

**APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO FILMOGÊNICO À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA E DE ÓLEO DE CRAVO-DA-ÍNDIA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE GOIABA ‘PEDRO SATO’**

Caroline Corrêa de Souza Coelho¹, Marcos José de Oliveira Fonseca², Antonio Gomes Soares³, Rodrigo da Silveira Campos⁴ & Otniel Freitas Silva⁵

1 - Engenheira agrônoma, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela UFRRJ/Seropédica-RJ, carolcsc@hotmail.com;

2 - Engenheiro agrônomo, Pesquisador da Embrapa, Laboratório de Fisiologia Pós-colheita, Rio de Janeiro, RJ, marcos.fonseca@embrapa.br,

3 - Químico, Pesquisador da Embrapa, Laboratório de Fisiologia Pós-colheita, Rio de Janeiro, RJ, antonio.gomes@embrapa.br,

4 - Engenheiro agrônomo, Analista da Embrapa, Laboratório de Fisiologia Pós-colheita, Rio de Janeiro, RJ, rodrigo.silveira@embrapa.br

5 - Engenheiro agrônomo, Pesquisador da Embrapa, Laboratório de micologia, Rio de Janeiro, RJ, otniel.freitas@embrapa.br

Palavras-chave:

antracnose
atmosfera modificada
Psidium guajava
qualidade pós-colheita

RESUMO

A goiaba é um fruto rico em zinco, fibras, vitamina A, vitamina C, vitamina E, ácido fólico e licopeno. Para se reduzir as perdas pós-colheita desta fruta, que é nutricionalmente considerada a “fruta completa”, neste trabalho foi avaliado o uso de revestimento filmogênico à base de amido de mandioca associado ou não a óleo essencial de cravo-da-índia sobre a qualidade e redução de perdas por antracnose em goiabas “Pedro Sato”. O revestimento à base de amido de mandioca permite a extensão da vida útil da goiaba em 3 dias, sob condição ambiente. O óleo de cravo-da-índia, associado ou não ao revestimento à base de amido, não aumenta a vida útil da goiaba, porém reduz a ocorrência de antracnose em goiabas ‘Pedro Sato’.

Keywords:

anthracnosis
modified atmosphere
Psidium guajava
post-harvest quality

APPLICATION OF CASSAVA STARCH COATING AND INDIAN CLOVE ESSENTIAL OIL IN POSTHARVEST CONSERVATION OF GUAVA ‘PEDRO SATO’**ABSTRACT**

Guava is a fruit rich in zinc, fiber, vitamin A, vitamin C, vitamin E, folic acid and lycopene. In order to reduce post-harvest losses, when the fruit is nutritionally considered a “complete fruit”, the objective of this study was to evaluate the use of a filmogenic coating based on cassava starch with and without Indian-clove essential oil to guarantee fruit quality and reduce losses caused by anthracnose in ‘Pedro Sato’ guavas. The cassava starch-based coating allowed shelf-life extension of 3 days, under environmental conditions. Indian-clove essential oil, associated or not with starch-based coating, did not increase guava lifetime. However, this oil reduced the occurrence of anthracnose in ‘Pedro Sato’ guavas.

INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma importante cultura na fruticultura brasileira (Cerqueira *et al.*, 2011). No Brasil, o cultivo de goiabeiras concentra-se, principalmente, nas regiões Nordeste e Sudeste, as quais apresentaram em 2015, a maior produção nacional, com cerca 207,17 e 179,31 mil toneladas, respectivamente (Agoprensa, 2015). A goiaba apresenta excelente qualidade nutricional. É um fruto rico em zinco, fibras, vitamina C, vitamina E, ácido fólico (Choudhury *et al.*, 2001) e carotenoides, que são compostos que apresentam propriedade antioxidante, sendo que o licopeno representa cerca de 80% dos carotenóides do fruto (Morgado, 2010).

A expansão do mercado consumidor de goiaba *in natura* está condicionada à qualidade dos frutos e ao aumento da vida útil na pós-colheita (Cavalini *et al.*, 2015), visto que o fruto é altamente perecível devido a seu intenso metabolismo durante o amadurecimento impedindo o armazenamento por períodos prolongados (Azzolini *et al.*, 2004a; Siqueira *et al.*, 2014).

Recentemente, a procura de produtos feitos a partir de recursos renováveis e sustentáveis que são biodegradáveis tornou-se uma parte importante do esforço para reduzir o impacto da embalagem dos alimentos sobre o meio ambiente (Souza *et al.*, 2010), a fim de reduzir a quantidade de materiais sintéticos. Neste contexto, os revestimentos comestíveis baseados em polissacarídeos, lipídios e proteínas aparecem como potenciais substitutos de embalagens sintéticas, devido à sua disponibilidade abundante e renovável, de baixo custo, a natureza biodegradável e biocompatível (Souza *et al.*, 2009; Rhim *et al.*, 2013; Shankar & Rhim, 2016). Os revestimentos tem um papel decisivo na melhoria da vida de prateleira de alimentos, auxiliam no controle de transferência de umidade, gás, sabor e são portadores de compostos funcionais (Souza *et al.*, 2010; Cerqueira *et al.*, 2012).

A aplicação destas barreiras semipermeáveis tem aumentado a vida útil de vários frutos tropicais perecíveis como morango (Vu *et al.*, 2011), manga (Vieira *et al.*, 2009; Robles-Sánchez *et al.*, 2013), mamão (Narsaiah *et al.*, 2015) e goiaba (Soares *et*

al., 2011; Cerqueira *et al.*, 2011).

