

REVESTIMENTO COMESTÍVEL À BASE DE GOMA XANTANA, COMPOSTOS LIPOFÍLICOS E/OU CLORETO DE CÁLCIO NA CONSERVAÇÃO DE MORANGOS¹

BIANCA SÁVIA FERREIRA LEITE², CAROLINE DELLINGHAUSEN BORGES³,
PATRÍCIA GONÇALVES BAPTISTA CARVALHO⁴, NEIDE BOTREL⁵

RESUMO – Objetivou-se com este estudo avaliar revestimentos comestíveis à base de goma xantana e glicerol, combinada a cloreto de cálcio, ácido oleico e/ou óleo essencial de hortelã-pimenta na conservação de morangos cv. Festival. Os morangos foram selecionados, lavados, sanitizados e, a seguir, submetidos a diferentes tratamentos de revestimentos à base de goma xantana acrescidos de glicerol, cloreto de cálcio, ácido oleico e/ou óleo essencial de hortelã-pimenta. Os frutos foram secos sob ventilação forçada a 4 °C, por 15 h, e, posteriormente, embalados em bandejas com tampa de Polietileno Tereftalato (PET) e armazenados a 4 °C, durante 12 dias. Foram realizadas análises de perda de massa, firmeza, luminosidade, tonalidade, pH, acidez, sólidos solúveis totais, antocianinas e a incidência de deterioração fúngica. Os diferentes revestimentos utilizados foram eficientes na conservação dos morangos. O tratamento com goma xantana e glicerol apresentou os melhores resultados, pois a influência do ácido oleico ou do óleo essencial de hortelã-pimenta, assim como do cloreto de cálcio, não foi significativa. O revestimento de goma xantana proporcionou redução da perda de massa, manutenção da firmeza, cor, pH, acidez, sólidos solúveis totais, antocianinas e não estimulou o crescimento fúngico. Desta forma, esta goma apresenta potencial para aplicação como revestimento em morangos, visando a maximizar a vida útil deste produto.

Termos de indexação: *Fragaria x ananassa* Duch., *Mentha piperita* L., ácido oleico, perda de massa, deterioração fúngica.

EDIBLE COATING BASED ON XANTHAN GUM, LIPOPHILIC COMPOUNDS AND/OR CALCIUM CHLORIDE IN THE STRAWBERRIES PRESERVATION

ABSTRACT – It was aimed with this study to evaluate the edible coating based on xanthan gum and glycerol, combined the calcium chloride, oleic acid and/or peppermint essential oil, in the preservation of strawberries cv. Festival. Strawberries were selected, washed, sanitized, and after the fruits were subjected to different xanthan based coating treatments containing glycerol, calcium chloride, oleic acid and/or peppermint essential oil. Fruits were dried under forced ventilation at 4 °C for 15 h and, after, packed in polyethylene terephthalate trays and stored at 4 °C for 12 days. Analyses of weight loss, firmness, color, pH, titratable acidity, total soluble solids, anthocyanin concentration and incidence of decay were realized. All coatings tested were efficient in maintaining fruit quality. The best treatment was xanthan gum and glycerol, since the addition of oleic acid, peppermint essential oil and calcium chloride was not significant. Xanthan gum coating provided reduction of weight loss, maintained firmness, color, pH, titratable acidity, total soluble solids and anthocyanin concentration and did not stimulate fungal growth. Thus, this gum has potential for application as a coating in strawberries cv. Festival to maximize the useful life of this product.

Index terms: *Fragaria x ananassa* Duch., *Mentha piperita* L., oleic acid, weight loss, fungal decay

¹(Trabalho 228-14). Recebido em: 02-09-2014. Aceito para publicação em: 16-03-2015.

²Química, Discente do Curso de Especialização em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Pelotas. E-mail: biancasavia@gmail.com

³Química de Alimentos; Doutorado em Biotecnologia Agrícola; Docente da Universidade Federal de Pelotas. E-mail: caroldellin@bol.com.br

⁴Engenheira Agrônoma, Doutorado em Ciências dos Alimentos, Pesquisadora da Embrapa Hortaliças. E-mail: neide.botrel@embrapa.br

⁵Bióloga, Doutorado em Biologia Molecular, Pesquisadora da Embrapa Hortaliças. E-mail: cpat@cnph.embrapa.br

INTRODUÇÃO

O morango é um fruto de clima temperado, com gosto e aroma agradáveis e textura suculenta, sendo por isso muito apreciado e valorizado (BERBARI et al., 1998). Entretanto, apresenta alta perecibilidade, sensibilidade ao dano mecânico, desenvolvimento fúngico, desidratação e perda de firmeza. Essas alterações causam redução na qualidade do fruto, diminuindo sua aceitação e limitando seu período de estocagem (BERBARI et al., 1998; COSTA, 2009). Assim, esse fruto deve ser armazenado sob refrigeração de 4 a 5 °C, o que pode estender a qualidade por apenas 6 a 7 dias (TANADA-PALMU; GROSSO, 2005).

Uma alternativa para auxiliar no controle das alterações pós-colheita do morango é o emprego de revestimentos, os quais têm sido estudados com objetivo de ampliar a vida útil de diversas frutas e hortaliças, promovendo a manutenção de sua qualidade por um período mais longo. No entanto, compostos de cálcio têm sido acrescentados com a finalidade de aumentar a firmeza e o controle do desenvolvimento fúngico (TANADA-PALMU; GROSSO, 2005; COSTA, 2009).

