

Revestimento de fécula de mandioca e óleo de cravo da Índia no controle da antracnose e na manutenção da qualidade do mamão



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

12 CONSUMO E
PRODUÇÃO
RESPONSÁVEIS



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
133**

**Revestimento de fécula de mandioca e óleo
de cravo da Índia no controle da antracnose
e na manutenção da qualidade do mamão**

*Daniele de Vasconcellos Santos Batista
Ronielli Cardoso Reis
Fabiana Fumi Sasaki Cerqueira
Franceli da Silva*

**Embrapa Mandioca e Fruticultura
Cruz das Almas, BA
2022**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Mandioca e Fruticultura
Rua Embrapa, s/nº, Caixa Postal 07
44380-000, Cruz das Almas, Bahia
Fone: 75 3312-8048
Fax: 75 3312-8097
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Mandioca e Fruticultura

Presidente
Francisco Ferraz Laranjeira

Secretário-Executivo
Maria da Conceição Pereira da Silva

Membros
*Ana Lúcia Borges, Áurea Fabiana Apolinário de
Albuquerque Gerum, Cinara Fernanda Garcia
Morales, Harllen Sandro Alves Silva, Herminio
Souza Rocha, Jailson Lopes Cruz, José
Eduardo Borges de Carvalho, Paulo Ernesto
Meissner Filho, Tatiana Góes Junghans*

Supervisão editorial
Francisco Ferraz Laranjeira

Revisão de texto
Alessandra Angelo

Normalização bibliográfica
Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
*Anapaula Rosário Lopes
Carlos Miguel Mascarenhas Carmo*

Fotos da capa
Daniele de Vasconcellos Santos Batista

1ª edição
Publicação digital: PDF (2022)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Revestimento de fécula de mandioca e óleo de cravo da índia no controle
da antracnose e na manutenção da qualidade do mamão. Daniele de
Vasconcellos Santos Batista... [et. al.]. – Cruz das Almas, BA :
Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2022.

30 p. il. ; 22 cm. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/ Embrapa
Mandioca e Fruticultura, 133).

ISSN 1809-5003.

1. Mamão 2. Fécula 3. Óleo vegetal I. Batista, Daniele de Vasconcellos
Santos II. Reis, Ronielli Cardoso III. Cerqueira, Fabiana Fumi Sasaki IV.
Silva, Franceli da. V.Título. VI. Série.

CDD 634.651

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	14
Conclusões.....	26
Referências	26

Revestimento de fécula de mandioca e óleo de cravo da índia no controle da antracnose e na manutenção da qualidade do mamão

Daniele de Vasconcellos Santos Batista¹

Ronielli Cardoso Reis²

Fabiana Fumi Sasaki Cerqueira³

Franceli da Silva⁴

Resumo – O objetivo desse estudo foi investigar o efeito do óleo essencial de cravo da índia (OEC) e da suspensão de fécula de mandioca (SFM) no controle da antracnose e na manutenção da qualidade do mamão. Mamões do grupo Solo, no estágio 1 de amadurecimento, foram inoculados com o fungo *Colletotrichum* spp., e imersos em dois revestimentos comestíveis: SFM e SFM+OEC. Mamões inoculados com o fungo e sem revestimento foram utilizados como controles. A concentração de OEC utilizada no revestimento foi definida a partir de testes *in vitro* e *in vivo* (em frutos). As lesões de antracnose foram medidas ao longo do amadurecimento dos frutos e as características físico-químicas e sensoriais foram avaliadas quando os frutos atingiram o estágio 5. Os dois revestimentos foram eficazes para controlar o crescimento fúngico e reduziram em aproximadamente 43% o tamanho da lesão quando comparados à testemunha. Entretanto, a adição de OEC não aumentou a eficácia do revestimento à base de fécula de mandioca. Os revestimentos não alteraram as características físico-químicas dos frutos. A maior preferência foi para os frutos sem revestimento e para os frutos revestidos somente com a fécula de mandioca.

Palavras-chave: *Carica papaya*. Óleo essencial. Atmosfera modificada. Pós-colheita. *Syzygium aromaticum*.

¹ Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências Agrárias, professora substituta da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

² Engenheira de Alimentos, doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Pesquisadora A da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

³ Engenheira-agrônoma, doutora em Fisiologia e Bioquímica de Plantas. Pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

⁴ Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Agrícola. Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

Cassava starch and clove essential oil coating in anthracnose control and papaya quality maintenance

Abstract – The aim of this study was to evaluate the effect of clove essential oil (OEC) and cassava starch suspension (SFM) over anthracnose control and maintenance of papaya quality. Papayas from the Solo group, at ripening stage 1, were inoculated with *Colletotrichum spp.*, and immersed in two edible coatings: SFM and SFM+OEC. Papayas without coating were used as a control. The concentration of OEC used in the coating was defined in vitro and in vivo tests (in fruits). Anthracnose lesions were measured during fruit ripening, and physical-chemical and sensory characteristics were evaluated at stage 5. The two coatings were effective in controlling fungal growth and reduced approximately 43% the lesion of anthracnose when compared to the control. However, the OEC did not increase the effectiveness of the cassava starch-based coating. The coatings did not change the physical-chemical characteristics of the fruits, and, from a sensory point of view, the fruits without coating and for the fruits coated only with cassava starch were the most accepted.

Keywords: *Carica papaya*. Essential oil. Modified atmosphere. Post harvest. *Syzygium aromaticum*

Introdução

O mamoeiro (*Carica papaya*) é uma cultura economicamente importante no Brasil e o sul da Bahia é uma das regiões de maior produção (Anuário, 2018). A antracnose, principal doença pós-colheita da cultura, é causada por *Colletotrichum* spp. que infecta os frutos, ainda no campo, e permanece quiescente até o mamão atingir a fase climatérica, quando então germinam e produzem estruturas de penetração, resultando em sintomas de manchas pretas de aspecto gelatinoso nos frutos (Boonruang et al., 2017; Lu et al., 2017; Tatagiba et al., 2002; Oliveira et al., 2000; Cia; Benato, 2005). Isso reduz a qualidade e, conseqüentemente, o valor comercial do mamão.

Os métodos de controle capazes de inibir ou retardar o desenvolvimento das doenças pós-colheita são importantes para prolongar a vida útil do mamão. O controle dessas doenças no mamão é altamente dependente de fungicidas e, devido ao potencial de toxicidade e os possíveis efeitos biológicos indesejáveis causados por essas substâncias (Hernandez-Montiel et al., 2018; Vilaplana et al., 2018; Wang et al., 2018), a busca por agentes antifúngicos naturais tem impulsionado estudos que gerem novas tecnologias que sejam eficazes, seguras e que reduzam o impacto ambiental (Leite; Stangarlin, 2008).

Pesquisas com óleos essenciais indicam que esses compostos são opções naturais, biodegradáveis, considerados eficazes e seguros, e que apresentam um amplo espectro de atividades fungicidas contra patógenos pós-colheita (Hasheminejad et al., 2019). Esses compostos agem alterando as estruturas celulares, levando à inibição do crescimento micelial e à morte dos microrganismos (Gonçalves et al., 2015; Oliveira et al., 2016).

Dentre os óleos essenciais, o óleo essencial do cravo (*Syzygium aromaticum*) tem ação antifúngica comprovada, a qual já foi relatada em diversos trabalhos científicos (Aguilar-González et al., 2015; Fialho et al., 2015; Mangany et al., 2015). O eugenol é o composto majoritário do óleo essencial do cravo (OEC) e apresenta expressiva atividade contra diversos microrganismos, a exemplo do *Phytophthora nicotianae*; *Trametes hirsuta*, *Schizophyllum commune* e *Pycnoporus sanguineus*; *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* e *Colletotrichum gloeosporioides* (Jing et al., 2017; Xie et al., 2015; Xie et al., 2017; Dantas et al., 2018).