Os filmes comestíveis, além de regular as atividades metabólicas dos frutos, podem ser adicionados de ingredientes ativos que interagem com o produto, preservando a sua qualidade e segurança (Soares *et al.*, 2011; Acevedo-Fani *et al.*, 2015). Nos últimos anos, alguns trabalhos foram dedicados ao estudo de embalagens que possam preservar o alimento, assim como interagir com o produto, capazes de mudar as condições de acondicionamento e consequentemente aumentar a vida de prateleira, garantem segurança e mantém as propriedades sensoriais. Os revestimentos incorporados de aditivos quando em contato com a superfície do fruto liberam, de forma gradativa, o composto para a superfície do alimento, onde a maioria das reações químicas e microbiológicas ocorre (Soares *et al.*, 2006). A incorporação de óleos essenciais (OEs) à matriz polimérica torna-se uma alternativa no desenvolvimento de filmes ativos na proteção do alimento de interesse, proporcionando ação antimicrobiana e antioxidante.

O uso de OEs de plantas como agentes antimicrobianos naturais têm sido amplamente investigados e foi demonstrado que possuem atividades antimicrobiana (Bakkali *et al.*, 2008; Aguilar-González *et al.*, 2015). Entre os óleos essenciais, o de *Syzygium aromaticum*, conhecido popularmente por cravo-da-índia, é uma especiaria que possui forte atividade antimicrobiana contra uma ampla gama de microorganismos patogênicos (Ghosh *et al.*, 2012; Aguilar-González *et al.*, 2015). Tendo em vista a importância do desenvolvimento de novas formas de preservação de alimentos, que são eficientes, de baixo custo e fácil obtenção, antimicrobianos naturais constituem, atualmente, uma das áreas de pesquisa de interesse para a indústria de alimentos. Assim, o óleo essencial de *Syzygium aromaticum* em revestimentos comestíveis pode ser um material de embalagem adequado, ativo em termos de atividade antimicrobiana.

Dessa forma, no presente trabalho, objetivou-se avaliar o uso de revestimento comestível à base de amido de mandioca e óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), sobre a qualidade de goiabas “Pedro Sato” e a redução do crescimento micelial do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do experimento foram utilizados frutos da goiabeira “Pedro Sato”, colhidos em pomar comercial no município de Cachoeiras de Macacu, tradicional região produtora de goiabas no Estado do Rio de Janeiro. Os frutos foram colhidos no estágio 2 de maturação, cor da casca verde clara (Azzolini *et al.*, 2004^b) e fisiologicamente desenvolvidos. Após a colheita as goiabas foram embaladas em caixas de papelão e transportados para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Embrapa Agroindústria de Alimentos na cidade do Rio de Janeiro, RJ.

Os frutos foram selecionados, padronizados quanto à maturação e ausência de defeitos e doenças. Em seguida, foram submetidos à desinfecção por imersão em água clorada a 200 mg.kg⁻¹ de cloro ativo, por 15 min e, posteriormente, com água clorada a 50 mg.kg⁻¹, por 15 min, para retirada do excesso de cloro, utilizando-se o produto Sumaveg®. Após a desinfecção os frutos foram armazenados em bandejas de poliestireno expandido e secos em túnel de secagem, para que não se proporcionasse meio úmido para o desenvolvimento de fungos. Feito isso, foram submetidas aos seguintes tratamentos: T1- Aspersão de água destilada; T2- Aspersão de solução de amido de mandioca a 3,5% (m / v) + permanganato de potássio a 0,0135% (m / v) + propionato de cálcio a 0,0135% (m / v) + polietilenoglicol a 15% (m / m) + glicerol a 24% (m / m); T3- Aspersão de solução de amido de mandioca a 3,5% (m / v) + permanganato de potássio a 0,0135% (m / v) + propionato de cálcio a 0,0135% (m / v) + polietilenoglicol a 15% (m / m) + glicerol a 24% (m / m) + óleo essencial de cravo-da-índia 0,15% a (v / v); T4- Aspersão de óleo essencial de cravo-da-índia 0,15% a (v / v) + propionato de cálcio a 0,0135% (m / v).

Na primeira fase do experimento, após a aplicação dos tratamentos e secagem em condições ambiente para aderência dos revestimentos, os frutos foram individualizados em bandejas de poliestireno expandido e armazenados a temperatura ambiente a 25 °C, a 80-85% de UR por 10 dias, de modo que a eficiência dos tratamentos fosse avaliada na condição ideal de desenvolvimento dos principais patógenos da goiaba (Escanferla *et*

al., 2009; Palharini *et al.*, 2016). As características físicas e químicas de qualidade das goiabas foram avaliadas um dia após a colheita e aos quatro, sete e dez dias de armazenamento. As características avaliadas foram: a) Perda de massa fresca por gravimetria (%), determinada pela diferença entre a massa inicial e a massa ao final de cada período de armazenamento, dividindo-se pela massa inicial; b) Cor instrumental, utilizando-se colorímetro digital Minolta (CR-400) para leituras em dois pontos opostos de cada fruto. Com resultados expressos em valor L* e valor ΔE, em que L* indica a luminosidade que varia entre valor 0 (para uma amostra preta; mínima refletância) e 100 (amostra branca; máxima refletância), e ΔE indica a mudança de coloração; c) Firmeza, determinada por punctura em dois pontos opostos de cada fruto, utilizando-se penetrômetro de bancada TA. XT.plus - Texture analyses, ponteira 2 mm. O valor obtido foi expresso em Newtons (N); d) pH, obtido por potenciometria utilizando-se titulador automático 794 Basic Titrino - Methrom, segundo a ISO 1842 (ISO, 1991); e) Acidez total titulável (ATT), determinada pelo titulador automático 794 Basic Titrino - Methrom, com NaOH, até pH 8,1. Os resultados foram expressos em g. ácido cítrico. 100g⁻¹ de amostra (ISO 750, 1998); f) Sólidos solúveis totais (SST), obtido por refratometria, utilizando-se um Refrômetro digital Pal⁻¹, da Atago com resultados expressos em °Brix (ISO 2173, 1978); g) Relação SST/ATT (CHITARRA & CHITARRA, 2005); h) Açúcares totais, determinados segundo Macrae (1998), por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). A extração se deu em ultrassom e com acetonitrila, com resultados expressos em g.100g⁻¹ de amostra; i) Teor de licopeno e de β-caroteno por CLAE (Pacheco, 2009).