Revestimentos comestíveis são definidos como uma fina camada de material comestível, aplicados e formados diretamente na superfície do produto. São utilizados, entre outras funções, para inibir a migração da umidade, oxigênio, dióxido de carbono, aromas e lipídeos (KROCHTA; MULDER-JOHNSTON, 1997). Além disto, podem ser utilizados como carreadores de aditivos, como antioxidantes, antimicrobianos, entre outros.

Em morangos, a quitosana tem sido o principal polissacarídeo utilizado como revestimento (HAN et al., 2004; HERNÁNDEZ-MUÑOZ et al., 2006; VARGAS et al., 2006; CAMPANIELLO et al., 2008; HERNÁNDEZ-MUÑOZ et al., 2008; VU et al., 2011). Além desta, fécula de mandioca (HENRIQUE; CEREDA, 1999); mucilagem de cactus (DEL-VALLE et al., 2005); glúten (TANADA-PALMU; GROSSO, 2005); soro de leite (OLIVEIRA et al., 2008); alginato (FAN et al., 2009); amido e carragena (RIBEIRO et al., 2007) já foram avaliados.

A goma xantana é um polissacarídeo produzido por espécies de bactérias do gênero *Xanthomonas*, normalmente, *Xanthomonas campestris* pv *campestris*. É solúvel em água fria ou quente e apresenta estabilidade em relação à variação de temperatura, pH e força iônica. Essa goma tem sido utilizada em diversos produtos como um agente espessante e estabilizante (GARCÍA-OCHOA et

al., 2000). A goma xantana já foi utilizada como revestimento comestível em mamão (CORTEZ-VEJA et al., 2013), maçã (FREITAS et al., 2013), pêssego (PIZATO et al., 2013) e morangos (BORGES et al., 2013) minimamente processados; entretanto, os resultados são dependentes da fruta, assim como dos aditivos utilizados.

De acordo com Vu et al. (2011), normalmente, os revestimentos são à base de polissacarídeos ou proteínas, e estes atuam, principalmente, mantendo a umidade e estendendo a vida de prateleira. Entretanto, a natureza hidrofílica destes componentes limita sua capacidade de formar um revestimento com características desejáveis. A adição de materiais lipídicos ao revestimento hidrofílico pode, algumas vezes, melhorar as propriedades de barreira à umidade (AMARANTE; BANKS, 2001). Além disto, o ácido oleico (DAVIDSON et al., 1999; VARGAS et al., 2006) e o óleo essencial de hortelã-pimenta (PEREIRA et al., 2006; YADEGARINIA et al., 2006; SINGH et al., 2011) apresentam atividade antimicrobiana. Desta forma, objetivou-se com este estudo avaliar revestimentos comestíveis à base de goma xantana e glicerol combinada a cloreto de cálcio, ácido oleico e/ou óleo essencial de hortelã-pimenta na conservação de morangos cv. Festival.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados morangos (*Fragaria x ananassa* Duch.), cultivar Festival, adquiridos diretamente de um produtor de Brazlândia-DF. Os frutos foram transportados para o Laboratório de Ciências e Tecnologia de Alimentos – Embrapa Hortaliças (Gama-DF), onde foi realizado o processamento. Os morangos foram selecionados quanto à ausência de defeitos fisiológicos, tamanho e cor (>75% da superfície de coloração vermelha). A sépala e o pedicelo foram cortados, para seguir a lavagem e sanitização em solução de dicloroisocianurato de sódio 200 mg L⁻¹, por 15 minutos.

A goma xantana (Ziboxan RD) foi preparada por dissolução lenta em água destilada, à temperatura ambiente, sob agitação constante por 2 h; posteriormente, a solução foi submetida ao aquecimento por 20 minutos, a 60 °C. A solução foi armazenada sob refrigeração a 4 °C, por 24 h. No momento da utilização, foram adicionados o glicerol (Vetec), utilizado como plastificante, o ácido oleico (Synth) ou óleo essencial de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) (Laszlo), Tween 80 (Vetec) e cloreto de cálcio (River), sob vigorosa agitação, por 10 minutos, à temperatura ambiente.

Os revestimentos utilizados foram preparados em solução aquosa, constituindo os seguintes tratamentos:

Tratamento A: Controle (morango sem tratamento);

Tratamento B: glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v);

Tratamento C: glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), ácido oleico (0,5% v/v), Tween 80 (0,1% v/v);

Tratamento D: glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), óleo essencial de hortelã-pimenta (0,2% v/v), Tween 80 (0,1% v/v);

Tratamento E: glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), CaCl_2 (1% p/v);

Tratamento F: glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), ácido oleico (0,5% v/v), Tween 80 (0,1% v/v), CaCl_2 (1% p/v);

Tratamento G: glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), óleo essencial de hortelã-pimenta (0,2% v/v), Tween 80 (0,1% v/v), CaCl_2 (1% p/v).

Os frutos foram totalmente submersos nas soluções por um minuto e, em seguida, drenados por dois a três minutos, utilizando-se de telas de náilon para que o excesso de solução fosse eliminado. Os frutos foram secos, sob ventilação forçada, a 4 °C, por 15 h, e após, foram embalados em bandejas com tampa de Polietileno Tereftalato (PET), padronizando o número de frutos por embalagem e armazenados a 4 °C, durante 12 dias. Foram preparadas três bandejas para cada tratamento, em todos os tempos, contendo dez frutos por embalagem. As análises físico-químicas e a incidência de fungos foram realizadas no dia do processamento das amostras (dia 0) e após 3; 5; 7; 10 e 12 dias de armazenamento, e as análises de antocianinas foram realizadas nos tempos 0; 5 e 12 dias.