Dantas et al. (2018) observaram que o OEC foi eficiente na inibição do crescimento micelial do *Colletotrichum gloeosporioides in vitro* e em frutos de mamão. Houve a redução da severidade da doença quando os frutos foram pulverizados com 3 mL.L⁻¹ desse óleo essencial, quando comparado aos frutos sem a adição do óleo. Ramos et al. (2016) avaliaram o efeito *in vitro* do OEC no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, e observaram uma ação fungicida quando empregado na concentração de 6,25%. Embora esses estudos tenham observado efeitos positivos do OEC no controle do *Colletotrichum* spp., os compostos ativos são voláteis, o que pode limitar o seu potencial antimicrobiano (Hasheminejad et al., 2019). Uma opção de potencializar o efeito antimicrobiano do OEC é por meio da sua incorporação a um revestimento comestível.

A fécula (amido) de mandioca (*Manihot esculenta*) é um polissacarídeo de baixo custo e que apresenta capacidade de formar filme, e é uma boa opção para ser utilizada como revestimento comestível. Além disso é um produto natural e que pode ser manipulado pelo homem sem riscos à saúde e prejuízos ao meio ambiente (Orzari et al., 2018).

De acordo com Grande-Tovar et al. (2018), a incorporação de óleos essenciais às matrizes poliméricas reduz a taxa de difusão dos óleos e aumenta a concentração dos compostos ativos que ficarão em contato com a superfície do alimento. Zillo et al. (2018) ressaltam que, por apresentarem aromas intensos e alto custo de produção, associar o óleo essencial a um revestimento reduz a quantidade utilizada e contribui para reduzir o aroma e os custos.

Porém, é imprescindível investigar se o uso de revestimentos comestíveis pode alterar as características físico-químicas e sensoriais do mamão, e desse modo avaliar se tais revestimentos atenderão aos requisitos de qualidade para a sua comercialização.

O objetivo dessa pesquisa foi investigar o potencial antifúngico do óleo essencial de cravo da Índia associado ao revestimento à base de fécula de mandioca, para o controle da antracnose e manutenção da qualidade do mamão.

Material e Métodos

O *Colletotricum* spp. foi isolado a partir de amostras de frutos com sintomas no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

1. Extração e identificação dos constituintes do óleo essencial de cravo da Índia (OEC)

Os botões florais do cravo da Índia foram provenientes do município de Valença, BA, e transportados ao laboratório de Fitoquímica na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. A exsiccata utilizada para a identificação da espécie encontra-se depositada no Herbário da UFRB, sob o número de registro Hurb 14874.

A extração do OEC foi realizada pelo método da hidrodestilação em aparelho Clevenger, conforme metodologia descrita em Santos et al. (2004). A composição química do óleo foi determinada por Cromatografia de Fase Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG/EM), conforme metodologia descrita em trabalho de Teles et al. (2012). A identificação dos constituintes em espectrometria de massas e do índice de Kovats foram conferidos ao índice Aritmético (Adams, 2007). Os resultados foram expressos em percentagem.

2. Inibição *in vitro* do crescimento micelial do *Colletotricum* spp. por OEC

O OEC foi previamente diluído em Tween 20® a 10% e adicionado ao meio de cultura BDA nas seguintes concentrações: 0 (controle); 150; 300; 450; 600; 750; 900 e 1.000 $\mu\text{L.L}^{-1}$. O tratamento com Tween 20® a 10% foi incluído para verificar seu efeito sobre o crescimento micelial do fungo. Um disco fúngico do patógeno após sete dias de cultivo, medindo 6 mm de diâmetro, foi transferido ao centro de cada placa de Petri e incubado em B.O.D. a 27 ± 1 °C sob fotoperíodo de 12 horas (12 horas claro / 12 horas escuro).

A avaliação do crescimento micelial foi realizada a cada dois dias, mensurando-se o diâmetro da colônia e finalizando-se a avaliação no momento em que a colônia do controle ocupou toda a superfície da placa. A Percentagem de Inibição do Crescimento Micelial (PICM) foi calculada por meio da fórmula descrita por Nascimento et al. (2013):

$$PICM = \frac{\text{diâmetro do micélio do controle} - \text{diâmetro do micélio do tratamento}}{\text{diâmetro do micélio do controle}} * 100$$

A avaliação de número de esporos de *Colletotrichum* spp. foi realizada conjuntamente no último dia de avaliação do crescimento micelial. Quatro discos de 6 mm foram retirados do centro de cada placa de Petri e transferidos a microtubos contendo 40 μL de lactoglicerol e 1 mL de água destilada autoclavada para interromper a esporulação. O número de esporos foi determinado por meio da contagem dos esporos em câmara de Neubauer, com auxílio do microscópio óptico, adaptado da metodologia descrita por Carvalho et al. (2008), e expresso como esporos.mL⁻¹.

3. Avaliação da concentração ótima do OEC para controle da antracnose em frutos

As concentrações de OEC a serem testadas nos frutos foram definidas a partir dos resultados obtidos no item 2. Nesta etapa foram utilizados mamões do grupo Solo, colhidos no estágio 1 de maturação. Os frutos foram inoculados por meio da sobreposição de discos de 7 mm de diâmetro de BDA contendo propágulos de *Colletotrichum* spp., sobre injúrias realizadas em quatro regiões equidistantes da epiderme do mamão, com agulha metálica hipodérmica previamente esterilizada. Os mamões foram incubados em câmara úmida por 24 horas, e então submetidos aos seguintes tratamentos com OEC: 0, 750, 1.250, 1.750, 2.250 e 2.750 $\mu\text{L.L}^{-1}$. Para dispersão do OEC empregou-se Tween 20® a 10%, que também foi aplicado aos frutos, sem a adição do OEC, a fim de verificar o seu efeito no controle da antracnose. Os tratamentos foram aplicados por meio da pulverização dessa mistura em toda a superfície dos frutos.

Os frutos permaneceram em temperatura ambiente (25 ± 2 °C e $70 \pm 5\%$ UR) até atingirem o estágio 5 de maturação, quando apresentam 75% ou mais da casca amarela (Figura 1). Os diâmetros das lesões foram medidos diariamente utilizando uma régua graduada. A concentração mais eficiente para o controle do fungo nos mamões foi selecionada para compor os revestimentos à base de fécula de mandioca.



Figura 1. Estádios de maturação de frutos de mamoeiro.

4. Aplicação dos revestimentos de fécula de mandioca

Preparou-se o revestimento à base de fécula de mandioca na concentração de 2,25%, por meio da dispersão da fécula em água destilada e aquecimento em “banho-maria” a 80 °C, com agitação constante, até a completa homogeneização da mistura.

Os frutos foram inoculados com *Colletotrichum* spp., incubados conforme descrito no item 3, e imersos em suspensão de fécula de mandioca (SFM) e em SFM adicionada de OEC, previamente diluído em Tween 20® a 10%, na concentração de 1.750 µL.L⁻¹ (SFM+OEC). Frutos inoculados com o fungo e sem revestimento foram utilizados como controles do experimento.

Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram dispostos em bandejas plásticas e armazenados à temperatura de ambiente (25 ± 2 °C e 70 ± 5% UR). O diâmetro das lesões foi medido diariamente, até os frutos atingirem o estágio 5 de maturação (75% ou mais da casca amarela).