O delineamento experimental adotado na primeira fase do experimento foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a fonte de variação qualitativa dos tratamentos, nos dias 1, 4 e 7 após a colheita, quando houve disponibilidade de frutos dos quatro tratamentos. Para o dia 10 após a colheita, bastou o teste de F da análise para

constatação de diferença significativa entre os dois tratamentos remanescentes. Para a observação dos valores médios das características estudadas ao longo do tempo, adotou-se a estatística descritiva, realizando-se a ligação entre os pontos médios obtidos para cada tratamento, nos dias de avaliação (1, 4, 7 e 10 dias após a colheita).

Na segunda fase foi realizada a avaliação do crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*, *in vitro* e *in vivo*. Para realização dos testes, inicialmente foi realizado a obtenção de isolados de *Colletotrichum gloeosporioides* a partir de frutos no estágio 3 de maturação (cor da casca verde amarela) (Azzolini *et al.*, 2004^b). Desta forma, após sanitização, os frutos foram acondicionados individualmente em becker de vidro, contendo pedaço de algodão umedecido em água destilada com a finalidade de proporcionar um ambiente úmido favorável ao aparecimento das lesões quiescentes no fruto características de antracnose, sendo armazenados sob temperatura ambiente (25 ± 2 °C). Após sete dias, frutos com lesões bem desenvolvidas foram levados à câmara de fluxo laminar onde isolou-se o fungo por meio da raspagem da estrutura fúngica de mucilagem alaranjada. Esta estrutura foi transferida com o auxílio de uma alça de platina para as placas de Petri de 90 mm, contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA).

Após o isolamento e identificação da espécie de fungo (gênero - pelas características microscópicas das colônias, após o preparo de microcultivos em lâminas), as placas de Petri contendo os isolados foram incubadas em B.O.D. a 25 °C sem controle de umidade relativa e de fotoperíodo e em ausência de luz, até o surgimento das estruturas reprodutivas dos fungos. Em seguida realizou-se a repicagem e a transferência dos isolados para a placa de Petri contendo meio BDA, que posteriormente foram incubadas nas mesmas condições adotadas na obtenção das estruturas reprodutivas dos fungos, a fim de se obter densa massa micelial e conidial.

O teste *in vitro* consistiu em extrair discos de micélio fúngico das culturas de *Colletotrichum gloeosporioides* com 5 dias, com furador de rolha (4 mm de diâmetro) devidamente esterilizado e aplicação do disco de micélio no centro de placas de Petri, após o preparo. As placas contendo somente o meio de cultura BDA foram inoculadas com discos de micélios e armazenadas na BOD por 24 h para iniciar o crescimento fúngico. Posteriormente, adicionou-se 5 mL das soluções

formadoras de filme apresentadas anteriormente na Tabela 1. A avaliação do experimento *in vitro* foi realizada diariamente por 5 dias para determinação do diâmetro de crescimento do fungo, utilizando-se paquímetro.

Para a realização do experimento *in vivo*, foi realizado inoculação dos discos de micélio fúngico de *Colletotrichum gloeosporioides* nos frutos. Sob fluxo laminar, em cada fruto foi feito duas perfurações com o furador de rolha de 4 mm de diâmetro, a uma profundidade de 2 mm, em pontos opostos. Posteriormente, discos de micélios foram inoculados nos pontos das perfurações superficiais. Após inoculadas, as goiabas, foram separadas em bandejas de poliestireno expandido e mantidas a 25 °C por 24 h. Após este período, os frutos foram submetidos aos tratamentos anteriores (T1, T2, T3 e T4), secados e armazenados em temperatura ambiente (25 ± 2 °C). Os frutos foram marcados em 4 pontos diametralmente opostos, com a finalidade de se medir o crescimento radial dos fungos, utilizando-se um paquímetro. A avaliação do experimento *in vivo* foi realizada aos 3 e 5 dias, a cada 48 h, com as medições ortogonais, para determinação dos diâmetros de crescimento dos fungos.

A velocidade do crescimento radial foi obtida pela declividade da regressão linear do raio das colônias em função do tempo de cultivo (Brand *et al.*, 2010). Como apresentado na equação 1.

$$r(t) = [(VCR \times t) + b] \quad (1)$$

em que,

VCR= velocidade de crescimento radial (mm h^{-1});

r = raio (mm) em função do tempo;

t = tempo (h); e

b = raio do objeto inoculador (mm).

Neste trabalho foi considerado o raio inicial da colônia de 2,00 mm, correspondente ao raio do furador de rolha utilizados como objeto inoculador.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 6 e 4 repetições para o teste *in vitro* e para o teste *in vivo*, respectivamente. Os dados obtidos foram interpretados por análise de variância e as médias da fonte de variação qualitativa dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Foi utilizada a estatística descritiva, com a plotagem e ligação dos pontos médios para velocidades de crescimento radial (VCR) *in vivo*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira fase do experimento onde avaliou-se a qualidade das goiabas “Pedro Sato” revestidas com filme comestível, não foram observados efeitos significativos para a interação tratamento X tempo, bem como para os efeitos isolados de tratamentos e de tempo, sobre a perda de massa fresca.

A vida útil pós-colheita dos frutos do tratamento controle (T1) e dos revestidos apenas com óleo de cravo-da-índia (T4) foi de 7 dias. Aqueles revestidos com amido de mandioca (T2 e T3) tiveram a vida útil estendida para 10 dias em condição ambiente. Dessa forma, as análises para os tratamentos T1 e T4 foram realizadas até o 7º dia de armazenamento, apresentando 9,08% e 8,76% de perda de massa, respectivamente. Neste período, os tratamentos T2 e T3 apresentaram 10,48% e 8,57% de perda de massa, respectivamente. Tais tratamentos foram avaliados até o 10º dia de armazenamento, apresentando 11,09% e 12,48% de perda de massa, respectivamente.