A incidência de fungos foi avaliada por inspeção visual, conforme Hernández-Muñoz et al. (2008). Os morangos que apresentaram qualquer sinal de desenvolvimento de micélio na superfície foram considerados deteriorados. Os resultados foram expressos como percentagem de morangos infectados.

A perda de massa foi obtida considerando-se a diferença entre o peso inicial do morango revestido e aquele obtido ao final de cada tempo de armazenamento, de acordo com a fórmula: Perda de massa = [(massa inicial – massa final)/(massa inicial)] x 100. Foram realizadas quatro repetições, e a média dos resultados foi expressa em porcentagem de perda de massa.

A análise de firmeza foi realizada utilizando-

se de penetrômetro manual com sonda de 5 mm. As medições foram realizadas em dois pontos, em lados opostos, na zona equatorial de quatro frutos, por repetição. Os resultados foram expressos em Newtons (N).

A cor foi determinada utilizando-se de colorímetro Minolta CR 400. No padrão *C.I.E L*a*b**, a coordenada L^* expressa o grau de luminosidade da cor medida ($L^* = 100 =$ branco; $L^* = 0 =$ preto). Os valores a^* e b^* foram utilizados para calcular o ângulo Hue, $^{\circ}h^* = \arctan(b^*/a^*)$. Foram realizadas duas leituras em lados opostos, na região equatorial de quatro frutos, por repetição.

A partir dos frutos homogeneizados, foram realizadas as análises de pH (SCHOTT), acidez titulável, utilizando titulador automático (SCHOTT), e os sólidos solúveis em refratômetro digital (Atago PAL- 1) (AOAC, 1995). Foram realizadas três repetições. A acidez foi expressa como percentual de ácido cítrico (%), e os sólidos solúveis, em °Brix.

Para a determinação do conteúdo de antocianinas totais, foi utilizada a metodologia proposta por Shin et al. (2007). A extração dos compostos antocianínicos foi feita com metanol a 0,5% HCl e, após, realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Biospectro) em 515 nm. Foram realizadas três repetições, e a média dos resultados, expressa em antocianinas totais ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$), em equivalentes de cianidina-3-glicosídeo.

Com exceção da deterioração fúngica, os demais resultados foram submetidos à análise de variância, e a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%, utilizando-se do programa SISVAR (FERREIRA, 1999). Para a descrição das variáveis em função dos períodos de armazenamento, foram realizadas análises de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apenas os morangos submetidos aos tratamentos E, F e G, no tempo de 12 dias, apresentaram crescimento visível de fungos, cerca de 3% para os tratamentos F e G e de 6% para o tratamento E.

A ação do sanitizante e as condições higiênicas adotadas durante o processo minimizaram a deterioração fúngica nos tratamentos A, B, C e D. A ação antimicrobiana do ácido oleico, assim como do óleo essencial de hortelã-pimenta, não ficou evidente, visto que também não se observou deterioração fúngica da amostra-controle. Entretanto, a adição de cloreto de cálcio aos revestimentos E, F e G estimulou o crescimento de fungos ao término

do armazenamento.

Diversos trabalhos têm demonstrado alta porcentagem de deterioração fúngica em morangos, em poucos dias de armazenamento. O fungo acinzentado, causado pelo *Botrytis cinerea*, é o patógeno pós-colheita de morango mais economicamente significativo (HERNÁNDEZ-MUÑOZ et al., 2008).

Diferentes comportamentos têm sido relatados sobre a influência do cálcio no crescimento de fungos em morangos revestidos. No estudo realizado por Han et al. (2004), a incidência de deterioração fúngica diminuiu significativamente nos morangos revestidos com quitosana adicionados de vitamina E ou lactato e gluconato de cálcio. O revestimento de quitosana adicionado de 0,2% de vitamina E mostrou os melhores resultados, pois, segundo os autores, a vitamina E sela a superfície da fruta, enquanto os sais de cálcio, por serem umectantes, absorvem e retêm a umidade, tornando a superfície do morango mais úmida, o que favorece o crescimento fúngico. Influência semelhante do cálcio foi observada neste trabalho.

Entretanto, no estudo realizado por Hernández-Muñoz et al. (2008), comportamento diferenciado sobre a influência do cálcio foi relatada. De acordo com seus resultados, os morangos revestidos com 1,5% de quitosana isoladamente e com 0,75% de gluconato de cálcio não apresentaram crescimento fúngico aparente. De acordo com os autores, a incorporação de cálcio promove a ligação entre as homogalacturanas, fortalecendo a parede celular e a lamela média, que é a responsável pela união das células, o que pode melhorar a resistência a enzimas produzidas por fungos patogênicos.

Além disto, diferentemente da goma xantana, a quitosana apresenta a capacidade de inibir o crescimento de alguns fungos em determinadas concentrações. De acordo com Vargas et al. (2006), todos os revestimentos constituídos de 1% de quitosana e diferentes concentrações de ácido oleico (1 a 4%) diminuíram a infecção por fungos, em relação à amostra não revestida. Estes resultados sugerem que o ácido oleico aumenta a propriedade antimicrobiana da quitosana.

Em relação à influência de óleos essenciais, Vu et al. (2011) observaram incidência de fungos superior aos obtidos neste estudo, com a utilização de revestimentos de quitosana modificada e óleo essencial de limoneno ou hortelã-pimenta, obtendo-se em 14 dias de armazenamento, 100% dos morangos deteriorados.

