aa	4,29 Aa
CMC	4,19 A b	4,34 A a	4,32 Aa	4,29 Aab

* médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Em termos gerais, o metabolismo respiratório é medido pela quantidade de ácidos orgânicos produzidos e acumulados no Ciclo dos Ácidos Tricarboxílicos (Ciclo de Krebs). Verifica-se, no Quadro 5, que a média da acidez titulável para as goiabas sem revestimento foi 10,3% superior às goiabas submetidas ao revestimento AM, enquanto que para as goiabas com os demais revestimentos foram obtidos valores intermediários para as médias da acidez titulável. Soares et al. (2011) também verificaram valores mais elevados para a acidez titulável na polpa de goiabas 'Pedro Sato' do tratamento controle, em relação àquelas revestidas com filme de amido e quitosana 1,5%, após 12 dias de armazenamento a 22 °C.

Os maiores teores de carotenóides totais, após quatro dias sob refrigeração + três dias em temperatura ambiente, foram observados nas goiabas revestidas com AM e ALG (Quadro 6). Após 15 dias (onze dias sob refrigeração + quatro dias em temperatura ambiente), os teores nas goiabas revestidas com AM ou com ALG foram superiores àqueles observados nas goiabas revestidas com CMC. Após 22 dias (dezoito dias sob refrigeração + quatro dias em temperatura ambiente), não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Para as goiabas armazenadas por 25 dias à 10 °C, seguidos de mais três dias em condição ambiente, os maiores teores foram observados nas goiabas sem revestimento e revestidas com filmes à base de CMC e os menores naquelas revestidas com ALG (Quadro 6). Nas goiabas revestidas com AM, foram encontrados valores intermediários. No período mais curto de armazenamento, foram observados maiores teores de carotenóides totais nas goiabas revestidas em relação ao controle. Isto pode ser explicado pela barreira física que os revestimentos promovem. Os menores teores de carotenóides nas goiabas do controle correspondem ao fato de que os carotenóides, por possuírem alto grau de instauração, são susceptíveis a isomerização e oxidação e que as variações nestes dois processos podem ocorrer devido ao carotenoide estudado, sua matriz, condições de exposição à luz, temperatura e disponibilidade de oxigênio (Ferreira, 2001).

No Quadro 6, verifica-se que os teores totais de carotenóides não variaram nas goiabas revestidas com filmes AM e CMC ao longo do tempo. Nas goiabas sem revestimento, a tendência foi de incremento a partir do primeiro período, significativamente inferior (63% e 55%, respectivamente) ao valor encontrado aos 22

Quadro 5. Médias de acidez titulável da polpa de goiabas 'Pedro Sato', revestidas ou não, com filmes à base de amido, alginato e carboximetilcelulose (CMC).

Tratamento	Acidez total titulável (g.100 g ⁻¹)
Testemunha	0,5253 A
Amido	0,4763 B
Alginato	0,4797 AB
Carboximetilcelulose	0,5002 AB

* médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Quadro 6. Médias do teor de carotenóides totais em goiabas revestidas ou não com amido, alginato e carboximetilcelulose (CMC), armazenadas em diferentes períodos de refrigeração, seguido do período necessário para o amadurecimento.

Tratamento	Carotenóides totais (µg.100 g ⁻¹)			
	7 dias	15 dias	22 dias	27 dias
Testemunha	3830,55 Cb	7293,70 ABab	10292,88Aa	8491,69 Aa
Amido	8009,43 Aa	9545,23 Aa	8071,11 Aa	6793,48 ABa
Alginato	11078,40 Aa	8527,91 Aab	8312,69 Aab	5203,54 Bb
CMC	6676,52 Ba	6121,81 Ba	9034,99 Aa	8007,92 Aa

* médias seguidas de uma mesma letra, maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

e 27 dias. No caso das goiabas revestidas com ALG, houve diferença significativa entre aquelas armazenadas pelos períodos mais curtos (sete e 15 dias), em relação ao armazenamento prolongado por 27 dias.

O maior e o menor teor de licopeno, para o período de sete dias de armazenamento, foi observado em goiabas sem revestimento e revestidas com AM, respectivamente (Quadro 7). Nos demais períodos de armazenamento (11, 18 e 25 dias sob refrigeração, seguidos do período suficiente para amarelecimento de 50% das frutas), o teor de licopeno para as goiabas contendo revestimento AM apresentou resultados superiores aos demais tratamentos (Quadro 7).