A perda de massa está diretamente relacionada com a qualidade do fruto, dessa forma, torna-se uma variável importante durante o armazenamento devido ao processo de transpiração (Azzolini *et al.*, 2004^a). A perda de água leva ao amolecimento dos tecidos, tornando os frutos mais suscetíveis às deteriorações e as alterações na cor e sabor. As propriedades hidrofílicas dos filmes de polissacarídeos constituem barreiras pouco efetivas à troca de água (Pinheiro *et al.*, 2010). Desta forma, era esperado que os recobrimentos tivessem pouca interferência nesta variável.

Cerqueira *et al.* (2011), por outro lado, ao testarem revestimentos proteicos e quitosana em goiabas “Kumagai”, armazenadas a 22°C, por oito dias, observaram que a perda de massa foi retardada. Ainda segundo o autor, concentrações mais elevadas de quitosana utilizada no preparo do revestimento, podem ser eficientes em minimizar a perda de massa causada pela transpiração dos frutos. Resultados semelhantes também foram encontrado por Soares *et al.* (2011) em goiabas revestidas com diferentes revestimentos, dentre eles, amido de mandioca, revestimento de amido de mandioca com ácido acético e revestimento de amido de mandioca com 1,0% e 1,5% de quitosana.

Também foi verificado que não houve efeitos significativos para a interação tratamento X tempo, bem como para os efeitos gerais de tratamentos e

de tempo, isoladamente, sobre as características de Firmeza de polpa, pH, sólidos, ATT, SST, SST/AT, frutose e glicose (Tabela 1).

Tabela 1. Teores médios de Firmeza (N), pH, acidez total titulável (g. ácido cítrico. 100g⁻¹ de amostra) sólidos solúveis totais (°Brix), relação SST/ATT, frutose e glicose (g. 100g⁻¹ de amostra) dos frutos de goiaba, de todos os tratamentos, armazenamento por 10 dias em condição ambiental

Parâmetros	Médias
Firmeza	3,65 ± 2,98
pH	4,28 ± 0,39
ATT	0,47 ± 0,04
SST	9,33 ± 0,70
SST / ATT	20,7 ± 2,18
Frutose	3,78 ± 0,58
Glicose	2,51 ± 0,55

*Valor médio ± desvio padrão.

Não foi detectada sacarose nas goiabas “Pedro Sato”. A ausência da sacarose nestes frutos nos diferentes estágios de amadurecimento pode ser explicada pela ação da invertase, enzima que atua na hidrólise da sacarose, transformando-a em açúcares de cadeia menor (Daood *et al.*, 1992).

O uso de revestimento teve influência significativa sobre a cor da casca e sobre os pigmentos da polpa. Para a luminosidade, os frutos revestidos (T2, T3 e T4) apresentaram menores valores ao longo do armazenamento, em relação ao controle, a partir do quarto dia após a aplicação dos tratamentos. No 4º dia de armazenamento, T1 e T4 apresentaram resultados semelhantes, assim como T2 e T3 que apresentaram menores valores L*. No 7º dia de armazenamento T2 diferiu significativamente do T1 e T4, apresentando menor valor L*, entretanto, T3 não diferiu dos demais tratamentos. Normalmente, os frutos ao amadurecer tornam-se mais lisos, aumentando o valor L*. Assim, pode-se dizer que o revestimento, qualquer que seja, retardou este processo (Figura 1).

A mudança de cor (ΔE) foi menor nos tratamentos que envolveram o uso de amido de mandioca, embora todos os revestimentos tenham tido o processo de mudança de coloração da casca, de verde para amarelo, reduzido em relação aos frutos do tratamento controle (Figura 2).

Resultados semelhantes foram encontrado

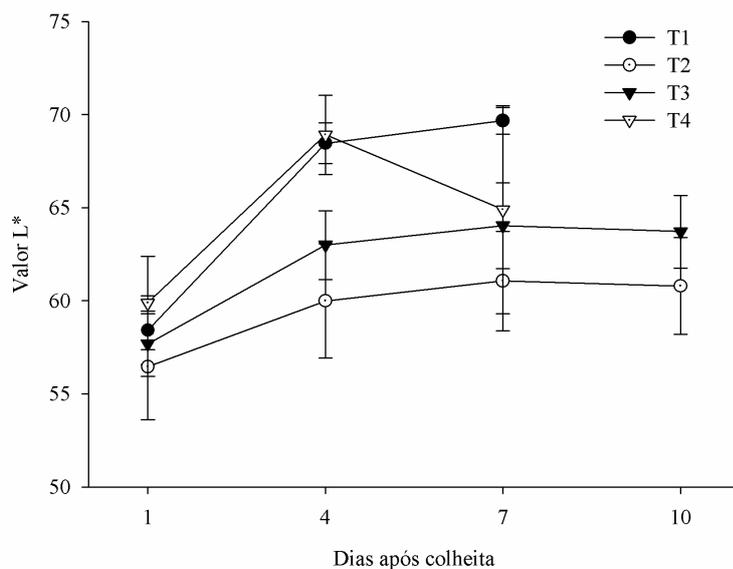


Figura 1. Análise do parâmetro L^* (luminosidade) de goiabas tratadas com diferentes soluções filmogênicas, armazenada a 25°C durante 10 dias. T1: Tratamento controle, goiaba aspergidas com água destilada; T2: goiaba aspergidas com solução a base de amido 3,5% (m / v); T3: goiaba aspergidas com solução a base de amido 3,5% (m / v) + óleo essencial de cravo-da-índia 0,15% (v / v); T4: goiaba aspergidas com propionato de cálcio 0,0135% (m / v) + óleo essencial de cravo-da-índia 0,15% (v / v).