Houve aumento significativo da perda de massa dos morangos durante o armazenamento,

independentemente do tratamento aplicado (Tabela 1). Entretanto, ao término do armazenamento, as amostras de morangos revestidas, ou seja, submetidas aos tratamentos B, C, D, E, F e G, apresentaram perda significativamente inferior à amostra-controle (A). Este tratamento apresentou a maior perda de massa, 20,99%, após 12 dias de armazenamento. As amostras submetidas ao tratamento G apresentaram a menor perda, 6,88%, enquanto as submetidas ao tratamento D apresentaram a maior perda entre as amostras revestidas, 14,09%.

A adição de compostos lipídicos, ácido oleico ou óleo essencial de hortelã-pimenta, ao revestimento, não proporcionou uma redução significativa na perda de massa dos morangos, como era esperado. Em relação à adição do agente de firmeza cloreto de cálcio, apenas no tratamento G, a perda de massa foi significativamente inferior ao respectivo tratamento D, o qual não teve a adição deste componente.

Diversos autores que estudaram a influência, na perda de massa, de revestimentos à base de quitosana, aplicados a morangos, verificaram que o revestimento reduz a perda quando comparado com a amostra-controle. Entretanto, a influência da adição de compostos lipídicos e cálcio é controversa. Han et al. (2004) estudaram a influência da adição de vitamina E ou lactato e gluconato de cálcio ao revestimento de quitosana para reduzir a perda de peso de morangos armazenados a 2 °C, por 14 dias, e verificaram que não houve diferença significativa entre os revestimentos, alcançando aproximadamente entre 10 e 11% de perda ao término do armazenamento. Ribeiro et al. (2007), ao avaliarem diferentes revestimentos em morangos (amido, carragena e quitosana com e sem adição de cálcio) armazenados entre 0 e 5 °C, durante 6 dias, observaram que a menor perda de peso, próximo a 3%, foi obtida com quitosana e carragena, ambos com cloreto de cálcio. Já no estudo realizado por Hernández-Muñoz et al. (2008), com revestimento de morangos à base de quitosana e gluconato de cálcio, armazenados a 10 °C, por 7 dias, foi observado que, no final do período de armazenamento, os morangos não tratados apresentaram perda de 28,7%, enquanto as amostras revestidas com 1 e 1,5% de quitosana perderam 19,6 e 14,2%. Neste caso, a incorporação de cálcio não mostrou efeito significativo na redução da perda de peso dos morangos.

De acordo com a Tabela 1, não houve variação significativa nos valores de firmeza durante o armazenamento das amostras de morangos submetidos aos diferentes tratamentos. A influência do cloreto de cálcio não ficou evidente, visto que a

firmeza da amostra-controle e aquelas sem a adição de cálcio foram semelhantes aos tratamentos em que o cálcio foi adicionado.

Costa (2009) também não observou a influência do cálcio na firmeza de morangos revestidos com quitosana, cloreto de cálcio, ácido oleico e/ou ácido esteárico durante todo o período de armazenamento. Comportamento diferente foi observado por Hernández-Muñoz et al. (2008), em que a adição de gluconato de cálcio ao revestimento de quitosana aumentou os valores de firmeza. De acordo com os autores, a presença de íons cálcio exógeno proporciona o aumento da pectina ionicamente ligada, contribuindo para a adesão célula-célula e a estabilidade da parede celular. Além disto, a quitosana utilizada isoladamente também exerceu um efeito benéfico sobre a firmeza dos morangos. Já no estudo realizado por Vargas et al. (2006), em que morangos foram revestidos com quitosana e diferentes concentrações de ácido oleico, os parâmetros de firmeza avaliados diminuíram durante o armazenamento, sendo atribuído à senescência do tecido, decomposição da parede celular, bem como perda de água da amostra. Não foram observados benefícios significativos da aplicação do ácido oleico neste parâmetro.

Não houve influência significativa do tempo nos valores de luminosidade dos morangos (Tabela 1). Entretanto, em relação à tonalidade para os tratamentos A, F e G, pode-se observar redução significativa em função do tempo de armazenamento (Tabela 1). Ao término do armazenamento, não houve diferença significativa nos valores de luminosidade e tonalidade dos morangos submetidos aos diferentes revestimentos. O brilho esperado pela utilização do revestimento não foi visualizado, assim como a opacidade pela adição dos compostos lipídicos. A tonalidade permaneceu na faixa do vermelho.

A manutenção da luminosidade de morangos parece ser dependente do revestimento aplicado, pois comportamento semelhante foi obtido por Ribeiro et al. (2007) e por Costa (2009) e, distinto, por Vargas et al. (2006) e Hernández-Muñoz et al. (2008). Em relação à tonalidade, Han et al. (2004), Vargas et al. (2006) e Hernández-Muñoz et al. (2008) não observaram mudança significativa nos valores.

Houve variação significativa dos valores de pH e acidez durante o armazenamento da amostra-controle (Tabela 2). Nos demais tratamentos, incluindo os resultados de sólidos solúveis dos morangos, não houve influência do tempo. Em relação à influência do revestimento, ao término do armazenamento, não houve diferença significativa nos valores de pH, acidez e sólidos solúveis. Estes

resultados mostram que os diferentes revestimentos foram efetivos na conservação dos morangos.

Comportamento semelhante foi observado por Vargas et al. (2006) e por Ribeiro et al. (2007). Já no estudo realizado por Han et al. (2004), pode-se observar aumento significativo do pH e redução da acidez com o tempo de estocagem, demonstrando a senescência dos frutos.