5. Avaliação das características físico-químicas dos frutos tratados com SFM e OEC

Para as avaliações físico-químicas e sensoriais, os frutos não foram inoculados com o fungo, uma vez que o objetivo era verificar se os revestimentos poderiam alterar a qualidade dos frutos. Mamões no estágio 1 de maturação foram lavados em água corrente e sanitizados por imersão em solução com 50 mg.L^{-1} de cloro residual livre, expresso em Cl_2 , por um período de 15 minutos. Em seguida foram imersos nos revestimentos SFM e SFM+OEC. Frutos sem revestimento compuseram o controle.

Ao atingirem o estágio 5, os mamões foram descascados, tiveram as sementes removidas e a polpa de 10 frutos de cada tratamento foi triturada e homogeneizada formando uma amostra composta. Os seguintes parâmetros físico-químicos foram avaliados seguindo as metodologias descritas por Oliveira (2010): pH; acidez titulável (expressa em % ácido cítrico); sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), carotenoides totais (expresso em $\mu\text{g.g}^{-1}$) e vitamina C (mg.100 g^{-1}).

A extração dos carotenoides totais foi realizada utilizando acetona, seguida da partição em éter de petróleo, e a quantificação por meio da leitura em espectrofotômetro UV-Visível a 450 nm. O teor de vitamina C foi determinado por meio da reação do ácido ascórbico com o 2,6-diclorofenol indofenol (DCFI), com posterior detecção espectrofotométrica a 520 nm.

6. Avaliação sensorial dos frutos com os revestimentos

Antes da aplicação dos testes sensoriais o projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Multidisciplinar em Saúde da Universidade Federal da Bahia e registrado sob o número CAEE 23109213.9.0000.5556.

Participaram dos testes 33 julgadores não treinados, sendo todos consumidores de mamão. Os julgadores avaliaram primeiramente a aparência dos frutos inteiros e com a casca, simulando condição real de compra em supermercados. Nesta etapa os julgadores responderam o quanto gosta-

ram ou desgostaram da aparência dos frutos, por meio da escala hedônica de 9 pontos, com os termos variando de “desgostei muitíssimo” (1) a “gostei muitíssimo” (9) (Meilgaard et al., 2006).

Após essa etapa, os julgadores avaliaram a polpa dos frutos em cabines individuais. As amostras foram oferecidas com as dimensões de 4,0 x 2,5 x 2,0 cm, de forma monádica e sequencial. Nesta etapa, os julgadores avaliaram a aceitação global da polpa por meio da escala hedônica de nove pontos e a intensidade dos atributos: cor (muito clara/muito escura), aroma (fraco/forte), sabor (fraco/forte) e textura na boca (muito mole/muito dura). A intensidade dos atributos foi aferida utilizando a escala de intensidade estruturada de nove pontos conforme proposto por Meilgaard et al. (2006).

7. Análise dos dados

O ensaio *in vitro* foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições (placas de Petri) por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de regressão linear. Os testes com os óleos e com os revestimentos foram montados sob delineamento em blocos casualizados, com 10 frutos por tratamento e três colheitas/blocos.

Os dados referentes ao crescimento da lesão ao longo do tempo de amadurecimento foram analisados usando o modelo linear generalizado (GLM), seguido da análise de resíduos para checar a distribuição do erro e o ajuste do modelo. O modelo mínimo adequado foi obtido excluindo-se os termos não significativos ($p > 0,05$) do modelo global e os diferentes tratamentos foram comparados *a posteriori* por meio de contrastes (Crawley, 2002).

Os dados referentes às avaliações físico-químicas e sensoriais foram submetidos à análise de variância e para F significativo ($p < 0,05$) aplicou-se o teste de Tukey a 5% de significância. Calculou-se também os índices de aprovação sensorial com base na soma das notas de aceitação iguais ou superiores a 6.

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico R (R Core Team, 2018).

Resultados e Discussão

1. Caracterização do OEC

A análise qualitativa e quantitativa do OEC identificou 14 componentes pela CG/EM, sendo esses constituintes das classes dos terpenos, ésteres, cetonas e fenilpropanoide (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química do óleo essencial de cravo da Índia (*S. aromaticum*).

	Composição	Índice de Kovats	(%) ± DP*
1	limoneno	1032	0,14 ± 0,08
2	trans-beta-ocimeno	1051	0,03 ± 0,01
3	2-nonanone	1091	0,07 ± 0,01
4	linalol	1099	0,04 ± 0,02
5	acetato de benzila	1165	0,05 ± 0,01
6	salicilato de metila	1192	0,20 ± 0,02
7	beta-citral	1241	0,09 ± 0,01
8	chavicol	1254	0,17 ± 0,02
9	alpha-citral	1270	0,15 ± 0,01
10	eugenol	1362	83,09 ± 0,45
11	cariofileno	1421	1,82 ± 0,06
12	alpha-cariofileno	1455	0,25 ± 0,01
13	acetato de eugenol	1526	13,50 ± 0,49
14	óxido cariofileno	1583	0,20 ± 0,01
	Total		99,8%

*DP= desvio-padrão

Identificaram-se quantidades expressivas dos fenilpropanoides eugenol e acetato de eugenol, que juntos constituíram em 96,59% do total de componentes químicos do óleo. Entre os terpenos, o mais abundante foi o cariofileno e os demais componentes foram considerados minoritários.

Outros autores também relataram ser o eugenol o constituinte majoritário do OEC (Oliveira et al., 2009; Marya et al., 2012; Cortés-Rojas et al., 2014). Todavia, os demais componentes, encontrados em menor percentual, são tão importantes quanto, pois podem atuar em sinergismo ou antagonismo com outros compostos químicos. Vanin et al. (2014) observaram um melhor desempenho do OEC contra bactérias gram-positivas e negativas do que o acetato de eugenol isolado, indicando que o sinergismo entre todos os compostos presentes no OEC pode explicar esse resultado.

A hidrofobicidade dos fenilpropanoides permite que esses se dissolvam e acumulem na membrana celular do fungo, induzindo, desse modo, a sua desestabilização (Kfoury et al., 2016). De acordo com Mangany et al. (2015), a natureza lipofílica do eugenol permite a sua difusão entre as membranas celulares dos fungos, promovendo um efeito profundo tanto na permeabilidade como na fluidez das membranas celulares, resultando na ausência do ergosterol. O ergosterol é um componente lipídico da membrana celular dos fungos que é responsável diretamente pela estrutura, permeabilidade de substâncias e modulação da fluidez da membrana celular, bem como pela proteção da célula. A sua ausência pode alterar a permeabilidade da membrana plasmática, retardar o crescimento e possivelmente inibir a síntese da quitina), componente da parede celular (Loguercio-Leite et al., 2006). A composição química do óleo interage com o lipídeo da membrana celular e da mitocôndria, provocando a perda de ATP intracelular e íons de potássio, alterações nas hifas, perda dos constituintes celulares, lise dos esporos e deformação das micelas, resultando na desordem e morte celular (Costa et al. 2011; Rana et al., 2011; Cortés-Rojas et al., 2014; Rajesh, 2014; Sharma et al., 2017).

2. Inibição *in vitro* do OEC sobre o crescimento micelial e a produção de esporos

O OEC reduziu o crescimento micelial do *Colletotrichum* spp. à medida que houve aumento na concentração testada, com inibição expressiva a partir da concentração 750 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ (Figura 2). De acordo com o modelo ajustado a partir dessa concentração, 75% do crescimento micelial foi reduzido em comparação ao desenvolvimento da testemunha.

