

Revestimento comestível à base de *Xanthomonas campestris* e cravo-da-índia na conservação e controle fúngico do pimentão ‘Dahra’

Edible coating based on *Xanthomonas campestris* and cloves for conservation and fungal control of ‘Dahra’ pepper

Maria Izamara de Jesus Norte¹; Darliane Veras dos Santos Souza²; Sheyla Maria Barreto Amaral³; Pahlevi Augusto de Souza⁴; Cleilson do Nascimento Uchoa⁵; Raimunda Valdenice da Silva Freitas⁶; Letícia Maria Viana Alves⁷; Renata Chastinet Braga^{8*}

¹Instituto Federal do Ceará, Limoeiro do Norte; izamara1990@gmail.com. ² Instituto Federal do Ceará, Limoeiro do Norte; darlianeveras@hotmail.com. ³ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza; sheylaamaral82@gmail.com. ⁴ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Currais Novos; pahlevi10@hotmail.com. ⁵Instituto Federal do Ceará, Limoeiro do Norte; cleilson_uchoa@ifce.edu.br. ⁶Universidade Federal da Paraíba. ⁷ Instituto Federal do Ceará, Limoeiro do Norte; leticiam.v.a20@gmail.com. ⁸ Instituto Federal do Ceará, Limoeiro do Norte; rchastinet@gmail.com. *Autor correspondente

ARTIGO

Recebido: 13-01-2025
 Aprovado: 02-04-2025

Palavras-chave:

Goma xantana
 Atividade antifúngica
 Cobertura alimentar

RESUMO

O pimentão é uma hortaliça altamente perecível e suscetível ao ataque de microrganismos, o que reduz sua vida útil pós-colheita. Entre as estratégias disponíveis para a conservação desse tipo de hortaliça, os revestimentos comestíveis à base de gomas associados à adição de óleos essenciais têm se destacado pela eficácia na extensão da vida útil de frutas e vegetais. Portanto, o presente estudo investigou o desenvolvimento e aplicação de revestimentos comestíveis à base de goma xantana e óleo essencial de cravo-da-índia (OECI) para conservação e controle fúngico do pimentão 'Dahra'. A pesquisa avaliou a composição química do OECI e atividade antifúngica frente aos gêneros *Colletotrichum* sp. e *Aspergillus* sp., isolados do pimentão. Nos revestimentos comestíveis foram testadas sete formulações: controle, em água destilada, revestimento de xantana (0,25% e 0,50% p/v), combinações de goma xantana (0,25% e 0,50% p/v) com OECI, e apenas OECI. Os pimentões revestidos foram avaliados durante 12 dias quanto a parâmetros físico-químicos (perda de massa, aparência, cor, pH, acidez e sólidos solúveis) e microbiológicos (coliformes, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., bolores e leveduras). Os resultados revelaram o eugenol como componente majoritário (82,01%), seguido pelo acetato de eugenila (17,99%). Atividade antifúngica do OECI contra os fungos *Colletotrichum* sp. e *Aspergillus* sp., determinou a concentração inibitória mínima de 750 ppm. As formulações não alteraram significativamente os parâmetros físico-químicos dos frutos. Entretanto, o revestimento contendo apenas OECI foi eficaz na redução da presença de *Salmonella* sp., demonstrando potencial como agente antimicrobiano natural para conservação pós-colheita de pimentões.

ABSTRACT

Key words:

Xanthan gum
 Antifungal activity
 Food coverage

Bell peppers are highly perishable vegetables and susceptible to attack by microorganisms, which significantly reduces their post-harvest shelf life. Among the strategies available for preserving this type of vegetables, edible coatings based on gums associated with the addition of essential oils have stood out for their effectiveness in extending the shelf life of fruits and vegetables. Therefore, this study investigated the development and application of edible coatings based on xanthan gum and clove essential oil (OECI) for the preservation and fungal control of 'Dahra' bell pepper. The research evaluated the chemical composition of OECI and its antifungal activity against the genera *Colletotrichum* sp. and *Aspergillus* sp., isolated from bell pepper. Seven formulations were tested for edible coatings: control, immersion in distilled water, xanthan coating (0.25% and 0.50% w/v), combinations of xanthan gum (0.25% and 0.50% w/v) with OECI, and only OECI. The coated peppers were evaluated for 12 days for physicochemical (weight loss, appearance, color, pH, acidity and soluble solids) and microbiological parameters (coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., molds and yeasts). The results revealed eugenol as the major component (82.01%), followed by eugenyl acetate (17.99%). The antifungal activity of OECI against the fungi *Colletotrichum* sp. and *Aspergillus* sp. and determined the minimum inhibitory concentration of 750 ppm. The formulations did not significantly alter the physicochemical parameters of the fruits. However, the coating containing only OECI was effective in reducing the presence of *Salmonella* spp., demonstrating potential as a natural antimicrobial agent for post-harvest preservation of peppers.

INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), de origem americana, faz parte da família *Solanaceae* e é uma das hortaliças mais cultivadas no mundo, sendo comercializada na forma de fruto fresco e/ou conservas. Sua importância é dada pela presença de substâncias químicas que conferem sabor e aroma aos alimentos, além de serem fontes consideráveis de vitaminas C, A, B e minerais como Ca, Fe e P (SILVA et al., 2020b; RIBEIRO; CRUZ, 2002).

Apesar de ser amplamente produzido para consumo “*in natura*”, estima-se que as perdas pós-colheita do pimentão possam atingir até 10% em nível mundial, as quais podem ser de ordem qualitativa e quantitativa, além de ter causas diversas, tais como: deteriorações fisiológicas, injúrias mecânicas, pragas e, principalmente, doenças, tais como: antracnose, murcha-de-fitóftora e mancha-bacteriana (AGUIAR et al., 2020; CHAGAS et al., 2018; VIANA; FREIRE; PARENTE, 2007).

Vários métodos podem ser empregados para ampliar a vida de prateleira de frutas e hortaliças, os quais incluem o uso de atmosfera modificada através do acondicionamento dos vegetais em filmes plásticos ou pelo recobrimento com revestimentos comestíveis preparados a partir de proteínas, polissacarídeos, lipídeos ou através da combinação desses componentes (MOURA et al., 2017; SENA et al., 2016). Uma vez que, os revestimentos comestíveis modificam o ar circundante e interno do vegetal diminuindo os níveis de O₂ e aumentando os níveis de CO₂, contribuindo para a redução do metabolismo, retardando a senescência do vegetal (ALMINO; SANTOS, 2020).

Dentre os materiais para elaboração desses revestimentos, pode-se mencionar a goma xantana que é um polímero produzido por processo de fermentação através da bactéria *Xanthomonas campestris*, o qual tem apresentado elevado potencial com diferentes finalidades, dentre elas: emulsificantes, espessantes e estabilizante. Estudos têm comprovado que a incorporação de goma xantana em filmes pode proporcionar melhorias nas propriedades sensoriais e mecânicas dos mesmos (BHATIA et al., 2024).