A aplicação dos diferentes revestimentos à base de goma xantana não alterou significativamente a concentração de antocianina dos morangos, quando comparados com a amostra-controle, como também não houve alteração com o tempo de armazenamento de 12 dias (Tabela 3).

Comportamento diferente foi observado por Vargas et al. (2006), em que a adição do ácido oleico, em diferentes concentrações no revestimento de quitosana aplicado a morangos, provocou redução no conteúdo de antocianinas durante o armazenamento refrigerado, enquanto não foram observadas alterações significativas na amostra-controle. No trabalho de Costa (2009), com revestimento de morango à base de quitosana, foi observado que, ao final do armazenamento de 15 dias sob refrigeração, os frutos que foram revestidos com quitosana e cloreto de cálcio obtiveram maior concentração de antocianina que a amostra sem revestimento. Os frutos cobertos com quitosana e ácido ascórbico apresentaram redução significativa no conteúdo de antocianinas durante o armazenamento; entretanto, nos morangos cobertos com cloreto de cálcio e ácido ascórbico, a redução não foi significativa.

TABELA 1 – Perda de massa (%), firmeza (N), luminosidade e ângulo hue de morangos tratados com diferentes revestimentos à base de goma xantana, armazenados a 4 ± 1 °C por 12 dias.

Dias	Perda de massa (%)					
	Tratamento					
	Sem CaCl ₂		Com CaCl ₂		Com CaCl ₂	
	A (Controle)	B	D	E	F	G
3	5,85±0,69A	4,69±1,40A	4,78±1,31A	4,17±0,50A	3,27±1,42A	2,20±0,55A
5	8,70±1,56A	5,77±1,51A	6,85±2,08A	5,93±1,74A	4,68±1,96A	3,16±0,80A
7	12,45±2,55A	7,13±1,98B	8,77±2,80AB	7,19±2,45AB	6,27±2,01B	4,17±0,79B
10	17,79±4,52A	9,18±2,57B	11,91±3,71AB	9,43±3,09B	8,94±2,85B	5,86±0,98B
12	20,99±5,56A	10,38±2,89BC	14,09±4,57B	10,70±3,34BC	10,59±3,62BC	6,88±1,13C
	$y = 0,0489x^2 + 0,8785x + 3,6788$	$y = 0,0042x^2 + 0,5809x + 2,8563$	$y = 0,0062x^2 + 0,9368x + 1,9437$	$y = -0,0101x^2 + 0,8725x + 1,6898$	$y = 0,011x^2 + 0,6579x + 1,1627$	$y = 0,0042x^2 + 0,4624x + 0,7592$
	$R^2 = 0,9954$	$R^2 = 0,9989$	$R^2 = 0,9999$	$R^2 = 0,9988$	$R^2 = 0,9995$	$R^2 = 0,9996$
0	15,47±0,79AB	14,90±0,98AB	15,81±0,73A	12,45±1,48AB	14,21±1,71AB	12,00±0,61B
3	15,43±0,74AB	18,01±1,77A	17,11±0,37A	13,43±1,46B	14,45±2,85AB	16,33±2,15AB
5	15,15±1,34A	15,92±1,18A	16,75±1,14A	16,08±0,81A	15,88±1,98A	15,05±2,98A
7	16,86±1,11A	15,72±1,32A	16,90±1,38A	15,60±1,02A	15,49±1,38A	14,06±0,96A
10	13,47±1,56A	16,54±2,12A	16,17±1,10A	16,29±0,36A	14,59±1,42A	13,89±1,68A
12	15,72±1,84AB	17,54±2,44AB	18,86±1,80A	14,63±0,45B	16,25±0,37AB	16,86±1,57AB
	$y = -0,0073x^2 + 0,058x + 15,431$	$y = -0,0027x^2 + 0,1535x + 15,524$	$y = -0,0116x^2 - 0,0143x + 16,249$	$y = -0,0592x^2 + 1,071x + 11,087$	$y = -0,008x^2 + 0,2324x + 14,023$	$y = -0,017x^2 + 0,4446x + 12,667$
	$R^2 = 0,0464$	$R^2 = 0,1912$	$R^2 = 0,4287$	$R^2 = 0,8193$	$R^2 = 0,4151$	$R^2 = 0,2809$
	Luminosidade					
	Sem CaCl ₂		Com CaCl ₂		Com CaCl ₂	
	A (Controle)	B	D	E	F	G
0	34,13±1,12A	35,09±2,69A	34,95±0,48A	34,93±1,07A	33,57±1,96A	33,27±0,87A
3	35,2 ± 0,95A	34,19±2,42AB	35,72±1,90A	31,32±0,80B	34,29±2,08AB	34,79±0,94AB
5	34,32±0,35A	33,14±1,02A	33,99±2,80A	32,96±2,28A	33,24±1,89A	32,39±0,66A
7	33,59±0,67A	33,88±0,87A	32,41±0,67A	32,82±1,79A	35,20±0,55A	33,65±1,11A
10	32,25±1,23A	32,84±2,71A	32,54±0,99A	31,60±1,39A	32,00±1,55A	33,50±1,82A
12	34,08±1,58A	33,51±0,79A	33,05±2,32A	33,07±1,51A	32,76±0,92A	31,76±0,87A
	$y = -0,0002x^2 - 0,1143x + 34,76$	$y = 0,0223x^2 - 0,4563x + 35,53$	$y = 0,0136x^2 - 0,4333x + 35,961$	$y = 0,0449x^2 - 0,7564x + 35,155$	$y = -0,0296x^2 + 0,3058x + 33,324$	$y = -0,0239x^2 + 0,2236x + 33,242$
	$R^2 = 0,2837$	$R^2 = 0,7826$	$R^2 = 0,652$	$R^2 = 0,4821$	$R^2 = 0,3786$	$R^2 = 0,3693$