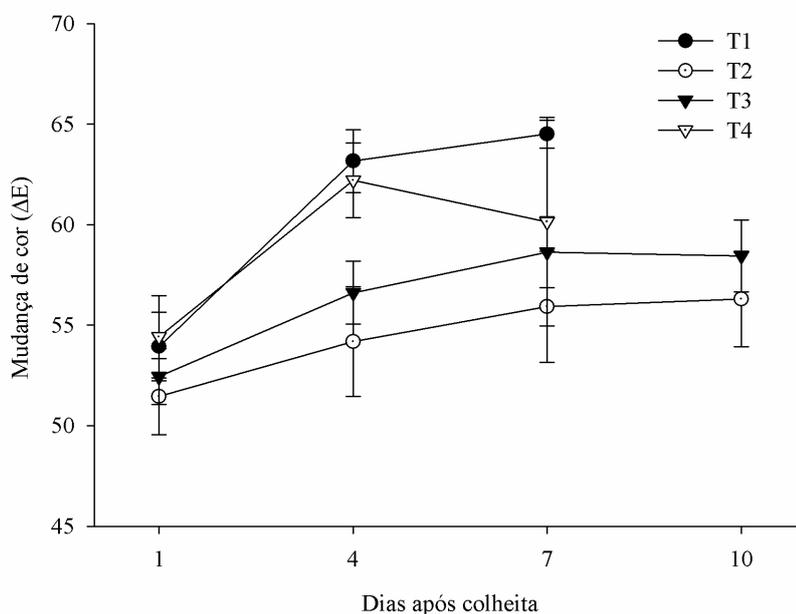


Figura 2. Análise do parâmetro ΔE (mudança de cor) de goiabas tratadas com diferentes soluções filmogênicas, armazenada a 25°C durante 10 dias. T1: Tratamento controle, goiabas aspergidas com água destilada; T2: goiabas aspergidas com solução a base de amido 3,5% (m / v); T3: goiabas aspergidas com solução a base de amido 3,5% (m / v) + óleo essencial de cravo-da-índia 0,15% (v / v); T4: goiabas aspergidas com propionato de cálcio 0,0135% (m / v) + Óleo essencial de cravo-da-Índia 0,15% (v / v).

por Soares *et al.*, (2011), os autores verificaram que goiabas revestidas com amido de mandioca, amido de mandioca com ácido acético e amido de mandioca com 1,0% e 1,5% de quitosana mantiveram a coloração da casca verde por 12 dias de armazenamento, enquanto que a coloração da casca do grupo de controle mudou de verde para amarelo em apenas 4 dias. Scanavaca *et al.* (2007), estudaram a mudança de coloração em manga revestidas com amido de mandioca e observaram que a aplicação do revestimento retardou a mudança da coloração dos frutos.

No tempo 4, T2 diferiu significativamente de T3 e T4, entretanto, T3 foi igual a todos os tratamentos. No tempo 7 T1 foi igual T4 assim como T2 não diferiu de T3, apresentando menores valores de β -caroteno. Desta forma, pode-se notar que os tratamentos com amido de mandioca (T2 e T3), adicionados ou não de óleo de cravo-da-índia, reduziram a síntese de β -caroteno, em relação ao

controle (Figura 3).

Os frutos revestidos apenas com o óleo de cravo-da-índia, apresentaram teores de licopeno semelhantes aos frutos do tratamento controle. Os tratamentos com amido de mandioca, com ou sem óleo de cravo-da-índia, inibiram o acúmulo de licopeno, em relação ao controle (Figura 4).

Os frutos revestidos apenas com o óleo de cravo-da-índia, apresentaram tendência de acúmulo semelhante aos frutos do tratamento controle. A redução da síntese de β -caroteno e de licopeno explica em parte o retardo da mudança de cor verificada pela medição instrumental anteriormente observada. Embora os teores tenham se elevado ao longo do tempo em todos os tratamentos, do ponto de vista nutricional, a redução da quantidade total de β -caroteno e de licopeno verificada não é interessante.

Na segunda fase experimental, constatou-se que a velocidade de crescimento radial (VCR) *in vitro*,

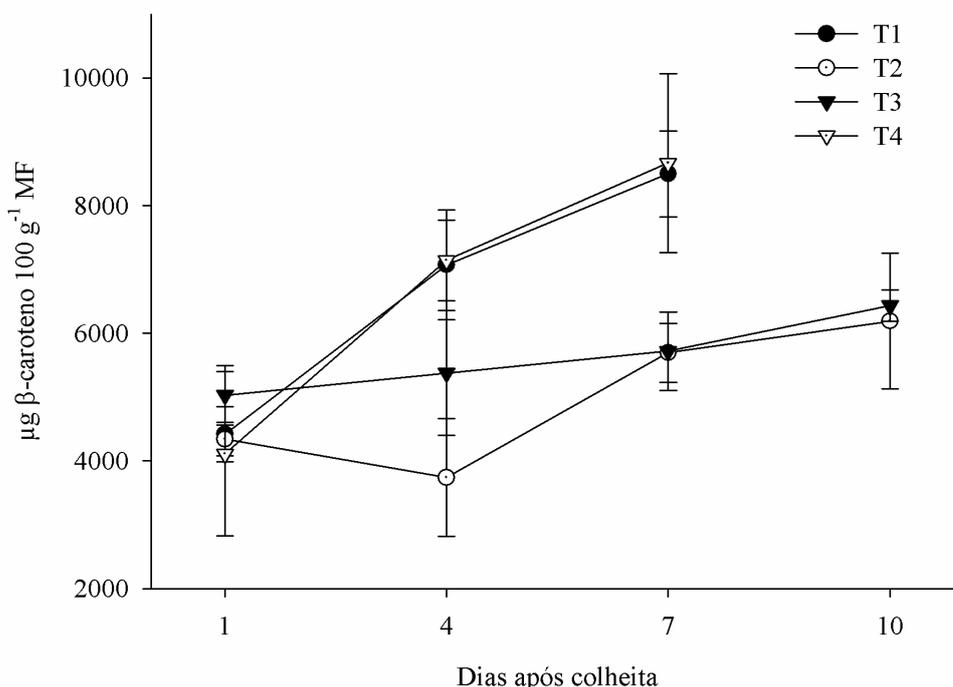


Figura 3. Análise do teor de β -caroteno ($\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de massa fresca) em goiabas tratadas com diferentes soluções filmogênicas, armazenada a 25°C durante 10 dias. T1: Tratamento controle, goiabas aspergidas com água destilada; T2: goiabas aspergidas com solução a base de amido 3,5% (m / v); T3: goiabas aspergidas com solução a base de amido 3,5% (m / v) + óleo essencial de cravo-da-índia 0,15% (v / v); T4: goiabas aspergidas com propionato de cálcio 0,0135% (m / v) + óleo essencial de cravo-da-índia 0,15% (v / v).