A adição de antimicrobianos naturais como óleos essenciais na formulação dos biofilmes visa garantir um alimento seguro e manter a qualidade do produto, devido sua origem natural e redução da resistência microbiana causada por componentes químicos antimicrobianos (ALMEIDA; ALMEIDA; GHERARDI, 2020), que tem sido investigado através de pesquisas e estudos com resultados promissores contra bactérias, fungos e vírus (HUONG et al., 2024; AWUCHI; MORYA, 2023). Ao incorporar componentes bioativos, como óleos essenciais, as características e a qualidade dos biopolímeros podem ser melhoradas. Pesquisas demonstram que os óleos essenciais podem atuar como agentes antioxidantes, protegendo as células contra danos oxidativos (KASHYAP et al., 2023; PAN; LUO; GONG, 2023). O cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) pertencente à família *Myrtaceae* e proveniente de árvore de grande porte com ciclo vegetativo que pode alcançar mais de cem anos (GUIMARÃES et al., 2017), além de apresentar o eugenol como principal constituinte químico do óleo essencial com comprovadas atividades antibacteriana, antimicrobiana, antimicrobiana, anti-inflamatório, anestésico, antisséptico, antioxidante, entre outras (SOUSA et al., 2020).

Estudos têm investigado o uso do óleo essencial de cravo-da-índia (OECI) em revestimentos para frutas como goiaba e morango, com resultados positivos na inibição do crescimento microbiano e na conservação da qualidade sensorial e nutricional dos produtos (COELHO et al., 2017; ALMEIDA et al., 2024). No entanto, há escassez de pesquisas que associem esse composto especificamente à goma xantana para a conservação de pimentões, especialmente da variedade ‘Dahra’. Assim, este estudo se diferencia ao propor um revestimento comestível à base de goma xantana e OECI, visando à conservação e ao controle fúngico do pimentão.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFCE Campus Limoeiro do Norte, conduzida nos laboratórios de Química dos Alimentos e Microbiologia de Alimentos – e na Universidade Federal do Ceará (UFC) nos Laboratórios de Cromatografia Gasosa e Espectrometria de Massa

O material vegetal (botão floral do cravo-da-índia e pedúnculo) foi obtido em feira livre na cidade de Limoeiro do Norte-CE, o qual foi submetido ao processo de hidrodestilação por arraste de vapor d’água para a extração do óleo essencial (BUENO et al., 2023). As amostras de pimentão cultivar ‘Dahra’ foram adquiridas de empresa localizada na Chapada do Apodi no município de Quixeré-CE, estes são cultivados no sistema convencional, colhidos em estágio fisiológico e selecionados em vista do tamanho, coloração (verde escura), firmeza ao tato e ausência de injúrias.

Para desenvolvimento do experimento, utilizou-se reagentes com grau analítico e meios de cultura adquiridos a partir de fornecedor comercial. A goma xantana, foi adquirida pronta para a utilização a partir de fornecedor comercial (Via Farma[®]).

Os espectros foram obtidos em equipamentos da Central Analítica do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da Universidade Federal do Ceará (DQOI/UFC). Os espectros de massas dos óleos essenciais foram obtidos em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massa (CG-EM SHIMADZU, modelo QP2010), com injetor automático AOC-20i, coluna capilar RTX-5MS (5% fenil e 95% dimetilpolisiloxano, 30m x 0,25mm, 0,25µm) e tendo o hélio (He) como gás de arraste, com vazão de 1,0 mL/min para os óleos essenciais. Para análise dos óleos essenciais a temperatura foi programada de 40°C-180°C a uma taxa de 4°C/min, depois de 180°C-280°C a uma taxa de 20°C/min e mantida a 280°C durante 10 min. A temperatura do injetor e do detector (ou interface) foi de 250°C e 300°C, respectivamente. A identificação dos compostos foi feita através de comparação de seus espectros de massas com os da biblioteca NIST08, índices de retenção e dados publicados (ADAMS, 2007). As concentrações dos compostos foram calculadas a partir das áreas dos picos do cromatograma e dispostas por ordem de eluição. Os espectros de massas das substâncias isoladas foram obtidos em espectrômetro de massa modelo QP2010 da SHIMADZU, operando em impacto eletrônico de 70 eV.

Para avaliação da ação antifúngica do OECI em fungos, foi realizado o isolamento de gêneros fúngicos a partir das amostras de pimentão adquiridas. Os vegetais foram

acondicionados individualmente em câmaras úmidas (sacolas plásticas com algodão umedecido) e mantidos à temperatura ambiente por dois a três dias (até o aparecimento dos sinais de doenças) (AGRIOS, 2005).

Os pimentões passaram por etapa de higienização prévia, sendo desinfetados com álcool 70%, hipoclorito de sódio a 2% e lavados com água destilada esterilizada. Por meio de isolamento indireto, pedaços das lesões desenvolvidas nos pimentões foram transferidos para placas de Petri contendo o meio de cultura BDA (Agar-batata-dextrose), as quais foram incubadas em estufa B.O.D à temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ até o aparecimento de estruturas reprodutivas dos microrganismos. Posteriormente, as estruturas fúngicas foram repicadas para placas de Petri nas condições do procedimento inicial (ALFENAS et al 2007).

A identificação dos microrganismos utilizados na pesquisa foi realizada através de análise em microscópio óptico e consulta em literatura especializada para comparação (BARNETT; HUNTER, 1972).

Para avaliação da atividade antifúngica do OECI, utilizou-se arranjo experimental inteiramente casualizados (delineamento 1) compostos por controle (0% de OECI); 250; 500; 750; 1000; 1250 e 1500 ppm de OECI. Foram feitas 3 repetições das análises.

A avaliação da atividade antifúngica de diferentes concentrações de OECI *in vitro* foi realizada a partir de metodologia descrita por Silva e Bastos (2007), com adaptações. Em que, inicialmente, realizou-se a adição do OECI ao meio de cultura BDA (estéril) para o preparo das concentrações (250, 500, 750, 1000, 1250 e 1500 ppm). Em seguida, um disco de 0,7 cm de diâmetro, contendo micélio dos microrganismos com dez dias, foi repicado para o centro de cada uma das placas e estas foram posteriormente vedadas e mantidas em B.O.D. à $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. As avaliações foram realizadas por meio de medições diárias do diâmetro dos micélios (média de duas medidas diametralmente opostas), até o momento em que o crescimento dos micélios das placas testemunhas atingiram 2/3 das placas.

A partir dos dados obtidos foram realizados os cálculos do índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) através de fórmula proposta por Lorenzetti (2012) conforme Equação 1.

$$IVCM = \sum \frac{(D - Da)}{N} \quad (1)$$

Em que, IVCM= índice de velocidade de crescimento micelial, D= diâmetro médio atual, Da= diâmetro médio do dia anterior e N=número de dias após a inoculação.

Além disso, realizou-se o cálculo para identificação da Porcentagem de Inibição do Crescimento dos tratamentos em relação à testemunha, segundo fórmula utilizada por Souza Júnior et al.(2009) de acordo com a Equação 2.

$$PIC = \frac{(D_{test} - D_{trat})}{D_{teste}} \times 100 \quad (2)$$

Em que, PIC= Percentual de inibição de crescimento; D_{test}= Diâmetro da testemunha; D_{trat}= Diâmetro do tratamento.

A partir do percentual de inibição de crescimento, foi possível determinar a concentração inibitória mínima expressa em parte por milhão (ppm) (SILVA; BASTOS, 2007).

Para a aplicação dos recobrimentos comestíveis nos pimentões, adotou-se um delineamento inteiramente casualizados (delineamento 2), em esquema fatorial 7×5 , sendo sete formulações de revestimento e cinco tempos de armazenamento. As formulações testadas incluíram 7 tratamentos: controle absoluto sem tratamento (T1), imersão em água destilada (T2), goma xantana a 0,25% (T3), goma xantana a 0,50% (T4), combinação de goma xantana (0,25%) com OECI (750 ppm) (T5) e combinação de goma xantana (0,50%) com OECI (750 ppm) (T6), e apenas OECI 750 ppm (T7). As amostras foram avaliadas em cinco períodos distintos: 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento, visando verificar a interferência das formulações sobre a qualidade físico-química dos frutos ao longo do tempo.