		Angulo hue					
0	38,39±0,89A	36,66±2,00A	35,19±0,91A	38,08±1,48A	34,83±0,22A	36,54±3,95A	35,59±1,91A
3	33,45±4,80A	35,69±3,34A	36,63±2,43A	38,29±2,30A	33,09±0,99A	35,14±1,57A	33,95±2,16A
5	34,30±1,14A	33,75±0,88A	33,86±1,37A	35,03±2,89A	33,74±0,91A	34,80±4,31A	31,64±1,12A
7	33,37±2,63A	35,02±1,67A	34,01±2,29A	32,62±2,06A	33,52±1,19A	34,52±1,16A	31,82±1,30A
10	34,25±1,47A	35,20±3,37A	33,95±2,77A	31,82±1,22A	31,68±2,77A	31,09±2,50A	33,02±3,16A
12	35,13±3,07A	34,73±2,15A	31,81±1,38A	33,35±2,08A	30,52±2,19A	31,30±2,67A	31,14±0,56A
$y = 0,0933x^2 - 1,5139x + 39,338$ $R^2 = 0,8482$		$y = 0,0335x^2 - 0,595x + 37,166$ $R^2 = 0,6034$	$y = -0,0242x^2 + 0,0557x + 35,483$ $R^2 = 0,6994$	$y = 0,0404x^2 - 1,113x + 40,1$ $R^2 = 0,7958$	$y = -0,0199x^2 - 0,0369x + 34,508$ $R^2 = 0,8803$	$y = -0,0162x^2 - 0,2417x + 36,731$ $R^2 = 0,9191$	$y = 0,0406x^2 - 0,8719x + 36,354$ $R^2 = 0,7559$

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05): A - Controle (morango sem tratamento); Tratamento B - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v); Tratamento C - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), ácido oleico (0,5% p/v), Tween 80 (0,1% v/v); Tratamento D - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), óleo essencial de hortelã-pimenta (0,2% v/v), Tween 80 (0,1% v/v); Tratamento E - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), CaCl₂ (1% p/v); Tratamento F - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), ácido oleico (0,5% v/v), Tween 80 (0,1% v/v), CaCl₂ (1% p/v); Tratamento G - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), óleo essencial de hortelã-pimenta (0,2% v/v), Tween 80 (0,1% v/v), CaCl₂ (1% p/v).

TABELA 2 – pH, acidez total (% de ácido cítrico) e sólidos solúveis totais (°Brix) de morangos tratados com diferentes revestimentos à base de goma xantana, armazenados a 4 ± 1 °C por 12 dias.

Dias	pH						
	A (Controle)		Sem CaCl ₂		Tratamento		
0	3,73±0,02AB	3,85±0,07A	3,85±0,06A	3,75±0,06AB	3,74±0,06AB	3,75±0,07AB	3,64±0,03B
3	3,74±0,04AB	3,75±0,11AB	3,72±0,07B	3,73±0,08B	3,90±0,13A	3,85±0,09AB	3,76±0,06AB
5	3,79±0,06AB	3,88±0,05A	3,79±0,05AB	3,82±0,07AB	3,70±0,03B	3,75±0,05AB	3,79±0,05AB
7	3,76±0,04AB	3,76±0,09AB	3,75±0,05AB	3,89±0,07A	3,78±0,06AB	3,72±0,04B	3,73±0,04AB
10	3,83±0,09A	3,79±0,07A	3,79±0,07A	3,80±0,01A	3,80±0,03A	3,82±0,06A	3,74±0,06A
12	3,88±0,02A	3,88±0,06A	3,87±0,04A	3,84±0,04A	3,82±0,09A	3,85±0,08A	3,77±0,03A
$y = 0,0009x^2 - 0,0008x + 3,7331$ $R^2 = 0,9092$		$y = 0,0018x^2 - 0,0233x + 3,8668$ $R^2 = 0,2399$	$y = 0,003x^2 - 0,039x + 3,8746$ $R^2 = 0,7389$	$y = -0,0012x^2 + 0,0252x + 3,7053$ $R^2 = 0,4936$	$y = 0,0002x^2 - 0,0003x + 3,7776$ $R^2 = 0,0334$	$y = 0,0012x^2 - 0,0116x + 3,7931$ $R^2 = 0,2733$	$y = -0,0018x^2 + 0,0317x + 3,6306$ $R^2 = 0,6066$
Acidez (% ácido cítrico)							
0	0,91±0,08A	0,81±0,07A	0,80±0,04A	0,82±0,02A	0,84±0,02A	0,90±0,08A	0,87±0,04A
3	0,95±0,10A	0,89±0,08A	0,90±0,04A	0,93±0,01A	0,81±0,10A	0,82±0,05A	0,87±0,06A
5	0,96±0,02A	0,87±0,08A	0,85±0,01A	0,86±0,01A	0,97±0,01A	0,90±0,07A	0,83±0,03A
7	0,92±0,03A	0,91±0,08A	0,91±0,10A	0,73±0,02B	0,88±0,09A	0,96±0,01A	0,83±0,02AB
10	0,83±0,09ABC	0,98±0,06A	0,80±0,07CB	0,78±0,04C	0,87±0,01ABC	0,83±0,04ABC	0,93±0,10AB
12	0,74±0,03A	0,84±0,04A	0,78±0,03A	0,86±0,09A	0,82±0,03A	0,75±0,10A	0,82±0,01A