Os teores de licopeno não variaram nas goiabas com revestimento à base de ALG e sem revestimento (Quadro 7). Naquelas revestidas com CMC houve diferença significativa entre aquelas armazenadas pelo período mais curto de tempo (maior teor) e aquelas armazenadas pelo período mais prolongado. O inverso foi observado para as goiabas com revestimento AM, com teores superiores aos 15 e 22 dias em relação ao período mais curto de 7 dias.

Nas goiabas do tratamento controle, observa-se a redução dos teores de licopeno ao longo do tempo de armazenamento. Isto é o que se espera tendo-se em mente que a cinética de degradação do licopeno é de pseudo primeira ordem, seguindo o modelo: $\ln C = \ln C_0 - k \times t \Leftrightarrow \ln (C/C_0) = -k \times t$ (Novais et al., 2016). Provavelmente, a aplicação de diferentes revestimentos neste trabalho altera este modelo por influência do tempo de armazenamento refrigerado e pela permeabilidade, característica de

cada material utilizado em suas composições.

O maior e o menor teor de β -caroteno, para o primeiro período de armazenamento, foram observados em goiabas revestidas com ALG e sem revestimento, respectivamente (Quadro 8). Após 15 dias, os teores observados nas goiabas sem revestimento aumentaram e se igualaram, estatisticamente, aos teores observados naquelas revestidas com AM e com ALG. Esses teores mantiveram-se superiores aos 22 dias somente naquelas sem revestimento e revestidas com AM. Ao final do período experimental, os maiores teores de β -caroteno foram observados naquelas revestidas com AM e ALG. Como mencionado anteriormente, a cinética de degradação de carotenoides pode ser alterada em função da matriz (no caso deste estudo é a mesma: goiaba 'Pedro Sato'), pela disponibilidade de oxigênio (variável de acordo com a aplicação ou não de revestimento e com o diferencial de permeabilidade entre revestimentos) e temperatura, que no caso deste estudo pode haver influência do tempo de exposição em diferentes períodos de armazenamento testados. No caso específico do β -caroteno, este pode ser convertido em epoxicarotenóides e apocarotenóides (Ferreira, 2001). Por outro lado, como o órgão é fisiologicamente ativo, os processos de síntese e degradação continuam ativos, explicando os incrementos e reduções de teores observados.

Observando-se conjuntamente os resultados nos três períodos de armazenamento mais prolongado, as goiabas revestidas com AM apresentaram os maiores teores de licopeno e de β -caroteno (Quadros 7 e 8).

Quadro 7. Médias do teor de licopeno em goiabas revestidas ou não com amido, alginato e carboximetilcelulose (CMC), armazenadas em diferentes períodos de refrigeração, seguido do período necessário para o amadurecimento.

Tratamento	Licopeno ($\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$)			
	7 dias	15 dias	22 dias	27 dias
Testemunha	3415,75 A a	3025,25 ABa	2477,75 Ba	1816,25 ABa
Amido	1633,75 C b	3902,25 A a	3756,75 A a	2350,75 A ab
Alginato	2201,75 BCa	2227,75 Ba	2736,75 Ba	2785,75 A a
CMC	3145,25 AB a	2277,75 Bab	2477,75 Bab	876,25 B b

* médias seguidas de uma mesma letra, maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Quadro 8. Médias do teor de β -caroteno em goiabas revestidas ou não com amido, alginato e carboximetilcelulose (CMC), armazenadas em diferentes períodos de refrigeração, seguido do período necessário para o amadurecimento.