No preparo dos revestimentos, utilizou-se água destilada, goma xantana (0,25% e 0,50%) e OECI (750 ppm). A concentração aplicada do óleo foi escolhida com base nos resultados da análise de sua atividade antifúngica, previamente realizada. E os pimentões foram dispostos em bandejas de isopor em laboratório ($26,1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 38,85%).

As formulações foram preparadas com base na metodologia descrita por Cortez-Vega et al. (2013), com adaptações. Inicialmente, a goma xantana foi lentamente dissolvida em água destilada sob agitação constante, até completa homogeneização. Em seguida, a solução foi aquecida a 60°C por 20 minutos e, após o resfriamento à temperatura ambiente, procedeu-se à adição do OECI (750 ppm). As concentrações de goma xantana adotadas (0,25% e 0,50%) foram selecionadas com base em estudos que demonstraram a eficácia desse revestimento nessas concentrações de polissacarídeo na conservação pós-colheita de frutas (GULL et al., 2024). Essas faixas de concentração foram escolhidas por apresentarem boa capacidade de formação de filme e viscosidade adequada, favorecendo a aplicação e o desempenho do revestimento.

Os pimentões foram submetidos às suspensões por um minuto e, em seguida, colocados para secar em bandejas (3 unidades por bandeja) durante 1 hora na temperatura de 34°C e umidade relativa de 45%, antes do acondicionamento.

Após receberem os recobrimentos, os pimentões foram acondicionados em bandejas de isopor e armazenados em laboratório à temperatura média de $26,1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 38,85% por 12 dias. As análises físico-químicas foram realizadas a cada três dias de armazenamento, conforme delineamento 2. Para as avaliações das características microbiológicas, os pimentões com revestimentos foram acondicionados em 3 unidades por bandejas de isopor e armazenados em laboratório à temperatura média de $27,5^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 41,75% durante 12 dias e as análises realizadas a cada seis dias de armazenamento, conforme delineamento 3.

Quanto as análises físico-químicas, realizou-se avaliação da perda de massa fresca através da diferença entre a massa inicial e aquela obtida em cada dia de análise; e os resultados expressos em porcentagem (%) (SANTOS et al., 2011).

Quanto a aparência externa dos vegetais, desenvolveu-se uma escala visual de cinco notas, que considerava a ausência ou presença de defeitos, depressões e murchamento, (Figura 1). Pimentões com nota inferior ou igual a três foram considerados impróprios para o consumo.

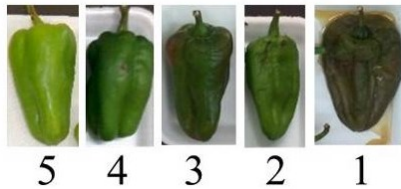


Figura 1. Escala visual de notas para pimentões com ausência ou presença de defeitos, depressões e murchamento (1= fruto extremamente deprimido, defeituoso e com extremo murchamento, 2= quantidade média de depressões, defeitos e murchamento severo, 3= quantidade média de depressões, defeitos e murchamento leve, 4= quantidade leve de depressões, defeitos e murchamento, 5= ausência de defeitos, depressões e murchamento).

Após o armazenamento a cor dos pimentões foi determinada visualmente através de uma escala de quatro notas (Figura 2) de acordo com Bussel e Kenigsberger (1975).

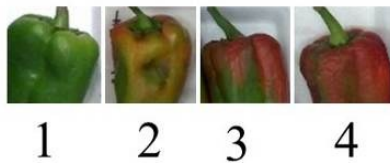


Figura 2. Escala de cor em notas para pimentões usada na avaliação após o armazenamento (1 - verde; 2 - verde com traços de vermelho; 3 - vermelho com traços de verde; 4 - vermelho).

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado através de leitura direta em pHmetro digital de bancada (AOAC, 2005). A acidez total titulável foi determinada através de método de titulometria e os resultados expressos em % de ácido cítrico (IAL, 2008). O teor de sólidos solúveis foi determinado por técnica de refratometria através de refratômetro de bancada e os resultados foram expressos em °Brix (AOAC, 2005).

Para avaliação das formulações do revestimento comestível produzido quanto às características microbiológicas das amostras, foi utilizado novamente o delineamento inteiramente casualizados (delineamento 3) em esquema fatorial 7x3 (7 recobrimentos x 3 tempos de armazenamento).

Para as análises microbiológicas, utilizou-se procedimentos metodológicos estabelecidos por Silva et al. (2010) para contagem do número mais provável (NMP/g) de coliformes totais e termotolerantes; avaliação da presença ou ausência de *Escherichia coli*; determinação de bolores e leveduras (UFC/g); e o teste de avaliação da presença ou ausência de *Salmonella sp.*

Para avaliação dos resultados obtidos, realizou-se análise de variância (ANOVA) e aplicou-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade por meio do programa Assistat 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da composição química do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) (OECI) revelou a presença de dois principais constituintes: o eugenol,

representando 82,01% da composição total, e o acetato de eugenila, com 17,99%. O eugenol é amplamente reconhecido na literatura como o composto majoritário desse óleo essencial, sendo responsável por grande parte de suas propriedades biológicas, como atividade antimicrobiana, antioxidante e anti-inflamatória (CORTÉS-ROJAS et al., 2014; KAMATOU et al., 2012).

No teste da ação antifúngica do OECI em *Aspergillus sp.*, verificou-se que as concentrações de 500 a 1500 ppm de OECI inibiram em 100% o gênero fúngico avaliado enquanto 250 ppm de OECI não apresentou 100% de inibição segundo o PIC (percentual de inibição de crescimento). Portanto, dentre as concentrações que apresentaram 100% de inibição do microrganismo a menor concentração (500 ppm) destaca-se como melhor opção tendo em vista por a mesma eficiência com menor teor de OECI.

Logo, observou-se que a concentração inibitória mínima de OECI frente ao crescimento de *Aspergillus sp.* foi de 500 ppm. A Figura 3 ilustra os resultados do crescimento micelial do fungo na presença de diferentes concentrações do óleo essencial, destacando-se os tratamentos controle e com 250 ppm, que apresentaram formações miceliais com diâmetros aproximados de 6 cm e 4 cm, respectivamente. Esses dados evidenciam a eficácia parcial do óleo na inibição do desenvolvimento fúngico em concentrações inferiores à concentração inibitória mínima.

Para o tratamento com 250 ppm, constatou-se um percentual de inibição de 31,25% do crescimento micelial de *Aspergillus sp.*, conforme cálculo do Percentual de Inibição do Crescimento (PIC). Esse resultado pode ser atribuído à baixa concentração do OECI, a qual se mostrou insuficiente para promover uma ação antifúngica.

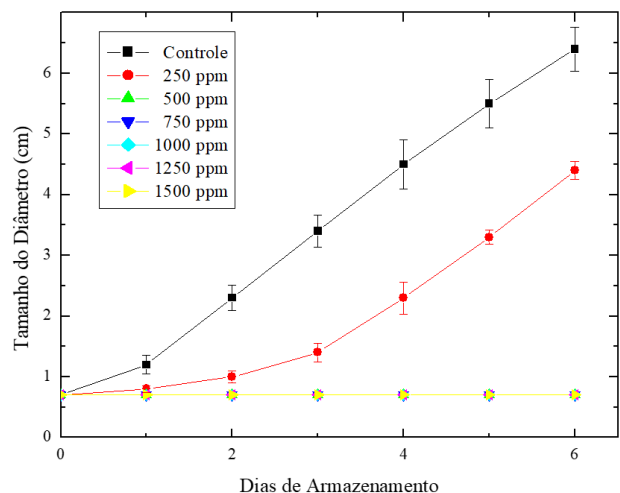


Figura 3. Crescimento micelial de *Aspergillus sp.* submetido a diferentes condições de concentrações de óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) durante 6 dias de armazenamento.