	$y = -0,0032x^2 + 0,0312x + 0,8816$ $R^2 = 0,9971$	$y = -0,0021x^2 + 0,0356x + 0,7698$ $R^2 = 0,5205$	$y = -0,0027x^2 + 0,0348x + 0,7761$ $R^2 = 0,7333$	$y = 0,0006x^2 - 0,0131x + 0,8801$ $R^2 = 0,085$	$y = -0,0022x^2 + 0,0306x + 0,793$ $R^2 = 0,3605$	$y = -0,0024x^2 + 0,025x + 0,8409$ $R^2 = 0,5148$	$y = 0,0002x^2 - 0,0032x + 0,8683$ $R^2 = 0,0083$
	Sólidos solúveis (°Brix)						
0	6,87±0,93A	7,12±0,38A	7,13±0,76A	6,83±0,37A	7,68±0,66A	7,38±0,67A	6,94±0,45A
3	7,57±0,71AB	7,80±0,29AB	7,35±0,44AB	7,24±0,13AB	8,36±0,40A	6,93±0,38B	7,47±0,73AB
5	8,14±0,69A	7,50±0,20A	7,55±0,45A	7,55±0,86A	7,04±0,51A	7,23±0,37A	7,24±1,00A
7	7,41±0,90AB	7,36±0,38AB	6,75±0,26B	7,21±0,67AB	8,28±0,66A	7,61±0,94AB	7,25±0,19AB
10	7,51±0,38A	7,57±0,47A	7,16±0,89A	7,31±0,43A	7,61±0,38A	7,46±0,15A	7,58±0,36A
12	6,62±0,50A	7,52±0,47A	7,56±0,60A	7,34±0,44A	7,67±0,70A	6,86±0,74A	6,63±0,29A
	$y = -0,0294x^2 + 0,395x + 6,5172$ $R^2 = 0,7986$	$y = -0,0058x^2 + 0,099x + 7,1613$ $R^2 = 0,2776$	$y = 0,0081x^2 - 0,0999x + 7,3679$ $R^2 = 0,2921$	$y = -0,0085x^2 + 0,1516x + 6,7395$ $R^2 = 0,661$	$y = -0,0034x^2 + 0,0357x + 7,7475$ $R^2 = 0,0255$	$y = -0,0061x^2 + 0,0768x + 7,1065$ $R^2 = 0,1269$	$y = -0,0151x^2 + 0,2035x + 6,7525$ $R^2 = 0,504$

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05). A - Controle (morango sem tratamento); Tratamento B - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v); Tratamento C - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), ácido oleico (0,5% v/v); Tween 80 (0,1% v/v); Tratamento D - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), óleo essencial de hortelã-pimenta (0,2% v/v); Tween 80 (0,1% v/v); Tratamento E - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), CaCl₂ (1% p/v); Tratamento F - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), ácido oleico (0,5% v/v), Tween 80 (0,1% v/v); CaCl₂ (1% p/v); Tratamento G - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), óleo essencial de hortelã-pimenta (0,2% v/v), Tween 80 (0,1% v/v), CaCl₂ (1% p/v).

TABELA 3 – Valores de antocianina (mg 100 g⁻¹) em morangos tratados com diferentes revestimentos à base de goma xantana, armazenados a 4 ± 1 °C por 12 dias

Dias	Tratamento					
	A (Controle)	B	Sem CaCl ₂	D	E	Com CaCl ₂
0	17,93±0,79aA	15,40±3,23aA	18,86±0,25aA	16,50±0,37aA	18,85±0,92aA	19,61±1,49aA
5	20,56±1,69aA	20,20±1,12aA	22,16±0,92aA	19,26±2,22aA	18,30±1,36aA	18,53±2,30aA
12	23,00±1,74aA	19,76±2,00aA	22,10±0,90aA	21,33±1,43aA	21,16±2,45aA	19,00±1,28aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05). A - Controle (morango sem tratamento); Tratamento B - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v); Tratamento C - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), ácido oleico (0,5% v/v); Tween 80 (0,1% v/v); Tratamento D - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), óleo essencial de hortelã-pimenta (0,2% v/v); Tween 80 (0,1% v/v); Tratamento E - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), CaCl₂ (1% p/v); Tratamento F - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), ácido oleico (0,5% v/v), Tween 80 (0,1% v/v); CaCl₂ (1% p/v); Tratamento G - glicerol (1% v/v), goma xantana (0,5% p/v), óleo essencial de hortelã-pimenta (0,2% v/v), Tween 80 (0,1% v/v), CaCl₂ (1% p/v).