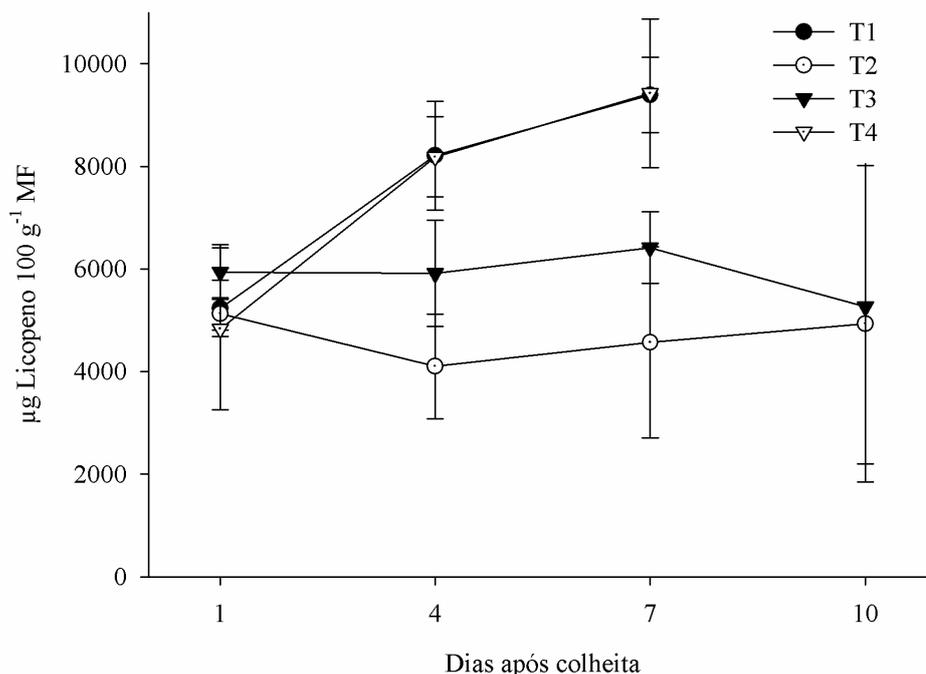


Figura 4. Análise do teor de licopeno ($\mu\text{g Licopeno } 100 \text{ g}^{-1}$ de massa fresca) em goiabas tratadas com diferentes soluções filmogênicas, armazenada a 25°C durante 10 dias. T1: Tratamento controle, goiabas aspergidas com água destilada; T2: goiabas aspergidas com solução a base de amido 3,5% (m / v); T3: goiabas aspergidas com solução a base de amido 3,5% (m / v) + óleo essencial de cravo-da-índia 0,15% (v / v); T4: goiabas aspergidas com propionato de cálcio 0,0135% (m / v) + óleo essencial de cravo-da-índia 0,15% (v / v).

não foi significativamente afetada pela interação tratamento X tempo e pela variável tempo, apresentando diferenças significativas apenas para o efeito isolado de tratamento. Na tabela 2, pode-se verificar que os revestimentos filmogênicos promoveram redução da VCR, em média, em relação ao tratamento controle, não diferindo significativamente entre si.

Tabela 2. Efeito *in vitro* de revestimentos filmogênicos adicionados de óleo essencial sob a velocidade de crescimento radial (mm h^{-1}) de *Colletotrichum gloeosporioides*

Tratamentos	VCR (mm h^{-1})
T1	0,16a
T2	0,09b
T3	0,07b
T4	0,07b

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A velocidade de crescimento radial *in vivo* foi menor nos tratamentos com óleo de cravo-da-índia, com ou sem amido de mandioca (T3 e T4, respectivamente), confirmando seu efeito inibidor sobre o desenvolvimento de lesões quiescentes no fruto característico de antracnose, apresentando estruturas fúngicas alaranjadas, causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Figura 5).

Resultados semelhantes foram encontrados por Serpa *et al.* (2014), os autores verificaram que revestimento de mangas “Palmer” por fécula de mandioca preparada com extrato de cravo-da-índia ou de canela não influenciou na maioria das características de pós-colheita avaliadas. Entretanto, o revestimento assim preparado reduziu a percentagem de fitopatógenos durante o armazenamento, sendo o extrato de cravo o mais eficiente. Desta forma, os resultados encontrados no trabalho confirmam que o óleo essencial de cravo-da-índia, apresentam efeito inibitório contra fungos como observado em outras bibliografias.