Os tratamentos que resultaram em 100% de inibição do crescimento não apresentaram o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), uma vez que não houve crescimento durante o período de armazenamento dos pimentões. Para o controle, o IVCM foi equivalente a 0,95 cm, enquanto no tratamento com 250 ppm o valor foi de 0,6 cm. Esses resultados indicam o possível efeito inibitório do

óleo de cravo-da-índia sobre o crescimento micelial, atribuído à sua ação antimicrobiana. Essa atividade está associada, principalmente, à presença de eugenol, composto fenólico majoritário no OECI, conhecido por sua capacidade de desestabilizar a membrana celular dos microrganismos, aumentando sua permeabilidade e promovendo a perda de constituintes celulares essenciais, o que compromete a viabilidade e o crescimento dos micélios (BURT, 2004).

Para o gênero *Colletotrichum* sp., apenas as concentrações de 750 a 1500 ppm de OECI, com base no PIC (percentual de inibição de crescimento), inibiram em 100% o crescimento micelial. Portanto, para este, a concentração inibitória mínima foi equivalente a 750 ppm de óleo. Embora os tratamentos 250 e 500 ppm inibiram em 40% e 60% o crescimento, respectivamente. Foi possível observar o potencial inibitório para os diferentes tratamentos frente ao gênero *Colletotrichum* sp com 750 ppm, 1000ppm, 1250ppm e 1500ppm.

Na Figura 4 estão expressos os resultados referentes ao crescimento micelial de *Colletotrichum* sp. ao longo do período de armazenamento. A concentração de 500 ppm do OECI apresentou efeito fungistático, uma vez que o micélio apresentou crescimento a partir do terceiro dia de avaliação, durante os 14 dias de armazenamento. Esse comportamento pode ser atribuído, principalmente, ao eugenol, principal responsável pela ação antifúngica e em concentrações moderadas, como 500 ppm, pode inibir o crescimento dos micélios, mas não foi suficiente para promover a morte celular durante todo armazenamento.

Quanto aos valores dos índices de velocidade de crescimento micelial de *Colletotrichum* sp. na presença de diferentes concentrações do OECI, observou-se que os tratamentos controle, 250 ppm e 500 ppm apresentaram diâmetros de 0,4; 0,2 e 0,1 cm, respectivamente.

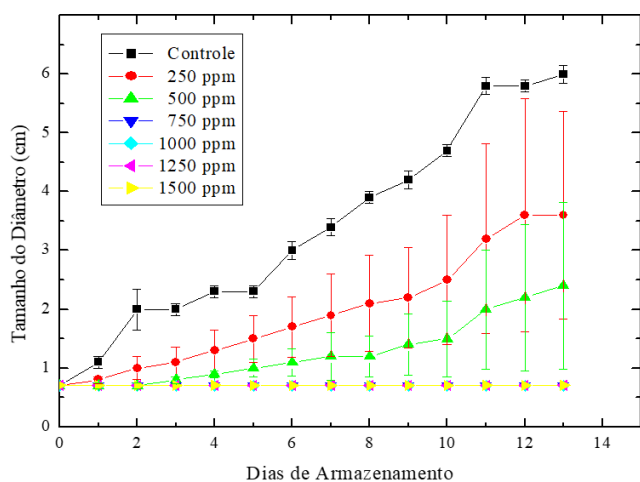


Figura 4. Crescimento micelial de *Colletotrichum* sp. submetido a diferentes condições de concentrações de óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) durante 14 dias de armazenamento.

A atividade antifúngica observada para os dois fungos analisados neste estudo pode ser atribuída aos constituintes químicos do OECI, em especial ao eugenol, seu principal componente bioativo. O eugenol exerce ação antimicrobiana por meio de múltiplos mecanismos, incluindo a ruptura da membrana celular fúngica, que resulta em aumento da

permeabilidade, perda de íons essenciais e desorganização do equilíbrio osmótico, comprometendo a integridade celular. Além disso, o eugenol pode causar a inativação de enzimas fundamentais para o metabolismo microbiano e provocar danos ao material genético, interferindo na replicação e transcrição do DNA, o que prejudica a capacidade de crescimento e reprodução dos fungos (OLIVEIRA et al., 2016).

A avaliação das características físico-químicas das amostras de pimentão 'Dahra' para perda de massa fresca, pH, acidez titulável e sólidos solúveis durante os 5 tempos são apresentados na Figura 5 e a aparência externa, cor estão apresentados na Figura 6. A presença dos revestimentos não foi eficaz em diminuir a perda de massa fresca (Figura 5A), pois os frutos recobertos, independente do revestimento aplicado, apresentaram perda de massa gradual e contínua ao longo do experimento, sendo que no último tempo de armazenamento (12º dia) o valor médio de perda foi de 21,5%, evidenciando que os revestimentos não impediram possível desidratação dos frutos. A perda de massa em vegetais está fortemente associada à perda de água, resultante principalmente dos processos fisiológicos de transpiração e respiração do vegetal (VIEIRA et al., 2022). Esse fenômeno pode comprometer a aparência externa do produto, provocando enrugamento da epiderme e, conseqüentemente, redução de sua atratividade e aceitação comercial, especialmente em mercados que priorizam a qualidade visual (AGUIAR et al., 2021). Dessa forma, os resultados indicam a necessidade de aprimoramento nas formulações dos revestimentos, de modo a melhorar sua capacidade de barreira à perda de água durante o armazenamento.

Quanto ao pH das amostras ocorreu um aumento ao longo do período de armazenamento, apresentando valor inicial 5,54 e final 5,77 (Figura 5B). Enquanto a característica acidez titulável apresentou oscilação dos resultados ao longo do período de armazenamento com valor médio inicial de 0,15% e ao final 0,23% (Figura 5C). No entanto, a partir do 9º dia de armazenamento houve um decréscimo da acidez titulável para todos os tratamentos, possivelmente, devido um maior consumo dos ácidos orgânicos como consequência do processo de amadurecimento, com exceção das amostras revestidas T4 e T6 que apresentaram aumento ao final do armazenamento. Chitarra e Chitarra (2005) mencionam que o teor de ácidos orgânicos tende a diminuir devido à sua oxidação no ciclo de ácidos tricarbóxicos.

Observou-se que a presença dos recobrimentos não exerceu influência no teor de sólidos solúveis das amostras de pimentões ao longo do armazenamento, quando comparadas ao controle. No entanto, a partir do 9º dia, verificou-se que houve um aumento do teor de sólidos solúveis atingindo valor final médio de 6,7ºBrix (Figura 5D). Esse comportamento pode estar relacionado à perda de água dos frutos por transpiração, promovendo a concentração dos solutos nas células, como açúcares, ácidos orgânicos e sais minerais. Além disso, a conversão de polissacarídeos estruturais em açúcares simples, decorrente do metabolismo respiratório e de processos de degradação da parede celular, também pode contribuir para o aumento dos sólidos solúveis durante o armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SOUSA et al., 2021). Esses fatores ocorrem independentemente da aplicação de recobrimentos, principalmente quando esses não são eficazes em reduzir as taxas de transpiração e respiração dos tecidos vegetais.