CONCLUSÃO

Os diferentes revestimentos utilizados neste trabalho são eficientes na conservação dos morangos. O tratamento com goma xantana e glicerol apresenta os melhores resultados, pois proporciona redução da perda de massa, manutenção da firmeza, cor, pH, acidez, sólidos solúveis, antocianinas e não estimula o crescimento fúngico. A goma apresenta potencial para aplicação como revestimento em morangos cultivar Festival, armazenados sob refrigeração a 4 °C, por 12 dias.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE, C.; BANKS, N.H. Postharvest physiology and quality of coated fruit and vegetables. In: JULES, J. **Horticultural reviews**. New York: John Wiley & Sons, 2001. v. 26, p. 161–238. (2)
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. Washington, 1995. 1094p. (2)
- BERBARI, S. A. G.; NOGUEIRA, J. N.; CAMPOS, S. D. S. Efeito de diferentes tratamentos pré-congelamento sobre a qualidade do morango var. Chandler congelado. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n. 1, p. 82-86, 1998. (1)
- BORGES, C. D.; MENDONÇA, C. R. B.; ZAMBIAZI, R. C.; NOGUEIRA, D.; SILVA, E. M. P.; PAIVA, F. F. Conservação de morangos com revestimentos à base de goma xantana e óleo essencial de sálvia. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1071-1083, 2013. (1)
- CAMPANIELLO, D.; BEVILACQUA, A.; SINIGAGLIA, M.; CORBO, M. R. Chitosan: Antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. **Food Microbiology**, Summit-Argo, v. 25, n. 8, p. 992–1000, 2008. (1)
- CORTEZ-VEJA, W. R.; PIOTROWICZ, I. B. B.; PRENTICE, C.; BORGES C. D. Conservação de mamão minimamente processado com uso de revestimento comestível à base de goma xantana. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p.1753-1764, 2013. (1)
- COSTA, C. S. **Coberturas à base de quitosana na qualidade pós-colheita de morango cv. Aromas**. 2009. 107 f. Tese (Doutor) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009. (4)
- DAVIDSON, W.S.; SAXENA, R.K.; GUPTA, R. The fungistatic action of oleic acid. **Current Science**, Balgalori, v. 76, n.8, p.1137–1139, 1999. (1)
- DEL-VALLE, V.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; GUARDA, A.; GALOTTO, M. J. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. **Food Chemistry**, Whiteknights, v. 91, n. 4, p.751–756, 2005. (1)
- FAN, Y.; XU, Y.; WANG, D.; ZHANG, L.; SUN, J.; ZHANG, B. Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria×ananassa*) preservation quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 1-2, p. 84–90, 2009. (1)
- FERREIRA, D. F. **Sistema de análise de variância (SISVAR)**. Versão 4.6. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. (2)
- FREITAS, I. R.; CORTEZ-VEJA, W. R.; PIZATO, S.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; BORGES, C. D. Xanthan gum as a carrier of preservative agents and calcium chloride applied on fresh-cut apple. **Journal Food Safety**, New Brunswick v.33, n.3, p. 229-238, 2013. (1)
- GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V.E.; CASAS, J. A.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: production, recovery and properties. **Biotechnology Advances**, Ontario, v. 18, n. 7, p. 549-579, 2000. (1)
- HAN, C.; ZHAO, Y.; LEONARD, S. W.; TRABER, M. G. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria × ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 33, n.1, p. 67–78, 2004. (1)
- HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria Ananassa Duch*) cv IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n. 2, p. 231-233, 1999. (1)

- HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; DEL VALLE, V.; VELEZ, D.; GAVARA, R. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. **Food Chemistry**, Whiteknights, v. 110, n. 2, p. 428–435, 2008. (1)
- HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; ÓCIO, M. J.; GAVARA, R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 3, p. 247–253, 2006. (1)
- KROCHTA, J. M.; MULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. **Food Technology**, Chicago, v. 51, n.2, p. 61-74, 1997. (1)
- OLIVEIRA, C. M.; SILVA, O. F.; SILVA, M. C.; RÉGIS, S. A.; CABRAL, L. M. C.; CENCI, S. A. Utilização do soro de leite bovino como revestimento protetor em morangos. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 26, n. 2, p. 187-196, 2008.
- PEREIRA, M. C.; VILELA, G. R.; COSTA, L. M. A. S.; SILVA, R. F.; FERNANDES, A. F.; FONSECA, E. W. N.; PICCOLI, R. H. Inibição do desenvolvimento fúngico através da utilização de óleos essenciais de condimentos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 731-738, 2006. (1)
- PIZATO, S.; CORTEZ-VEGA, W. R.; DE SOUZA, J. T. A.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; BORGES, C. D. Effects of different edible coatings in physical, chemical and microbiological characteristics of minimally processed peaches (*Prunus persica* (L.) Batsch). **Journal of Food Safety**, New Brunswick, v.33, n.1, p.30-39, 2013. (1)
- RIBEIRO, C.; VICENTE, A. A.; TEIXEIRA, J. A.; MIRANDA, C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 44, n.1, p. 63–70, 2007. (1)
- SHIN, Y.; LIU, R. H.; NOCK, J. F.; HOLIDAY, D.; WATKINS, C. B. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 45, n. 3, p. 349-357, 2007. (1)
- SINGH, R.; SHUSHNI, M. A.M.; BELKHEIR, A. Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. **Arabian Journal of Chemistry**, Riyadh, v.4, n.1, p.1-20, 2011. (1)
- TANADA-PALMU; P. S.; GROSSO, C. R. F. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 36, n. 2, p. 199–208, 2005. (1)
- VARGAS, M.; ALBORS, A.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 41, n. 2, p. 164–171, 2006. (1)
- VU, K. D.; HOLLINGSWORTH, R. G.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. **Food Research International**, Toronto, v. 44, n.1, p. 198–203, 2011. (1)
- YADEGARINIA, D.; GACHKAR, L.; REZAEI, M. B.; TAGHIZADEH, MASSOUD; ASTANEH, S. A.; RASOOLI, I. Biochemical activities of Iranian *Mentha piperita* L. and *Myrtus communis* L. essential oils. **Phytochemistry**, Washington, v. 67, n. 12, p. 1249–1255, 2006. (1)