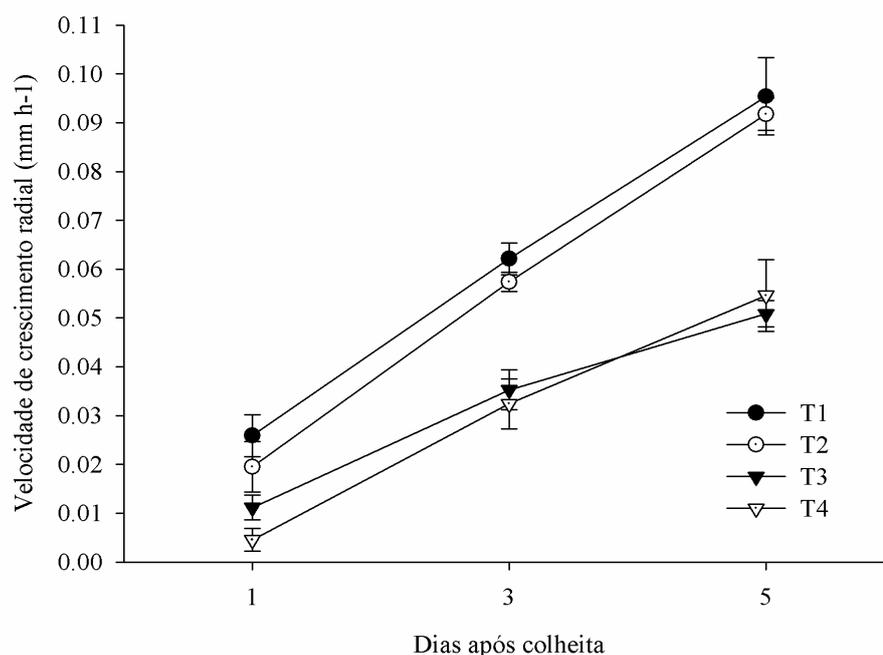


Figura 5. Estimativas de velocidade de crescimento radial (mm h^{-1}) de *Colletotrichum gloeosporioides*, na casca de goiabas “Pedro Sato”, armazenadas a 25°C durante 5 dias. T1: Tratamento controle, goiaba aspergidas com água destilada; T2: goiaba aspergidas com solução a base de amido 3,5% (m / v); T3: goiaba aspergidas com solução a base de amido 3,5% (m / v) + óleo essencial de cravo-da-índia 0,15% (v / v); T4: goiaba aspergidas com propionato de cálcio 0,0135% (m / v) + Óleo essencial de cravo-da-índia 0,15% (v / v).

Rosealka et al. (2010) observaram, por meio de microscópio eletrônico de transmissão, a desorganização celular e a degradação de conídeos de *Colletotrichum gloeosporioides* promovidos pela ação fungitóxica de diferentes óleos essenciais, dentre eles, óleo de cravo-da-Índia. Desta forma, este óleo essencial vem a contribuir no controle da antracnose em goiaba de forma sinérgica, quando combinado com o revestimento a base de amido de mandioca, por ser um fungicida natural.

CONCLUSÕES

- Os resultados encontrados neste estudo mostram que a aplicação de revestimento a base de amido com ou sem óleo essencial de cravo da índia, foi eficiente em prolongar a vida útil da goiaba em até 10 dias após a colheita em condição ambiente, assim como a aplicação do revestimento a base de amido retardou a mudança da coloração dos frutos.

Por outro lado, frutos tratados com óleo de cravo-da-índia, possibilitaram o acúmulo de licopeno e de β -caroteno da mesma forma que frutos não revestidos.

- Embora, o teste *in vitro* não tenha detectado diferenças significativas na velocidade de crescimento radial (VCR) do *Colletotrichum gloeosporioides* na casca das goiabas revestidas, os tratamentos de revestimento analisados tiveram a VCR reduzida em relação a dos frutos sem revestimento. Entretanto, no teste *in vivo* os revestimentos contendo o óleo de cravo-da-índia proporcionaram os melhores resultados pois reduziram significativamente a velocidade da evolução da antracnose.
- Assim, caso o objetivo seja a extensão da vida útil da goiaba pode-se recomendar o uso do revestimento filmogênico a base de amido de mandioca, na expectativa de aumento de 7 para 10 dias após a colheita. Por outro lado, caso o objetivo seja a redução da incidência de

antracnose, independentemente do aumento da vida útil, recomenda-se o uso do óleo de cravo-da-índia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-FANI, A.; SALVIA-TRUJILLO, L.; ROJAS-GRAÜ, M.A.; MARTÍN-BELLOSO, O. **Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and antimicrobial properties.** Food Hydrocolloids, v.47, p.168-177, 2015.

AGROPENSA. **Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa.** <<https://www.embrapa.br/agropensa/producao-agricola-municipal>> Acesso em: Outubro de 2017.

AGUILAR-GONZÁLEZ, A.E.; PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A. **Antifungal activity of essential oils of clove (*Syzygium aromaticum*) and/or mustard (*Brassica nigra*) in vapor phase against gray mold (*Botrytis cinerea*) in strawberries.** Innovative Food Science & Emerging Technologies, v.32, p.181-185, 2015.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A.P.; BRON, I.U. **Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, n.2, p.139-145, 2004a.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A.P.; SPOTO, M.H.F. **Estádios de maturação e qualidade pós-colheita de goiabas ‘Pedro Sato’.** Revista Brasileira de Fruticultura, v.26, n.1, p.29-31, 2004b.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. **Biological effects of essential oils - A review.** Food and Chemical Toxicology, v.46, n.2, p.446-475, 2008.

BRAND, D.; SOCCOL, C.R.; SABU, A.; ROUSSOS, S. **Production of fungal biological control agents through solid state fermentation: A case study on *Paecilomyces lilacinus* against root-knot nematodes.** Micologia Aplicada

Internacional, v.22, n.1, p.31-48, 2010.

CAVALINI, F.C.; JACOMINO, A.P.; TREVISAN, M.J.; MIGUEL, A.C.A. **Ponto de colheita e qualidade de goiabas ‘Kumagai’ e ‘Paluma’.** Revista Brasileira de Fruticultura, v.37, n.1, p.64-72, 2015.

CERQUEIRA, M.A.; SOUZA, B.W.S.; TEIXEIRA, J.A.; VICENTE, A.A. **Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharide films - A comparative study.** Food Hydrocolloids, v.27, p.175-184, 2012.

CERQUEIRA, T.S.; JACOMINO, A.P.; SASAKI, F.F.; ALLEONI, A. C. C. **Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana.** Bragantia, v.70, n.1, p.216-221, 2011.

CHITARRA, M.I.F & CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio.** 2ª ed. Lavras: UFLA, 2005, 685p.

CHOUDHRY, M.M.; COSTA, T.S.; ARAÚJO, J.L.P. **Goiaba: Pós-colheita.** Agronegócio da Goiaba. EMBRAPA Informação Tecnológica, (Frutas do Brasil, 19), 2001. 45p.

CRAVEIRO, A.A.; FERNANDES, A.G.; ANDRADE, C.H.S.; MATOS, F.J.A.; ALENCAR, J.W.; MACHADO, M.I.L. **Óleos essenciais de plantas do Nordeste.** 1ª ed. Fortaleza, edições UFC, 1981. 210p.