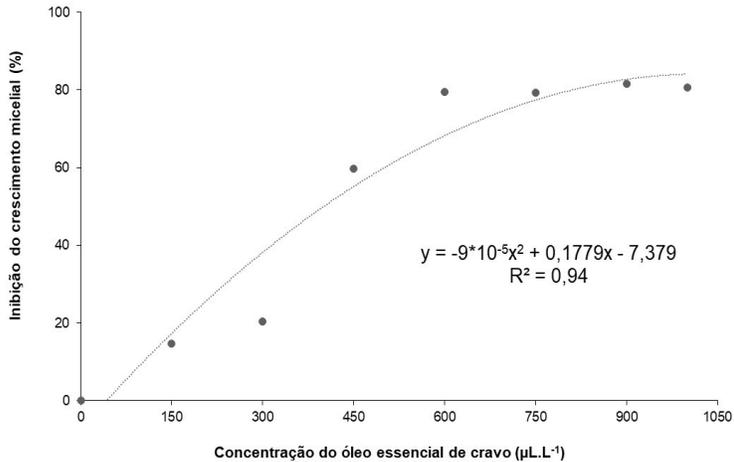


Figura 2. Inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum* spp. sob diferentes concentrações de OEC.

Verifica-se na Figura 3 o marcante efeito inibidor do OEC sobre o *Colletotrichum* spp. Após 12 dias de incubação.

Foto: Daniele de Vasconcelos Santos Batista

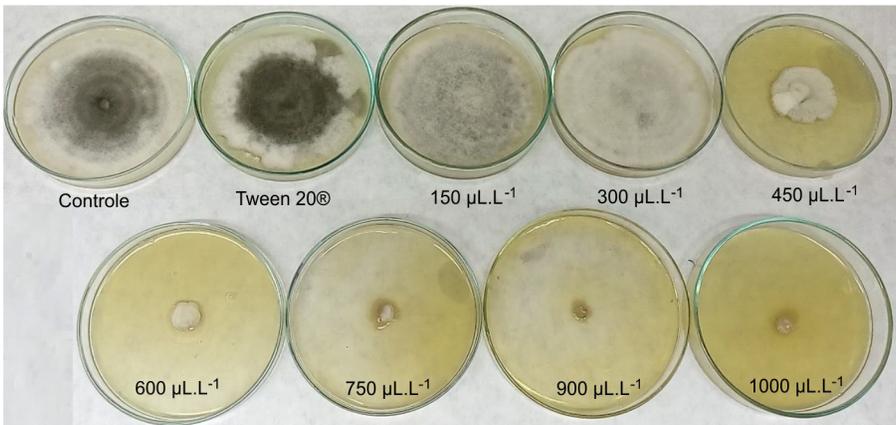


Figura 3. Crescimento micelial de *Colletotrichum* spp. após 12 dias de incubação sob diferentes concentrações de OEC.

Ramos et al. (2016) observaram maior inibição do crescimento micelial do *Colletotrichum gloeosporioides* com o aumento da concentração, resultado semelhante ao observado neste estudo. Outras pesquisas relatam o efeito do OEC na inibição do crescimento micelial de diferentes fungos: *Fusarium moniliforme* NCIM 1100, *Fusarium oxysporum* MTCC 284, *Aspergillus* sp., *Mucor* sp., *Trichophyton rubrum* e *Microsporum gypseum*; *Fusarium oxysporum* e *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (Mangany et al., 2015; Rana et al. 2011; Sharma et al., 2017). Em todos esses estudos o efeito antifúngico do OEC variou a depender da sua concentração e do microrganismo-alvo.

Em relação à produção de esporos, essa decresceu com o aumento da concentração do OEC e pelo modelo de regressão ajustado, a partir da concentração de $750 \mu\text{L.L}^{-1}$ ocorreu a inibição completa da esporulação do fungo (Figura 4).

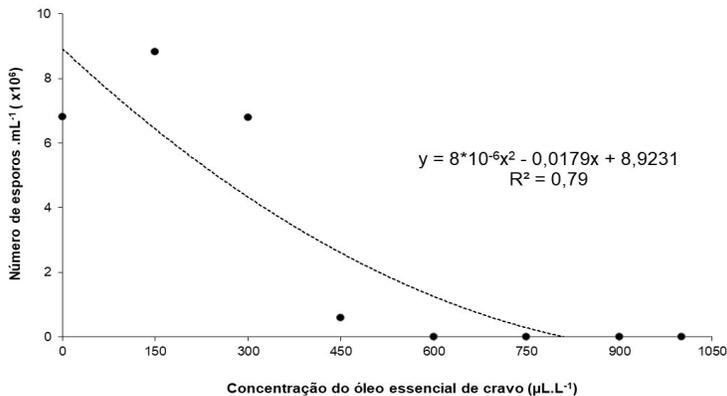


Figura 4. Produção de esporos de *Colletotrichum* spp. sob diferentes concentrações de OEC.

A redução na produção de esporos ocorre devido à composição química do OEC, que interage com o lipídeo da membrana e da mitocôndria do microrganismo, provocando a perda de ATP intracelular e de íons de potássio, alterações nas hifas, perda dos constituintes celulares, lise dos esporos e deformação das micelas, resultando na desordem e morte celular (Costa et al., 2011; Rana et al., 2011; Cortés-Rojas et al., 2014; Rajesh, 2014; Sharma et al., 2017).

3. Redução da severidade da antracnose em frutos de mamão pela aplicação de OEC

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as concentrações de OEC utilizadas em relação ao desenvolvimento da doença nos frutos. Ao comparar os modelos de regressão ajustados (Tabela 2), verificou-se que as concentrações de 1.750, 2.250 e 2.750 $\mu\text{L.L}^{-1}$ de OEC não diferiram entre si ($p > 0,05$) e foram as mais eficazes para controlar o crescimento das lesões nos frutos (Figura 5). No estágio 5 de maturação, a lesão média observada nos frutos submetidos a essas três concentrações foi de $0,32 \pm 0,03$ cm.

Tabela 2. Modelos de regressão ajustados para os dados de crescimento da lesão de antracnose em mamões ao longo do amadurecimento.

Tratamentos	Modelos de regressão ajustados	R ²
0 $\mu\text{L.L}^{-1}$	$y = 0,0346x^2 - 0,0506x + 0,0022$	0,98
750 $\mu\text{L.L}^{-1}$	$y = 0,0346x^2 - 0,0014x - 0,0882$	0,99
1250 $\mu\text{L.L}^{-1}$	$y = 0,0346x^2 - 0,0642x + 0,0258$	0,96
1750 $\mu\text{L.L}^{-1}$	$y = 0,0346x^2 - 0,1314x + 0,1140$	0,99
2250 $\mu\text{L.L}^{-1}$	$y = 0,0346x^2 - 0,1254x + 0,1160$	0,97
2750 $\mu\text{L.L}^{-1}$	$y = 0,0346x^2 - 0,1214x + 0,0999$	0,99
Tween 20 [®]	$y = 0,0346x^2 - 0,0354x - 0,0300$	0,99

As menores concentrações de OEC (750 e 1.250 $\mu\text{L.L}^{-1}$) não diferiram significativamente dos tratamentos controle (0 $\mu\text{L.L}^{-1}$) e do diluente Tween 20[®]. No estágio 5 de maturação, a média do diâmetro da lesão observada nesses frutos foi de $0,65 \pm 0,11$ cm, ou seja, o dobro do valor observado nos frutos tratados com as maiores concentrações de OEC.

A partir desses resultados selecionou-se a concentração de 1.750 $\mu\text{L.L}^{-1}$ de OEC para compor os revestimentos com a fécula de mandioca, por ser a menor concentração de OEC que foi eficaz para controlar o crescimento da lesão causada pelo *Colletotricum* spp. nos frutos.