Tratamento	β -caroteno ($\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$)			
	7 dias	15 dias	22 dias	27 dias
Testemunha	282,25 C b	1563,25 AB a	2465,00 A a	362,50 B b
Amido	991,75 B b	1928,75 A ab	2055,25 A a	987,75 A b
Alginato	1579,75 A a	1188,75 B a	1065,00 Ba	997,50 A a
CMC	802,25 B a	699,75 Ca	661,25 Ba	263,00 Ba

* médias seguidas de uma mesma letra, maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Além das questões relacionadas aos benefícios à saúde, os carotenoides, em geral, são associados à coloração de polpa e da casca, especialmente licopeno e β -caroteno, como estudado neste trabalho. Silva et al. (2012), estudando a associação do fungicida Prochloraz e diferentes concentrações de fécula de mandioca, verificaram que as goiabas ‘Pedro Sato’ revestidas nas maiores concentrações de fécula de mandioca (30 e 40 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) tiveram sua coloração original alterada de verde para amarelo. Essa alteração de cor ocorreu mais lentamente em relação aos demais tratamentos, durante 12 dias, e foi mensurada por meio do parâmetro instrumental ΔE . Este parâmetro mede a saturação e intensidade da cor definida pelos outros parâmetros de cor L^* , a^* e b^* , e é definida pela diferença entre a coloração medida após um período de tempo e a coloração inicial original.

Os resultados obtidos por Silva et al. (2012) confirmam o potencial de preservação dos pigmentos, medidos no presente trabalho, em goiabas ‘Pedro Sato’ revestidas com amido.

Não foram observadas diferenças para os teores de β -caroteno nas goiabas revestidas com ALG e CMC (Quadro 8). Naquelas revestidas com amido, os teores foram superiores aos 22 dias em relação àquelas armazenadas por 07 e 27 dias. Na testemunha, os maiores valores foram observados nos dois períodos intermediários de armazenamento.

CONCLUSÕES

- O uso de revestimentos comestíveis à base de amido e alginato foram eficientes em retardar

o amadurecimento em goiabas ‘Pedro Sato’ armazenadas por quatro dias sob refrigeração, seguidos de três dias em temperatura ambiente;

- Independentemente do tratamento aplicado, as goiabas ‘Pedro Sato’ alcançaram maiores teores de vitamina C após 22 dias, indicando que o armazenamento prolongado não reduz a qualidade nutricional da goiaba;
- Observando-se, conjuntamente, os resultados nos três períodos de armazenamento mais prolongado, goiabas revestidas com amido de mandioca apresentaram os maiores teores de licopeno e de β -caroteno;
- Como o licopeno possui ação antioxidante e o β -caroteno é o precursor da vitamina A no organismo humano, pode-se recomendar este revestimento para o armazenamento da goiaba ‘Pedro Sato’ e maior retenção destes importantes atributos nutricionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAYA-RODRIGUEZ, D.B.; KIMURA, M. HarvestPlus handbook for carotenoid analysis. Washington: IFPRI; Cali: CIAT, 2004. (HarvestPlus Technical Monographs Series, 2). 63p.

ARNON, H., ZAITSEVA Y., PORATB, R., POVERENOV, E. Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v.87, p.21-26, 2014.

ASHOOR, S.H., WOODROW, C.M., WELTY, J.