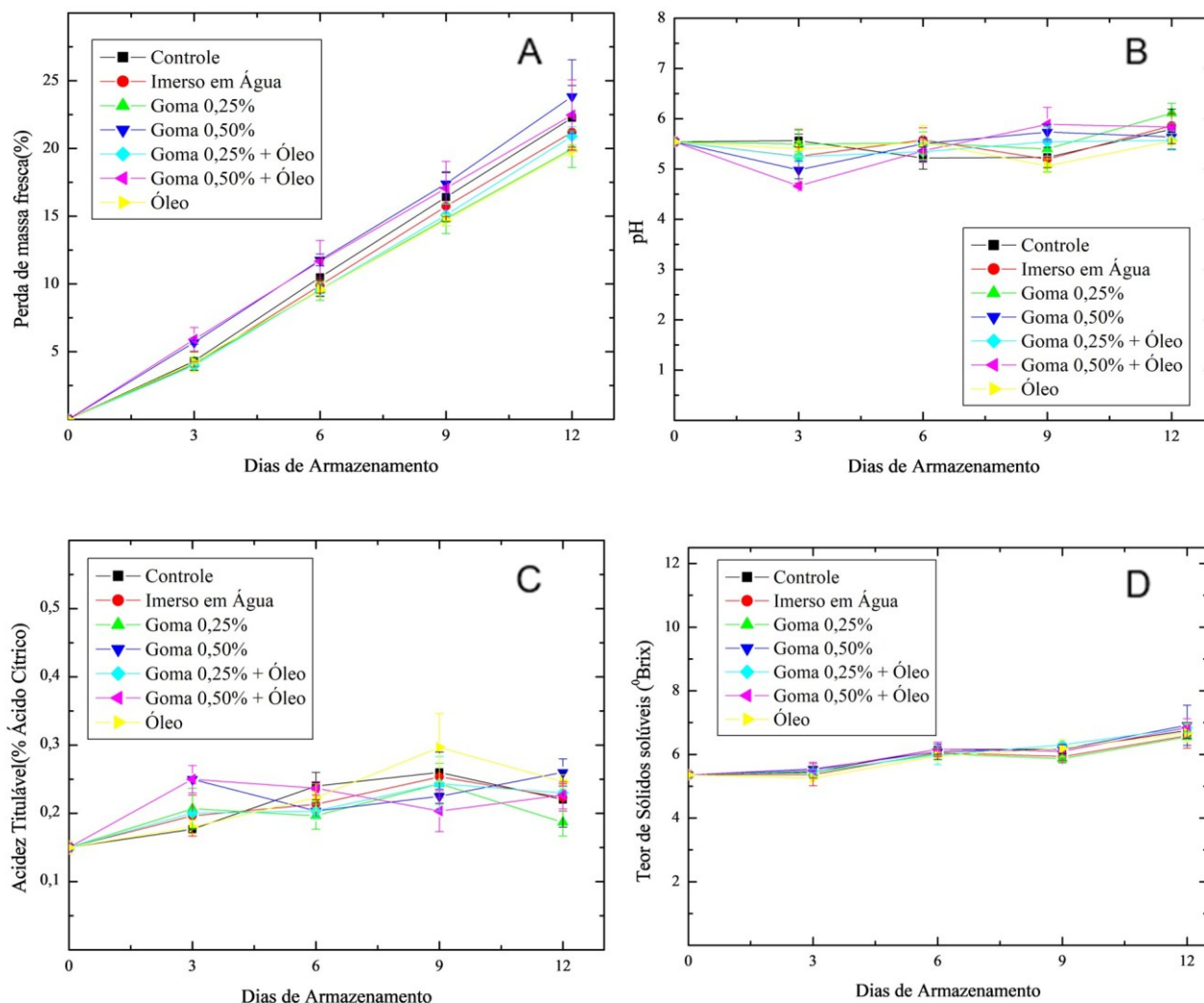


Figura 5. Características físico-químicas das amostras de pimentão ‘Dahra’ submetidas a diferentes tratamentos com goma e OECI durante 12 dias de armazenamento. (A): Perda de massa; (B): pH (C): Acidez titulável; (D): Sólidos solúveis.

Legenda: —■— Fruto Controle (T1); —●— Fruto imerso em água (T2); —▲— Fruto imerso em goma Xantana 0,25% (T3); —▼— Fruto imerso em goma Xantana 0,50% (T4); —◆— Fruto imerso em goma Xantana 0,25% e OECI 750 ppm(T5); —◀— Fruto imerso em goma Xantana 0, 50 e OECI 750 ppm (T6); —▶— Fruto imerso na solução de OECI 750 ppm (T7).

Observou-se que os recobrimentos aplicados aos pimentões proporcionaram boa aparência (Figura 6A) aos vegetais, e à medida que aumentou a concentração da goma, verificou-se uma melhor aderência do revestimento. Quanto à ação das formulações em preservar a aparência externa, constatou-se a partir do 9º dia de armazenamento, os tratamentos T4 (Goma xantana 50%) e T7 (OECI) apresentaram nota inferior a três, tornando os pimentões impróprios para o consumo (Figura 6A). Chitarra e Chitarra (2005) mencionam que a aparência externa é um fator de qualidade considerado de maior importância sob o ponto de vista da comercialização. Além disso, pode estar diretamente

ligada à qualidade, ao estágio de maturação e à deterioração do vegetal.

A Figura 6B demonstra a evolução da cor dos pimentões ao longo dos doze dias de armazenamento. A presença dos recobrimentos, indiferente de qual revestimento se tratasse, não interferiu na cor dos pimentões analisados, sendo que, ao final do período de armazenamento, os frutos foram considerados verdes com traços vermelhos. A retenção da coloração verde é um importante indicador de qualidade em hortaliças, no caso do pimentão verde, aspectos brilhantes e firmes são características que exercem influência no momento da aquisição pelo consumidor (CHAGAS et al. 2018).

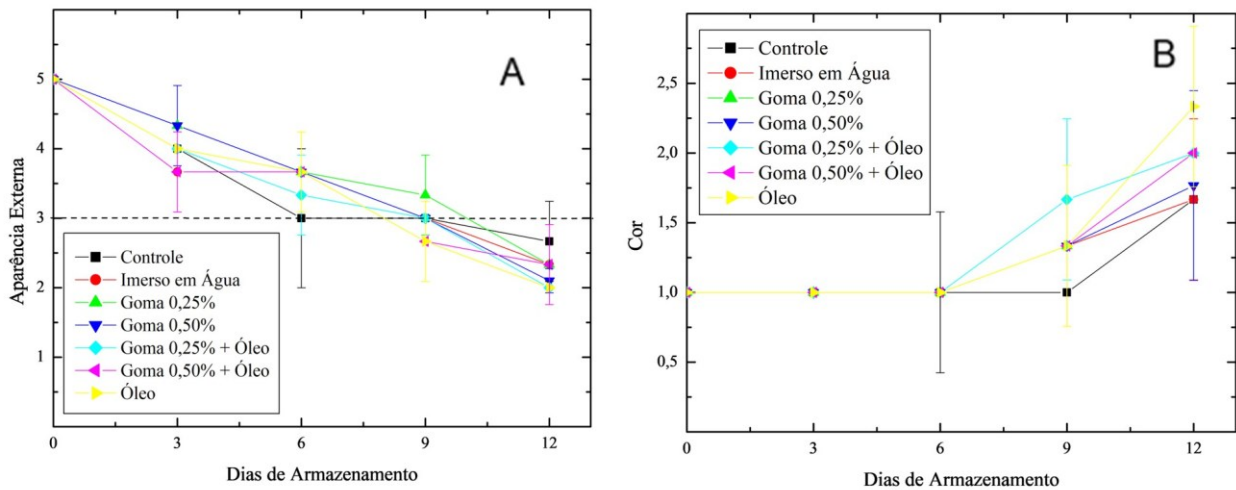


Figura 6. Características de aparência das amostras de pimentão ‘Dahra’ submetidas a diferentes tratamentos com goma e OEICI durante 12 dias de armazenamento. (A) Aparência externa; (B) Cor; (A): Perda de massa; (B): pH (C): Acidez titulável; (D): Sólidos solúveis.