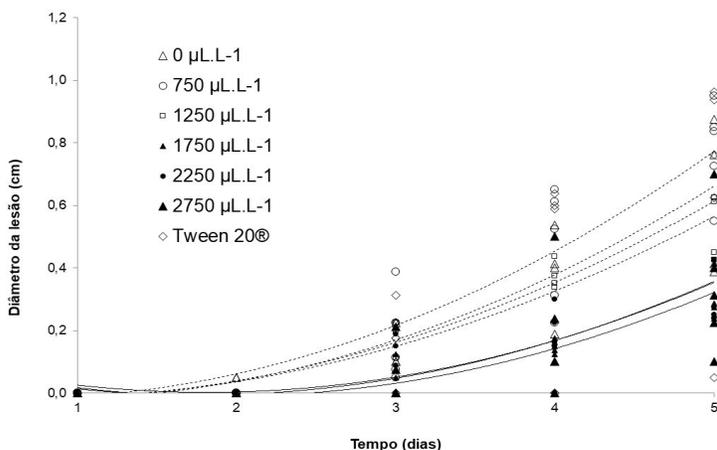


Figura 5. Crescimento da lesão de antracnose em mamões tratados com diferentes concentrações de OEC ao longo do amadurecimento.

4. Efeito dos revestimentos de fécula de mandioca e OEC no controle da antracnose

Houve diferença significativa entre os revestimentos no controle da antracnose e os modelos de regressão ajustados, para cada tratamento, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Modelos de regressão ajustados para os dados de crescimento da lesão de antracnose em mamões ao longo do amadurecimento

Tratamentos	Modelos de regressão ajustados	R ²
Sem revestimento	$y = 0,0567x^2 + 0,1056x + 0,0044$	0,96
SFM	$y = 0,0567x^2 - 0,0217x + 0,0550$	0,97
SFM+OEC	$y = 0,0567x^2 - 0,0194x + 0,0254$	0,99

Os revestimentos SFM e SFM+OEC não diferiram entre si e foram eficazes no controle do crescimento fúngico (Figura 6).

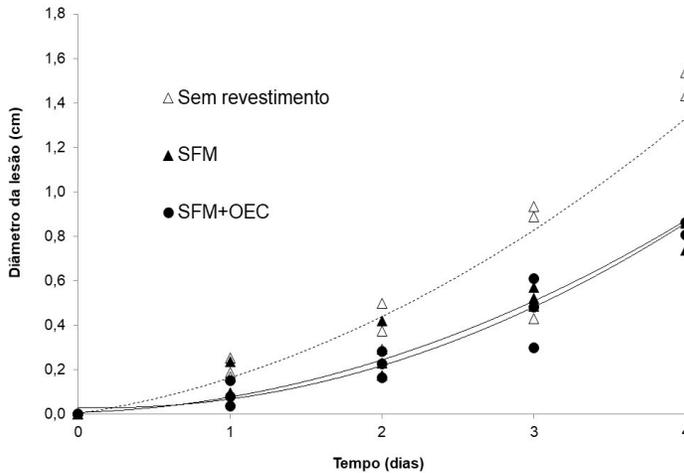


Figura 6. Crescimento da lesão de antracnose em mamões com os revestimentos ao longo do amadurecimento.

Na Figura 7 é possível observar as lesões nos frutos quando esses atingiram o estágio 5 de amadurecimento. Nesse estágio, o diâmetro médio das lesões nos frutos sem revestimento foi de $1,45 \pm 0,08$ cm, enquanto o diâmetro médio das lesões nos frutos com os dois revestimentos foi de $0,83 \pm 0,03$ cm. De acordo com os resultados, os dois revestimentos foram eficazes para controlar o crescimento fúngico, e reduziram em aproximadamente 44% o tamanho da lesão quando comparados aos frutos sem revestimento. Porém, diferente do que era esperado, o OEC não aumentou a eficácia do revestimento à base de fécula de mandioca, e, portanto, a SFM pode ser empregada sem a adição do OEC para o controle da antracnose em mamões.

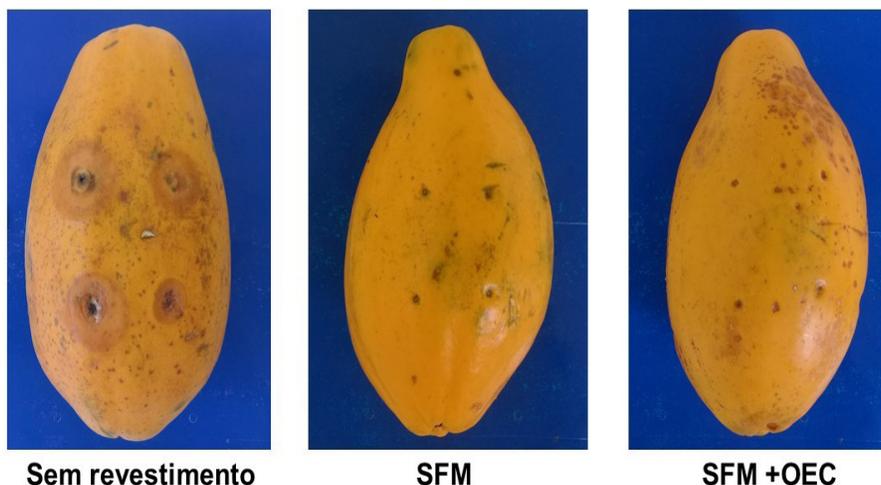


Figura 7. Lesões observadas nos frutos no estágio 5 de amadurecimento

Observou-se, portanto, que a fécula de mandioca inibiu o crescimento do fungo, apresentando um efeito fungistático. Isso ocorreu porque os polissacarídeos criam uma barreira física sobre a superfície do fruto, promovendo o aumento da concentração de CO_2 e a redução de O_2 (Chitarra; Chitarra, 2005). Essa modificação da atmosfera reduz o metabolismo dos frutos e também dos microrganismos.

Diversas pesquisas foram realizadas estudando a ação de óleos essenciais, associados ou não a revestimentos comestíveis, no controle de doenças pós-colheita (Maqbool et al., 2011; Bill et al., 2014; Serpa et al., 2014; Zillo et al., 2018). Os autores perceberam que, na maioria das vezes, a ação combinada de óleos essenciais com revestimentos comestíveis elevou o potencial antimicrobiano, contribuindo com a redução da incidência e da severidade da doença. No presente estudo não foi possível observar esse efeito, uma vez que a associação do OEC ao revestimento de fécula não resultou em maior eficácia no controle da antracnose.

5. Qualidade físico-química dos frutos com os revestimentos

Os revestimentos testados não alteraram significativamente as características físico-químicas dos frutos (Tabela 4). Esse resultado é positivo, uma vez que o ideal é que os tratamentos controlem o desenvolvimento do fungo, aumentem a vida útil pós-colheita, sem, no entanto, alterar as características naturais do fruto.

Esse resultado está de acordo com os relatados por Oliveira et al. (2015) que não observaram diferença entre os revestimentos com fécula de mandioca e sem revestimento para os parâmetros acidez e relação sólidos solúveis/acidez titulável em frutos de mamão. Entretanto, Pereira et al. (2006) e Pimentel et al. (2011) observaram que os mamões tratados com fécula de mandioca apresentaram o conteúdo de sólidos solúveis mais alto em relação aos frutos sem revestimento, o que não foi observado no presente trabalho.

Silva et al. (2014) não observaram diferença significativa nos teores de carotenoides e ácido ascórbico em mamões revestidos com alginato de sódio a 1%, que apresentaram valores de 23,69 μg de carotenoides g^{-1} e 55,50 mg de ácido ascórbico 100g^{-1} , valores próximos aos observados neste trabalho.