DAOOD, H.G.; BIACS, P.; CZINKOTAI, B.; HOSCHKE, A. **Chromatographic investigation of carotenoids, sugars and organic acids from *Diospyros kaki* fruits.** Food chemistry, v.45, n.2, p.151-155, 1992.

ESCANFERLA, M.E.; MORAES, S.R.G.; SALAROLI, R.B.; MASSILA, J.R. **Pre-penetration stages of *Guignardia psidii* in guava: effect of temperature, wetness duration and fruit age.** Journal of Phytopathology, v.157, n.10, p.618-624, 2009.

GHOSH, V.; MUKHERJEE, A.;

CHANDRASEKARAN, N. **Mustard oil microemulsion formulation and evaluation of bactericidal activity.** International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, v.4, n.4, p.497-500, 2012.

International Standard (1978) ISO 2173:1978. **Fruit and vegetable products determination of soluble solids content – Refractometric method.** 1nd edn.

International Standard (1991) ISO 1842:1991. **Fruit and vegetable products determination of pH.** 2nd edn.

International Standard (1998) ISO 750:1998 Fruit and vegetable products determination of titratable acidity. 2nd edn

MACRAE, R. **Food science and technology: a series of monographs: HPLC in food analysis.** 2 ed. New York: Academic Press, 1998. 77p.

MORGADO, C.M.A. **Qualidade e conservação pós-colheita de cultivares de goiaba: inteiras e minimamente processadas.** 2010. 84p. Dissertação (Mestrado em produção vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, 2010.

NARSAIAH, K.; ROBIN, A.W.; GOKUL, K.; MANDGE, H.M.; JHA, S.N.; BHADWAL, S.; MALIK, A.R.K.; VIJ, S. **Effect of bacteriocin-incorporated alginate coating on shelf-life of minimally processed papaya (*Carica papaya* L.).** Postharvest Biology and Technology, v.100, p.212-218, 2015.

PACHECO, S. **Preparo de padrões analíticos, estudo de estabilidade e parâmetros de validação para ensaio de carotenoides por cromatografia líquida.** 2009. 106p. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

Palharini, M.C.A.; Fischer, I.H.; Alves, A.R.O.F.; Fileti, M. S.; Nogueira Júnior, A.F. **Qualidade de goiabas ‘Pedro Sato’ em função de tratamentos**

alternativos em pós-colheita. Revista Brasileira de Fruticultura, v.38, n.1, p.129-140, 2016.

PINHEIRO, A.C.; CERQUEIRA, M.A.; SOUZA, B.W.S.; MARTINS, J.T.; TEIXEIRA, J.A.; VICENTE, A. A. **Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares.** Boletim de Biotecnologia, p.18-28, 2010.

RHIM, J.W.; PARK, H.M.; HA, C.S. **Bio-nanocomposites for food packaging applications.** Progress in Polymer Science, v.38, p.1629–1652, 2013.

ROBLES-SÁNCHEZ, R.M.; ROJAS-GRAÜ, M.A.; ODRIOZOLA-SERRANO, I.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.; MARTIN-BELLOSO, O. **Influence of alginate-based edible coating as carrier of anti-browning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes.** LWT - Food Science and Technology, v.50, p.240–246, 2013.

SERPA, M.F.P.; CASTRICINI, A.; MITSUBUZI, G.P.; MARTINS, R.N.; BATISTA, M.F.; ALMEIDA, T.H. **Conservação de manga com uso de fécula de mandioca preparada com extrato de cravo e canela.** Revista Ceres, v.61, n.6, p.975-982, 2014.

SHANKAR, S.; RHIM, J.W. **Preparation of nanocellulose from micro-crystalline cellulose: The effect on the performance and properties of agar-based compositefilms.** Carbohydrate Polymers, v.135, p.18–26, 2016.

SIQUEIRA, A.M.A.; SANTOS, S.M.; LIMA, B.S.; AFONSO, M.R.A.; COSTA, J.M.C. **Vida útil pós-colheita de goiaba cv. ‘Paluma’ submetida ao resfriamento rápido por ar forçado.** Revista Ciência Agronômica, v.45, n.1, p.45-51, 2014.

SOARES, N.F.F.; SILVA, D.F.P.; CAMILLOTO, G.P.; OLIVEIRA, C.P.; PINHEIRO, N.M.; MEDEIROS, E.A.A. **Uso de revestimento comestível e conservação pós-colheita de goiaba.** Revista Brasileira de Fruticultura, v.33, n.1, p.281-289, 2011.

Soares, N.F.F.; Pires, A.C.S.; Endo, É.; Vilela, M.A.P.; Silva, A.F.; Fontes, E.A.F.; MELO, N.R. **Desenvolvimento e avaliação de filme ativo na conservação de batata minimamente processada.** Revista Ceres, v.53, n.30, p.387-393, 2006.

SOUZA, B.W.S.; CERQUEIRA, M.A.; CASARIEGO, A.; LIMA, A.M.P.; TEIXEIRA, J.A.; VICENTE, A.A. **Effect of moderate electric fields in the permeation properties of chitosan coatings.** Food Hydrocolloids, v.23, p.2110-2115, 2009.

SOUZA, B.W.S.; CERQUEIRA, M.A.; MARTINS, J.T.; CASARIEGO, A.; TEIXEIRA, J.A.; VICENTE, A.A. **Influence of electric fields on the structure of chitosan edible coatings.**

Food Hydrocolloids, v.24, p.330-335, 2010.

SCANAVACA, J.L.; FONSECA, N.; PEREIRA, M.E.C. **Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga ‘Surpresa’.** Revista Brasileira de Fruticultura, v.29, n.1, p.67-71, 2007.

VIEIRA, E.L.; PEREIRA, M.E.C.; SANTOS, D.B.; LIMA, M.A.C. **Aplicação de biofilmes na qualidade da manga. ‘tommy atkins’.** Magistra, v.21, n.3, p.165-170, 2009.

VU, K.D.; HOLLINGSWORTH, R.G.; LEROUX, E.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. **Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries.** Food Research International, v.44, n.1, p.198-203, 2011.