Legenda: —■— Fruto Controle (T1); —●— Fruto imerso em água (T2); —▲— Fruto imerso em goma Xantana 0,25% (T3); —▼— Fruto imerso em goma Xantana 0,50% (T4); —◆— Fruto imerso em goma Xantana 0,25% e OEICI 750 ppm (T5); —◀— Fruto imerso em goma Xantana 0, 50 e OEICI 750 ppm (T6); —▶— Fruto imerso na solução de OEICI 750 ppm (T7).

A aparência dos frutos pode ser melhor observada na Figura 7 onde estão dispostos os tratamentos no terceiro e décimo segundo dia de análise. A Figura 7 está disposta para que seja comparado as impressões iniciais do 3º dia (I) onde o revestimento já está homogêneo e do 12º dia (II) onde a maior parte das mudanças são mais evidentes. A cor percebida na escala não apresentou diferença entre pimentões revestidos ou não. Ao observar a figura 7, percebe-se a média de pimentões com tonalidades avermelhadas semelhantes. Com relação a aparência do fruto, o revestimento não apresentou melhora mediante o uso do revestimento. No décimo segundo (12º) dia, todos os tratamentos apresentaram notas inferiores a 3 (Figura 1), estando inadequados para consumo. A murcha dos frutos pode ser verificada nas imagens da figura 7 no décimo segundo (12º) dia.

Na análise microbiológica das amostras de pimentão ‘Dahra’ (Tabela 1), verificou-se que para a contagem de coliformes totais não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados nos pimentões, uma vez que, inicialmente, todas as amostras apresentaram resultado de 1205,5 NMP/g e no 6º dia, 2400,0 NMP/g. Logo, a presença do revestimento comestível, indiferente da formulação, não foi eficiente em controlar o desenvolvimento desse grupo de microrganismo no fruto. Essa ineficiência pode estar relacionada à baixa capacidade antimicrobiana dos compostos utilizados

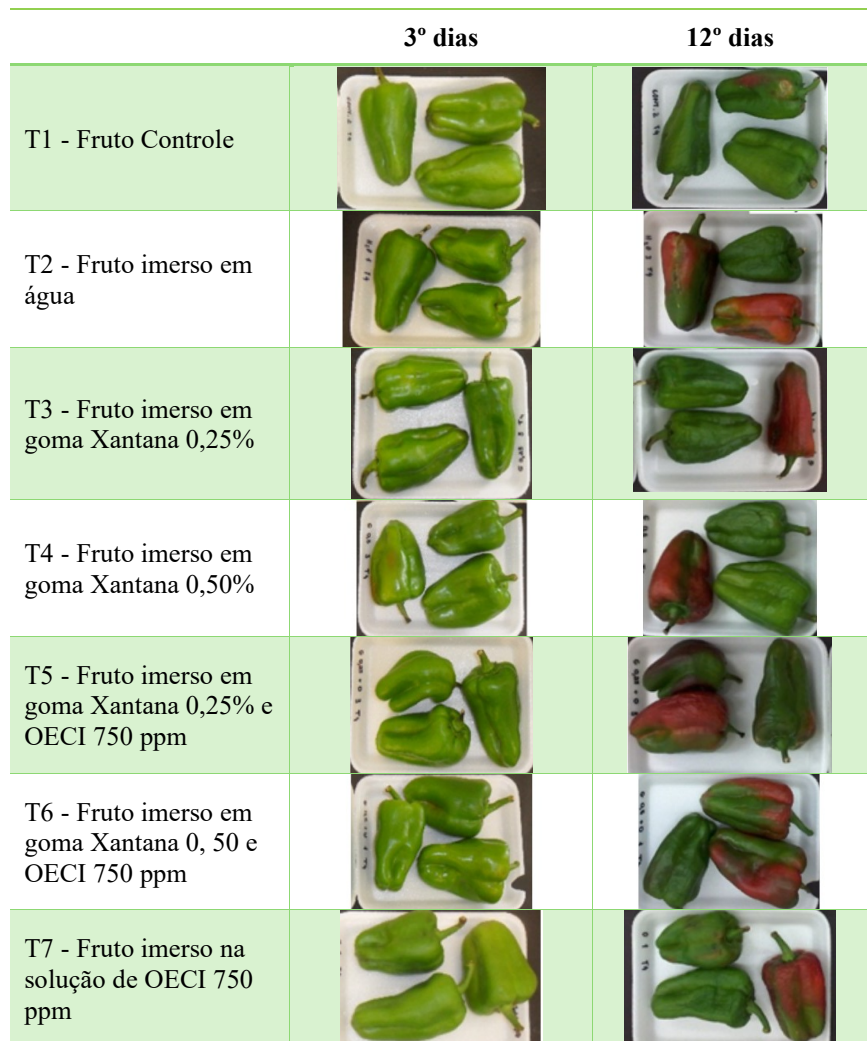


Figura 7. Frutos de pimentão ‘Dahra’ utilizados para comparação de cor e aparência. Tratamentos no 3º Dia e armazenamento; II - 12º Dia de armazenamento

nas concentrações testadas, à possível degradação ou volatilização dos princípios ativos dos óleos essenciais, ou ainda à limitação da matriz de goma em formar uma barreira física efetiva contra trocas gasosas e perda de umidade, fatores que favorecem a multiplicação microbiana (ALVES et al., 2021; SILVA et al., 2020a). No entanto, observou-se uma tendência, no 12º dia de armazenamento para os pimentões revestidos T3 (1430,0 NMP/g) e T5 (1305,0 NMP/g) por apresentarem menor resultado quando comparados aos demais tratamentos (2400,0 NMP/g), mas não diferiram

estatisticamente. Para coliformes termotolerantes, não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados. No entanto, observou-se que os pimentões que possuíam o OECE apresentaram ao 6º dia de armazenamento uma menor contagem com valor médio de 2,0 NMP/g, enquanto os tratamentos T1, T2, T3 e T4 apresentaram valores de 6,5; 4,5; 2,5 e 4,5 NMP/g, respectivamente. Ao final do tempo de armazenamento todos os tratamentos apresentaram contagem < 3 NMP/g com exceção do tratamento com T6 (15 NMP/g) e T7 (8,5 NMP/g).

Tabela 1. Coliformes totais em Número Mais Provável por grama (NMP/g) (35°C) das amostras de pimentão submetidas a diferentes tratamentos com revestimento de goma e óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia), armazenadas à 27,5°C e umidade relativa de 41,75%.