Embora os revestimentos não tenham alterado as características físico-químicas dos frutos, para selecionar o mais adequado deve-se considerar a opinião do consumidor. Atributos sensoriais como aparência dos frutos, cor, aroma, sabor e textura são parâmetros de qualidade que potencializam o valor de mercado do mamão fresco e por isso foram também avaliados.

Tabela 4. Parâmetros físico-químicos dos frutos de mamão submetidos a diferentes revestimentos comestíveis.

Parâmetros	Sem Revestimento	SFM	SFM+OEC	Média ²
pH ^{ns}	5,39 ± 0,18	5,64 ± 0,11	5,60 ± 0,16	5,54 ± 0,13
Acidez (% ácido cítrico) ^{ns}	0,09 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01
SS (° Brix) ^{ns}	10,23 ± 0,91	10,67 ± 1,15	10,80 ± 1,35	10,56 ± 0,30
Ácido ascórbico (mg 100 g ⁻¹) ^{ns}	64,53 ± 7,31	61,63 ± 3,33	65,22 ± 6,50	63,78 ± 1,91
Carotenoides Totais ($\mu\text{g g}^{-1}$) ^{ns}	27,51 ± 2,21	25,88 ± 1,09	25,87 ± 5,62	26,42 ± 0,94

^{ns} não significativo a 5% de significância pelo teste de Tukey. ²Média dos três tratamentos.

6. Características sensoriais dos frutos com os revestimentos

Na análise da aparência dos frutos nenhum revestimento atingiu o nível de satisfação do consumidor em relação aos frutos sem revestimento, os quais apresentaram a maior média e maior índice de aprovação (IA) (Tabela 5). Apesar dos frutos SFM e SFM+OEC serem menos aceitos, ainda assim, apresentaram bons índices de aprovação (88%).

Tabela 5. Aceitação da aparência e da polpa dos frutos de mamão submetidos a diferentes revestimentos comestíveis.

Tratamentos	Aceitação da aparência		Aceitação da polpa	
	Nota ¹	IA (%) ²	Nota ¹	IA (%) ²
Sem revestimento	8,0 ± 1,1 ^a	97	6,9 ± 1,8 ^a	82
SFM	7,0 ± 1,1 ^b	88	6,6 ± 1,6 ^a	85
SFM+OEC	6,5 ± 1,2 ^b	88	5,4 ± 2,1 ^b	55

¹Notas médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ²Índice de aceitação calculado com base no somatório das notas iguais ou superiores a 6,0. SFM: suspensão de fécula de mandioca; SFM+OEC: suspensão de fécula de mandioca com óleo essencial de cravo.

Embora todos os frutos tenham sido avaliados no estágio 5, os frutos sem revestimento apresentaram cor da casca mais uniforme, enquanto os frutos com os revestimentos apresentaram manchas marrons e aspecto muito brilhante (SFM+OEC) e alguns pontos verdes nas superfícies (SFM) (Figura 8), características que podem ter interferido para a menor aceitação da aparência desses tratamentos. Trevisan et al. (2006) relatam que a aparência é o fator de qualidade mais importante, sendo avaliada por diferentes atributos, tais como, tamanho, forma, cor, brilho, integridade, consistência e defeitos.

Foto: Daniele de Vasconcellos Santos Batista



Figura 8. Mamões sem e com revestimentos à base de fécula de mandioca e OEC apresentados na análise sensorial.

Ao avaliarem a aceitação da polpa, os julgadores não diferiram os frutos sem revestimento dos frutos com SFM, e esses dois tratamentos receberam as maiores notas e índices de aprovação igual ou maior que 82% (Tabela 5). Os frutos revestidos com SFM+OEC foram os menos aceitos e apresentaram o menor índice de aprovação (55%).

Em relação à avaliação dos atributos, os três tratamentos receberam notas iguais ou menores do que 5,0, indicando que os julgadores consideraram os atributos cor, aroma, sabor e textura da polpa dos frutos com intensidades variando de moderada a fraca (Figura 9).

Segundo a avaliação dos julgadores, os frutos revestidos com SFM e SFM+OEC apresentaram polpa de coloração mais clara quando comparada aos frutos sem revestimento (Figura 9). A coloração da polpa dos mamões maduros é resultado do acúmulo ou síntese de carotenoides, processos que dependem da presença de etileno (Martins et al., 2016; Barreto et al., 2011). A modificação da atmosfera pelos revestimentos promove a redução da síntese e ação do etileno, o que resulta em uma polpa de coloração mais

clara, conforme observado para os tratamentos SFM e SFM+OEC. Vale ressaltar que mesmo não havendo diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos em relação ao teor de carotenoides totais (Tabela 4), os julgadores perceberam diferença na intensidade da cor da polpa dos frutos. Isso ocorreu porque os teores de carotenoides totais apresentados na Tabela 4 foram quantificados no comprimento de onda de máxima absorção do β -caroteno, e, portanto, esse resultado não representa de forma absoluta todos os carotenoides presentes na polpa do mamão (Kader, 1986). Outros carotenoides, a exemplo do licopeno que é responsável pela cor vermelha-alaranjada, contribuem para a coloração da polpa do mamão.

Os frutos sem revestimento apresentaram textura mais mole, enquanto os frutos tratados com SFM+OEC e SFM foram considerados com textura um pouco mais firme (Figura 9).

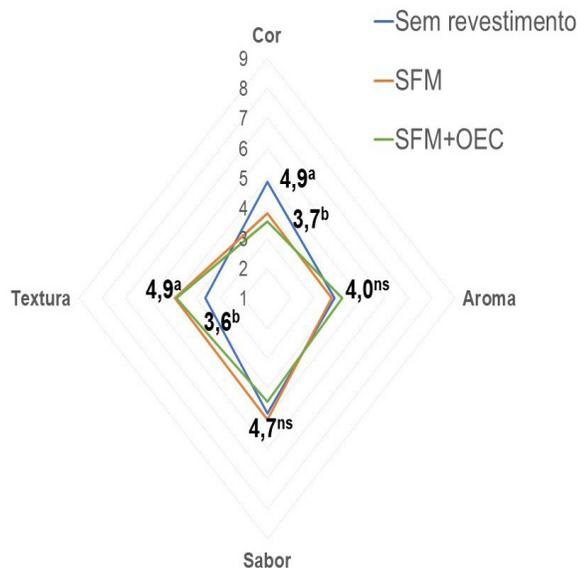


Figura 9. Intensidade dos atributos da polpa dos frutos.

Cor (1: muito clara, 9: muito escura); Aroma (1: fraco, 9: forte); Sabor (1: fraco, 9: forte); Textura na boca (1: muito mole, 9: muito dura). ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Valores com letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. SFM: suspensão de fécula de mandioca; SFM+OEC: suspensão de fécula de mandioca com óleo essencial de cravo.

A textura mais firme percebida sensorialmente na polpa dos frutos com os revestimentos pode ser decorrente da modificação da atmosfera pela fécula de mandioca, com consequente aumento da concentração de CO₂ e redução de O₂. Essa modificação reduz a atividade enzimática do fruto, a síntese e a ação do etileno, retardando desse modo, o amolecimento da polpa (Mahajan; Goswami, 2001; Kader, 1986). Isso ocorre porque o etileno está diretamente ligado à expressão das enzimas poligalacturonase e expansinas e indiretamente ligado à expressão da enzima pectinametilesterase, enzimas que são responsáveis pela degradação da parede celular (Pressey; Avants, 1978; Rose et al., 1997; Lu et al., 2001).