- Liquid chromatographic determination of ascorbic acid in foods. Journal of the Association of Official Analytical Chemists, v.67, n.1, p.78-80, January/February 1984.
- AOAC INTERNATIONAL. Official methods of analysis of AOAC International. William Horwitz (ed.), 18th ed. 3rd rev. Gaithersburg, MD, 2010.
- AZZOLINI, M., JACOMINO, A.P., BRON, I.U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádio de maturação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, n.2, p.139-145. 2004.
- BALDWIN, E.A., BURNS, J.K., KAZOKAS, W., BRECHT, J.K., HAGENMAIER, R.D., BENDER, R.J., PESIS, E. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. Postharvest Biology and Technology, v.17, p.215-226, 1999
- BULK, R.E.E, BABIKER, E.F.E., TINAY, A.H.E. Changes in chemical composition of guava fruits during development and ripening. Food Chemistry, v.59, Issue.3, p.395-399, 1997.
- COSTA, T.L.E., OLIVEIRA, T.A., SANTOS, F.K.G., AROUCHA, E.M.M., LEITE, R.H.L. Avaliação de coberturas comestíveis compostas por quitosana e argila no revestimento em tomates sob refrigeração pelo método dipping. Revista Verde, Mossoró – RN, v.7 (Edição Especial), n.5, p.12-19, dezembro 2012.
- FERREIRA, J.E.M. Cinética e fatores que influenciam na degradação de carotenoides em sistemas modelos e alimentos. 2001. 85f. Dissertação (mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2001.
- FORATO, L.A., ASSIS, O.B.G., BERNARDES FILHO, R. Revestimentos comestíveis protetores em Frutas e Hortaliças p.207-218. In: FERREIRA, M.D.(ed.). Tecnologias pós-colheita em Frutas e Hortaliças. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2011. 286p.
- GUILBERT, S. Technology and application of edible protective films. In: MATHLOUTHI, M. (ed.). Food packaging and preservation. New York: Elsevier Applied Science Publishers, 1986. p.371-395.
- JACOMINO, A.P., OJEDA, R.M., KLUGE, R.A., SCARPARE FILHO, J.A. Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. Revista Brasileira de Fruticultura, v.25, n.3, p.401-405. 2003.
- KESTER, J.J., FENNEMA, O.R. Edible films and coatings: a review. Food Technology, v.40, n.12, p.47-59, 1986.
- MANN, J. Secondary Metabolism. 2nd edition, Oxford: Oxford Science Publications, 1987. 390p.
- MELLO, J.S.R.E, CASTRO, I.M. Método alternativo para a determinação de açúcares utilizando coluna de troca iônica. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2., SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 3., Campinas, 1999, Campinas. Anais... Campinas: FEA/Unicamp, 2001. v.2, p.48.
- MOWLAH, G., ITOO, S. Guava (*Psidium Guajava* L.) sugar components and related enzymes at stages of fruit- development a ripening. Journal of Japanese Society of Food Science and Technology, Tokyo, v.29, n.8, p.472-476, 1982.
- NOVAIS, J.P., RODRIGUES, M.E., SÁ, S. Cinética da Degradação do Licopeno. In: NOVAIS, J.P., RODRIGUES, M.E., SÁ, S.. Efeito dos Conservantes na Degradação do Licopeno. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/cineticadegradacaolicopeno/overview>>. Acesso em: 13 mai. 2016.
- PACHECO, S. Preparo de padrões analíticos, estudo de estabilidade e parâmetros de validação para ensaio de carotenóides por cromatografia líquida. 2009. 106f. Dissertação (Mestrado em

Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

PEREIRA, T., CARLOS, L.A., OLIVEIRA, J.G., MONTEIRO, A.R. Características físicas e químicas de goiaba cv. cortibel (*Psidium guajava*) estocadas sob refrigeração em filmes x-tend. Alimentos e Nutrição, Araraquara v.16, n.1, p.11-16, 2005.

PEREIRA, M.E.C., SILVA, A.S., BISPO, A.S.R., SANTOS, D.B., SANTOS, S.B., SANTOS, V.J. Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.30, n.6, p.1116-1119, novembro/dezembro 2006.

RIBEIRO, V.G., ASSIS, J.S., SILVA, F.F., SIQUEIRA, P.P.X., VILARONGA, C.P.P. Armazenamento de goiabas 'Paluma' sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v.27, n.2, p.203-206, Agosto 2005.

RODHES, M.J.C. The maturation and ripening of fruits. In: THIMANN, K.V.; ADELMAN, R.C.; ROTH, G.S. Senescence in plants. Florida: CRC Press, 1980. cap.8, p.157-205.

SILVA, D.F.P., SALOMÃO, L.C.C., ZAMBOLIM,

L., ROCHA, A. Use of biofilm in the postharvest conservation of 'Pedro Sato' guava. Revista Ceres, Viçosa, v.59, n.3, p.305-312, maio/junho 2012.

SOARES, N.F.F., SILVA, D.F.P., CAMILLOTO, G.P., OLIVEIRA, C.P., PINHEIRO, N.M., MEDEIROS, E.A.A. Antimicrobial edible coating in post-harvest conservation of guava. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, Edição Especial, p.281-289, outubro 2011.

SRISVASTAVA, H.C., NARASIMHAN, P. Physiological studies during the growth and development of different varieties of guava (*Psidium guajava* L.). Journal of Horticultural Science, Ashford, v.48, p.97-104, 1967.

VALERO, D., DÍAZ-MULAA, H.M., ZAPATA, P.J., GUILLÉN, F., MARTÍNEZ-ROMERO, D., CASTILLO, S., SERRANO, M. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology, v.77, p.1-6, 2013.

ZHANG, D.L., QUANTICK, P.C. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. Postharvest Biology and Technology, v.12, p.195-202, 1997.