Castrini (2009) observou por meio da microscopia eletrônica que frutos de mamão com revestimentos à base de fécula de mandioca tinham maior integridade das paredes celulares, evidenciada pela boa estruturação e organização destas, assim como da lamela média, conferindo, portanto, maior firmeza à polpa. Esse resultado é positivo do ponto de vista comercial, uma vez que frutos com polpa mais firme são mais resistentes ao transporte.

Conclusões

Não se recomenda a adição de OEC à fécula de mandioca para aumento de eficácia do revestimento para controle da antracnose em frutos de mamão.

Aplicação de fécula de mandioca como revestimento em frutos de mamão reduz a severidade da antracnose.

O revestimento com fécula de mandioca preserva as características físico-químicas e sensoriais dos frutos de mamão.

Financiamento: CAPES, CNPq, FAPESB e Embrapa.

Referências

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. 4. ed. Carol Stream, IL: Allured BusiSness, 2007. 804 p.

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 grey mold (*Botrytis cinerea*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies in strawberries**, v. 32, p. 181-185, dez. 2015.

- ANUÁRIO Brasileiro da Fruticultura. Benno Bernardo Kist... [et al.]. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2018. 88p.
- BARRETO, G. P. M.; FABI, J. P.; ROSSO, V. V.; CORDENUNSI, B. C.; LAJOLO, F. M.; NASCIMENTO, J. R. O.; MERCADANTE, A. Z. Influence of ethylene on carotenoid biosynthesis during papaya postharvesting. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 620-624, 2011.
- BILL, M.; SIVAKUMAR, D.; KORSTEN, L.; THOMPSON, A. K. The efficacy of combined application of edible coatings and thyme oil inducing resistance components in avocado (*Persea americana* Mill.) against anthracnose during post-harvest storage. **Crop Protection**, v. 64, p.159-167, 2014.
- BOONRUANG, K.; KERDDONFAG, N.; CHINSIRIKUL, W.; MITCHAM, E. J.; CHONHENCHOB, V. Antifungal effect of poly (lactic acid) films containing thymol and R-(-)-carvone against anthracnose pathogens isolated from avocado and citrus. **Food Control**, v. 78, p. 85-93, 2017.
- CARVALHO, J. B de.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Fungitoxicidade de *Cymbopogon citratus* e *Cymbopogon martinii* a *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos de pimentão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.10, n.1, p.88-93, 2008.
- CASTRICINI, A.; CONEGLIAN, R.C.C.; VASCONCELLOS, M.A.S. Qualidade e Amadurecimento de mamões 'golden' revestidos por película de fécula de mandioca. *Revista Tropicana – Ciências Agrárias e Biológicas*, v. 4, n. 1, p. 32, 2009.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783p.
- CIA, P.; BENATO, E. A. Doenças do mamão. **Informe Agropecuário**, v. 26, n. 228, p. 25-29, 2005.
- CORTÉS-ROJAS, D. F.; SOUZA, C. R. F.; OLIVEIRA, W. P. Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 4, n. 2, p. 90-96, 2014.
- COSTA, A. R. T.; AMARAL, M. F. Z. J.; MARTINS, P. M.; PAULA, J. A. M.; FIUZA, T. S.; Tresvenzol, L. M. F.; Paula, J. R.; Bara, M. T. F. Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* Merr. & L. M. Perry sobre as hifas de alguns fungos fitopatogênicos. *Revista brasileira de plantas medicinais*, v.13, n. 2, **Botucatu**, 2011.
- CRAWLEY, M. J. **Statistical Computing: an introduction to data analysis using S-Plus**. Chichester, EN: John Wiley & Sons, Inc., 2002. 761p.
- DANTAS, A. M. M.; NASCIMENTO, S. R. C.; CRUZ, B. L. S.; SILVA, F. H. A.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; SENHOR, R. F. Alternative control of post-harvest diseases in Tainung 1 papaya. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 1, p. 29-35. 2018.
- FIALHO, R. O.; PAPA, M. F. S.; PEREIRA, D. A. S. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Phakopsora euvitis*, agente causal da ferrugem da videira. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 82, p. 1-7, 2015.
- GONÇALVES, A. H.; PEREIRA, A. S.; SANTOS, G. R. S.; GUIMARÃES, L.G. L. Atividade fungitóxico *in vitro* dos óleos essenciais de *Lippia sidoides* Cham., *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf. e de seus constituintes majoritários no controle de *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii*. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 4, p. 1007-1015, 2015.
- GRANDE-TOVAR, C. D.; CHAVES-LOPEZ, C.; SERIO, A.; ROSSI, C.; PAPARELLA, A. Chitosan coatings enriched with essential oils: effects on fungi involved in fruit decay and mechanisms of action. **Trends in Food Science & Technology**, v. 78, p. 61-71, 2018.

- HASHEMINEJAD, N.; KHODAIYAN, F.; SAFARI, M. Improving the antifungal activity of clove essential oil encapsulated by chitosan nanoparticles. **Food Chemistry**, v. 275, p. 113-122, 2019.
- HERNANDEZ-MONTIEL, L. G.; GUTIERREZ-PEREZ, E. D.; MURILLO-AMADOR, B.; VERO, S.; CHIQUITO-CONTRERAS, R. G.; RINCON-ENRIQUEZ, G. Mechanisms employed by *Debaryomyces hansenii* in biological control of anthracnose disease on papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, p. 31-37, 2018.
- JING, C.; GOU, J.; HAN, X.; WU, Q.; ZHANG, C. *In vitro* and *in vivo* activities of eugenol against tobacco black shank caused by *Phytophthora nicotianae*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 142, p. 148-154, 2017.
- KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 5, p. 99-104, 1986.
- KFOURY, M.; SAHRAOUI, A. L.; BOURDON, N.; LARUELLE, F.; FONTAINE, J.; AUEZOVA, L.; GREIGE-GERGES, H.; FOURMENTIN, S. Solubility, photostability and antifungal activity of phenylpropanoids encapsulated in cyclodextrins. **Food Chemistry**, v. 196, p. 518-525, 2016.
- LEITE, B.; STANGARLIN, J. R. Fisiologia e bioquímica de doenças fúngicas. In: PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B.; STANGARLIN, J. R.; CIA, P. **Interação planta patógeno: fisiologia, bioquímica e biologia molecular**. Piracicaba, Fealq, p. 115-152, 2008.
- LOGUERCIO-LEITE, C.; GROPOSO, C.; DRESCHLER-SANTOS, E. R.; FIGUEIREDO, N. de F.; GODINHO, P. da S.; ABRÃO, R. L. A particularidade de ser um fungo – I. Constituintes celulares. **Revista Biotemas**, v.19, n. 2, p. 17-27, 2006.
- LU, C.; ZAINAL, Z.; TUCKER, G. A.; LYCETT, G. W. Developmental abnormalities and reduced fruit softening in tomato plants expressing an antisense Rab1 GTPase gene. **The Plant Cell, Rockville**, v. 13, p. 1819-1833, 2001.
- LU, J.; EHSANI, R.; SHI, Y.; ABDULRIDHA, J.; CASTRO, A. I.; XU, Y. Field detection of anthracnose crown rot in strawberry using spectroscopy technology. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 135, p. 289-299, 2017.
- MANGANY, M. C.; REGNIER, T.; OLIVIER, E. I. Antimicrobial activities of selected essential oils against *Fusarium oxysporum* isolates and their biofilms. **South African Journal of Botany**, v. 99, p. 115-121, 2015.
- MAQBOOL, M.; ALDERSON, P. G.; MOHAMED, M. T. M. Postharvest application of gum arabic and essential oils for controlling anthracnose and quality of banana and papaya during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, n. 1, p. 71-76, 2011.
- MAHAJAN, P. V.; GOSWANI, T. K. Enzyme kinetics based modeling of respiration rate of apple. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Bath, v. 79, n. 4, p. 399-406, 2001.
- MARTINS, G. F.; FABI, J. P.; MERCADONE, A. Z.; ROSSO, V. V. The ripening influence of two papaya cultivars on carotenoid biosynthesis and radical scavenging capacity. **Food Research International**, v. 81, p. 197-202, 2016.
- MARYA, C. M.; AVINASH, J. G. S.; NAGPAL, R.; KAPOOR, R.; AHMAD, A. *In vitro* inhibitory effect of clove essential oil and its two active principles on tooth decalcification by apple juice. **International Journal of Dentistry**, p.1-6, 2012, ID 759618.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. 464 p.

- NASCIMENTO, J. M.; SERRA, A. P.; BACCHI, L. M.; GAVASSONI, W. L.; VIEIRA, M. C. Inibição do crescimento micelial de *Cercospora calendulae* Sacc. por extratos de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, supl.1, p. 751-756, 2013.
- OLIVEIRA, A. A. R.; BARBOSA, C. J.; SANTOS FILHO, H. P.; MEISSNER FILHO, P. E. Doenças e seu controle. In: TRINDADE, A. V. (Org.). **Mamão. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa, 2000. p. 43-52.
- OLIVEIRA, R. A.; REIS, T. V.; SACRAMENTO, C. K.; DUARTE, L. P.; OLIVEIRA, F. F. Constituintes químicos voláteis de especiarias ricas em eugenol. **Revista Brasileira de Farmacognosia/Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 19, n. 3, p. 771-775, 2009.
- OLIVEIRA, L. A. **Manual de Laboratório: análises físico-químicas de frutas e mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 248 p.
- OLIVEIRA, E. B. L.; ARAÚJO NETO, S. E.; GALVÃO, R. O.; SOUZA, M. L. Revestimentos alternativos na conservação pós-colheita de mamão. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 11, n. 22, p. 2523-2530, 2015.
- OLIVEIRA, L. B. S.; BATISTA, A. H. M.; FERNANDES, F. C.; SALES, G. W. P.; NOGUEIRA, N. A. P. Atividade antifúngica e possível mecanismo de ação do óleo essencial de folhas de *Ocimum gratissimum* (Linn.) sobre espécies de *Candida*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 2, p. 511-523, 2016.
- ORZARI, L. O.; SANTOS, F. A.; JANEGITZ, B. C. Manioc starch thin film as support of reduced graphene oxide: a novel architecture for electrochemical sensors. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 823, n. 15, p. 350-358, 2018.
- 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**, v. 30, n. 6, p. 1116-1119, 2006.
- PIMENTEL, J. D. R.; SOUZA, D. S.; OLIVERIA, T. V.; BASTOS, V. S.; CASTRO, A. A. Estudo da conservação de mamão Havaí utilizando películas comestíveis a diferentes temperaturas. **Scientia Plena**, v. 7, n. 10, p. 1-6, 2011.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Differences in polygalacturonase composition of clingstone and freestone peaches. **Journal of Food Science**, v. 43, p.1415-1423, 1978.
- R Core Team R. **A language and environment for statistical computing**, 2018. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.R-project.org> acesso em: 21 mar. 2022.
- RAJESH, K.J. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Ocimum basilicum* L. (sweet basil) from Western Ghats of North West Karnataka, India. **Anc. Sci Life**, v. 33: n.3, p.151-156, 2014.
- RAMOS, K.; ANDREANI JÚNIOR, R.; KOZUSNY- ANDREANI, D. I. Óleos essenciais e vegetais no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 2 suppl. 1, p. 605-612, 2016.
- RANA, I. S.; RANA, A. S.; RAJAK, R. C. Evaluation of antifungal activity in essential oil of the *Syzygium aromaticum* by extraction, purification and analysis of its main component eugenol. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 42, n. 4, p.1269-1277, 2011.
- ROSE, J.K.C.; LEE, H.H.; BENNETT, A.B. Expression of a divergent expansin gene is fruitspecific and ripening-regulated. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, Washington, v.94, p.5955-5960, 1997.

- ANTOS, A. S.; ALVES, S. de M.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; ROCHA NETO, O. G. da. **Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 6 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 99).
- SERPA, M. F. P.; CASTRICINI, A.; MITSOBUZI, 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.
- SHARMA, A.; RAJENDRAN, S.; SRIVASTAVA, A.; SHARMA, S.; KUNDU, B. Antifungal activities of selected essential oils against *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici 1322, with emphasis on *Syzygium aromaticum* essential oil. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 123, n. 3, p. 308-313, 2017.
- SILVA, D. A.; OLIVEIRA, J. K.; SANTOS, C. M.; BERY, C. C. S.; CASTRO, A. A.; SANTOS, J. A. B. The use of sodium alginate-based coating and cellulose acetate in papaya post-harvest preservation. **Acta Scientiarum Technology**, v. 36, n. 3, p. 569-573, 2014.
- TATAGIBA, J. S.; LIBERATO, J. R.; ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; COSTA, H. Controle e condições climáticas favoráveis à antracnose do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p. 186-192, 2002.
- TELES, S.; PEREIRA, J. A.; SANTOS, C. H. B.; MENEZES, R. V.; MALHEIRO, R.; LUCCHESI, A. M.; SILVA, F. Geographical origin and drying methodology may affect the essential oil of *Lippia alba* (Mill) N.E. Brown. **Industrial Crops and Products**, v. 37, p. 247-252, 2012.
- TREVISAN, R.; TREPTOW, R. de O.; GONÇALVES, E. D.; ANTUNES, L. E. C. RRÊA; HERTER, F. G. Atributos de qualidade considerados pelo consumidor de pelotas/rs, na compra de pêssego in natura. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 3, p. 371-374, jul-set, 2006.
- VANIN, A. B.; ORLANDO, T.; PIAZZA, S. P.; PUTON, B. M. S.; CANSIAN, R. L.; OLIVEIRA, D.; PAROUL, D. Antimicrobial and antioxidant activities of clove essential oil and eugenyl acetate produced by enzymatic esterification. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 174, n. 4, p. 1286-1298, 2014.
- VILAPLANA, R.; PAZMIÑO, L.; VALÊNCIA-CHAMORRO, S. Control of anthracnose, caused by *Colletotrichum musae*, on postharvest organic banana by thyme oil. **Postharvest Biology and Technology**, v. 138, p. 56-63, 2018.
- WANG, E.; GAO, Z.; HENG, Y. Improve access to the EU market by identifying French consumer preference for fresh fruit from China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 6, p. 1463-1474, 2018.
- XIE, Y.; YANG, Z.; CAO, D.; RONG, F.; DING, H.; ZHANG, D. Antitermitic and antifungal activities of eugenol and its congeners from the flower buds of *Syzygium aromaticum* (clove). **Industrial Crops and Products**, v. 77, p. 780-786, 2015.
- XIE, Y.; HUANG, Q.; WANG, Z.; CAO, H.; ZHANG, D. Structure-activity relationships of cinnamaldehyde and eugenol derivatives against plant pathogenic fungi. **Industrial Crops and Products**, v. 97, p. 388-394, 2017.
- ZILLO, R. R.; SILVA, P. P. M.; OLIVEIRA, J.; GLÓRIA, E. M.; SPOTO, M. H. F. Carboxymethylcellulose coating associated with essential oil can increase papaya shelf life. **Scientia Horticulturae**, v. 239, p. 70-77, 2018.



Mandioca e Fruticultura

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 017470