Revestimentos	Dias de armazenamento		
	Caracterização	Seis dias	Doze dias
Controle	1205,5 aA	2400,0 aA	2400,0 aA
Imersos em água	1205,5 aA	2400,0 aA	2400,0 aA
Goma 0,25%	1205,5 aA	2400,0 aA	1430,0 aA
Goma 0,50%	1205,5 aA	2400,0 aA	2400,0 aA
Goma 0,25% + óleo	1205,5 aA	2400,0 aA	1305,0 aA
Goma 0,50% + óleo	1205,5 aA	2400,0 aA	2400,0 aA
Óleo	1205,5 aA	2400,0 aA	2400,0 aA

*As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação à presença de *Escherichia coli*, esta foi detectada apenas no 12º dia de armazenamento, exclusivamente nos pimentões tratados com as formulações T6 e T7. Esse resultado sugere que essas formulações apresentaram menor eficácia antimicrobiana ao longo do tempo, possivelmente devido à degradação dos compostos ativos ou à concentração insuficiente dos óleos essenciais utilizados. Guimarães et al. (2017) demonstraram atividade inibitória in vitro do extrato aquoso e do óleo essencial de alecrim e cravo-da-índia contra cepas de *S. aureus* e *E. coli*. No entanto, como os autores não especificam as concentrações testadas, torna-se difícil comparar diretamente os dados. Ainda assim, a presença de *E. coli* apenas nas formulações T6 e T7 pode indicar que a combinação ou a dose dos componentes nelas presentes não foi suficiente para manter a ação antimicrobiana até o final do armazenamento. Para contagem de bolores e leveduras, observou-se que no início do armazenamento (caracterização) todos os tratamentos apresentaram valor de $3,8 \times 10^4$ UFC/g. Enquanto nos demais tempos (6º e 12º dia) as colônias apresentavam condições incontáveis, considerando-se impróprios para o consumo.

Dos tratamentos avaliados, constatou-se que os frutos revestidos com a formulação somente o OECE não apresentaram a presença de *Salmonella* sp. no 6º e 12º dia de armazenamento. No entanto, para todas as outras formulações, em todos os tempos de armazenamento, observou-se a presença de *Salmonella* sp. que pode estar associada a fatores provenientes do solo, água ou ainda de contaminação por fezes. Ressalta-se que quando a qualidade da água utilizada na irrigação é negligenciada poderão ocorrer efeitos indesejáveis de contaminação (LAMAS et al., 2018).

Os resultados indicam que há necessidade de aprimoramento das formulações para potencializar a eficácia dos revestimentos no controle das perdas pós-colheita.

Sugere-se a realização de novos estudos com diferentes concentrações do óleo essencial e possíveis ajustes na formulação do biopolímero utilizado como matriz (goma xantana). A pesquisa contribui para o desenvolvimento de alternativas naturais e seguras para a conservação de produtos hortícolas, reduzindo a dependência de conservantes sintéticos e promovendo métodos mais sustentáveis de preservação de alimentos.

CONCLUSÕES

O óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) possui ação antifúngica contra os fungos *Colletotrichum* sp. e *Aspergillus* sp., com concentração inibitória mínima de 750 ppm, evidenciando seu potencial como agente natural de controle de patógenos em pimentões, sendo o eugenol como componente majoritário responsável pelas propriedades antimicrobianas.

O revestimento comestível contendo óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) mostrou-se promissor no controle microbiológico, especialmente na redução da presença de *Salmonella* sp, embora as formulações de revestimentos não tenham alterado os parâmetros físico-químicos dos pimentões durante o armazenamento.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) Campus Limoeiro do Norte pelo suporte de laboratórios e materiais de análise, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação Cearense de Apoio à Pesquisa (FUNCAP) pelo apoio financeiro e suporte de bolsas.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th Edition. Allured Pub., Carol Stream, 2007. 804p.
- AGRIOS, G. N. Plant pathology. 5. ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2005.
- AGUIAR, F. I. S.; SILVA, M. S.; FREITAS JÚNIOR, F. G. B. F.; BANDEIRA, R.S.; ALMEIDA, E. I. B.; NEVES JÚNIOR, A. C. V.; OLIVEIRA, L. B. T.; MARTINS, M. R. Saco hermético e filme plástico na conservação de pimentão verde, sob condições de armazenamento ambiente. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v. 12, n. 02, p.603-610, 2021. [10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0052](https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0052)
- AGUIAR, F. I. S.; SILVA, M. S.; MACEDO, K. B. C.; SILVA, M. D. C.; COSTA NETA, C. M.; ALMEIDA, E.I.B.; DIOHARA, I.P.; PIRES, I.C.G. Pós-colheita, patogenias e destinação final de perdas na comercialização de pimentão verde. Research, Society and Development, v. 09, n. 09, p. 01-24, 2020. [10.33448/rsd-v9i9.6678](https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.6678)
- ALFENAS, A.; MAFIA, R. G. Métodos em fitopatologia. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007.
- ALMEIDA, J. C.; ALMEIDA, P. P.; GHERARDI, S. R. M. Potencial antimicrobiano de óleos essenciais: uma revisão de literatura de 2005 a 2018. Nutri Time Revista Eletrônica, v. 17, n. 01, p. 8623-8633, 2020.
- ALMEIDA, K. M., BALDANZI, A. A. S., PAZ, L. G. R., SILVA, J. C. B. V., ROSA, A. V. S., VEIGA, D. K. E., LIRA, M. C., COSTA, R. V. Avaliação da atividade biofilme do extrato do cravo da Índia (*Syzygium aromaticum*) diante do desenvolvimento de bolores em morangos (*Fragaria* L.). Revista Contemporânea, v. 4, n. 1, p. 2887-2904, 2024. [10.56083/RCV4N1-161](https://doi.org/10.56083/RCV4N1-161)
- ALMINO, H. A.; SANTOS, S. C. L. Efeito da aplicação de revestimentos comestíveis em frutas e hortaliças minimamente processadas. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, v. 14, n. 01, p. 100-104, 2020.
- ALVES, P. I. C.; RADÜNZ, M.; BORGES, C. D.; BASTOS, C. P.; TIMM, C. D.; GANDRA, E. A. Potencial antimicrobiano de revestimento bioativo à base de quitosana incorporado com óleo essencial de cravo-da-índia em produto cárneo análogo a hambúrguer. Research, Society and Development, v. 10, n. 11, p. 01-09, 2021. [10.33448/rsd-v10i11.19373](https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19373)
- AOAC. Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 18th Edition. Gaithersburg: AOAC International, 2005. 2.590p.
- AWUCHI, C. G.; MORYA, S. Herbs of asteraceae family: nutritional profile, bioactive compounds, and potentials in therapeutics. In: GUPTA, P.; CHHIKARA, N.; PANGHAL, A. (Eds.). Harvesting Food from Weeds, Hoboken: Wiley, 2023. p. 21-78.
- BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. Illustrated genera of imperfect fungi (3th Edition). Minneapolis: Burgess Publishing Company, 1972. 241p.
- BHATIA, S.; AL-HARRASI, A.; SHAH, Y. A.; ALRASBI, A. N. S.; JAWAD, M.; KOCA, E.; AYDEMIR, L. Y.; ALAMOUDI, J. A.; ALMOSHARI, Y.; MOHAN, S. Structural, mechanical, barrier and antioxidant properties of pectin and xanthan gum edible films loaded with grapefruit essential oil. Heliyon, v. 10, n.03, p. 01-10, 2024. [10.1016/j.heliyon.2024.e25501](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25501)
- BUENO, G. N.; FIGUEIREDO, G. D.; LOPES, E. S.; OLIVEIRA, R. S. R.; SILVA, N. C. S. EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF ESSENTIAL OILS FROM CLOVE (*Eugenia caryophyllus*). Journal of Exact Sciences, v. 37, n. 1, p. 1-3, 2023.
- BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. International Journal of Food Microbiology, v. 94, n. 03, p. 223-253, 2004. [10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022)
- BUSSEL, J.; KENIGSBERGER, Z. Packaging green bell peppers in selected permeability flms. Journal of Food Science, v. 40, n.06, p. 1300-1303, 1975. [10.1111/j.1365-2621.1975.tb01077.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1975.tb01077.x)
- CHAGAS, T. L. K.; BARBOSA, C. A. C.; SORIANI, R.; SANTOS, E. D.; LEITE, C. A. M. Conservação de frutos de pimentão em pós-colheita submetidos a duas condições de armazenamento: temperatura ambiente e refrigeração. Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa, v.34, n. especial Ciências Agrárias, p. 117-127, 2018.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. (2005). Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. (2ª edição). Lavras: UFLA, 2005. 378p.
- COELHO, C. C. DE S.; FONSECA, M. J. O.; SOARES, A. G.; CAMPOS, R. D. S.; FREITAS-SILVA, O. 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'. Revista Engenharia na Agricultura - REVENG, v. 25, n. 6, p. 479-490, 2017. [10.13083/reveng.v25i6.723](https://doi.org/10.13083/reveng.v25i6.723)
- CORTÉS-ROJAS, D. F.; FERREIRA, M. I; OLIVEIRA, W. P. Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, v. 4, n. 2, p. 90-96, 2014. [10.1016/S2221-1691\(14\)60215-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(14)60215-X).
- CORTEZ-VEGA, 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. DOI: [10.5433/1679-0359.2013v34n4p1753](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1753)
- DRAWANZ, B. B.; BUENO, T. R.; BOCCHESI, C. A. C.; BEZ, F. S.; ANTUNES, L. E. G. Óleos essenciais e hidrolatos de orégano e cravo-da-índia sobre o desenvolvimento micelial de *Botrytis cinerea* isolado de morangos. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 15, n. 04, p. 341-345, 2020. [10.18378/rvads.v15i4.7952](https://doi.org/10.18378/rvads.v15i4.7952)
- GUIMARÃES, C. C.; FERREIRA, T. C.; OLIVEIRA, R. C. F.; SIMIONI, P. U.; UGRINOVICH, L. A. Atividade antimicrobiana in vitro do extrato aquoso e do óleo essencial do alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e do cravo-da-índia (*Caryophyllus aromaticus* L.) frente a cepas de

- Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Revista Brasileira de Biociências, v. 15, n. 02, p. 83-89, 2017.
- GULL, S.; EJAZ, S.; ALI, S.; ALI, M. M.; SARDAR, H.; AZAM, M.; ALMUTAIRI, M. Xanthan gum-based edible coating effectively preserve postharvest quality of “Gola” guava fruits by regulating physiological and biochemical processes. BMC Plant Biology, v. 24, n. 1, p. 450, 2024. DOI: [10.1186/s12870-024-05117-1](https://doi.org/10.1186/s12870-024-05117-1)
- HUONG, L. T.; THINH, B. B.; HUNG, N. H.; PHU, H. V.; HIEU, N. C.; DAI, D. N. Chemical composition, antimicrobial and larvicidal activities of essential oils of two *Syzygium* species from Vietnam. Brazilian Journal of Biology, v. 84, n. 01, p. 01-09, 2024. [10.1590/1519-6984.270967](https://doi.org/10.1590/1519-6984.270967)
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. (1. Edição Digital). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.
- KAMATOU, G. P.; VERMAAK, I.; VILJOEN, A. M. Eugenol - from the remote Maluku Islands to the international market place: a review of a remarkable and versatile molecule. Molecules, v. 17, n. 6, p. 6953-6981, 2012. [10.3390/molecules17066953](https://doi.org/10.3390/molecules17066953)
- KASHYAP, P.; SHIKHA, D.; GAUTAM, S.; RANI, U. Eleusine indica. In: GUPTA, P.; CHHIKARA, N.; PANGHAL, A. (Ed.). *Harvesting food from weeds*. Hoboken: Wiley, 2023. p. 113-141.
- LAMAS, A.; MIRANDA, J. M.; REGAL, P.; VÁZQUEZ, B.; FRANCO, C. M.; CEPEDA, A. A comprehensive review of nonenterica subspecies of *Salmonella enterica*. Microbiological Research, v. 206, n. 01, p. 60-73, 2018. [10.1016/j.micres.2017.09.010](https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.09.010)
- LORENZETTI, E. R. Controle de doenças do morangueiro com óleos essenciais e *Trichoderma* ssp. 2012. 107 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- MOURA, G. S.; SCHEFFER, D. C.; FRANZENER, G.; JASKI, J. M. Efeito de óleos essenciais de *Citrus* spp. no controle pós-colheita da antracnose em banana e pimentão. Revista Cultivando o Saber, v. 10, n. 03, p. 73-87, 2017.
- 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. 02, p. 511-523, 2016. [10.1590/1983-084X/15_222](https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_222)
- PAN, Y.; LUO, X.; GONG, P. *Spatholobi caulis*: A systematic review of its traditional uses, chemical constituents, biological activities and clinical applications. Journal of Ethnopharmacology, v. 317, n. 01, p. 01-14, 2023. [10.1016/j.jep.2023.116854](https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116854)
- RIBEIRO, C. S. C.; CRUZ, D. M. R. Tendência de mercado: comércio de pimentão em expansão. Cultivar, v. 03, n. 14, p. 16-19, 2002.
- SANTOS, A. E. O.; ASSIS, J. S.; BERBERT, P. A.; SANTOS, O. O.; BATISTA, P. F.; GRAVINA, G. A. Influência de biofilmes de fécula de mandioca e amido de milho na qualidade pós-colheita de mangas ‘Tommy Atkins’. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 6, n. 3, p. 508-531, 2011. DOI: [10.5039/agraria.v6i3a755](https://doi.org/10.5039/agraria.v6i3a755)
- SENA, E. O. A.; COUTO, H. G. S. A.; PAIXÃO, A. R. C.; SILVEIRA, M. P. C. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G.; CARNELOSSI, M. A. G. Utilização de biofilme comestível na conservação pós-colheita de pimentão verde (*Capsicum annum* L.). Scientia Plena, v. 12, n. 08, p. 01-09, 2016. [10.14808/sci.plena.2016.080201](https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.080201)
- SILVA, D. M. M. H.; BASTOS, C. N. Atividade antifúngica de óleos essenciais de espécies de Piper sobre *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*. Fitopatologia Brasileira, v. 32, n. 02, p. 143-145, 2007. [10.1590/S0100-41582007000200008](https://doi.org/10.1590/S0100-41582007000200008)
- SILVA, A. S.; SOUZA, B. W. S.; BISPO, A. S. R.; FERREIRA, M. A.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S. Inativação de patógenos em carne bovina fresca revestida com monocamada comestível de quitosana. Magistra, v. 31, n. 01, p. 460-464, 2020a.
- SILVA, J. R. S.; ALMEIDA, M. P.; MOREIRA, J. G. V.; OLIVEIRA, E. Produção de pimentão em ambiente protegido sob diferentes concentrações de microrganismos eficientes. Enciclopédia Biosfera, v. 17, n. 34, p. 408-416, 2020b.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M.; SANTOS, R.; GOMES, R. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. (4ª edição). São Paulo: Livraria Varela, 2010. 632 p.
- SOUZA JÚNIOR, I. T.; SALES, N. L. P.; MARTINS, E. R. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, isolado do maracujazeiro amarelo. Revista Biotemas, v. 22, n. 03, p. 77-83, 2009. [10.5007/2175-7925.2009v22n3p77](https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n3p77)
- SOUSA, P. S. A.; RODRIGUES, M. G.; ALVARENGA, E. M. Prospecção tecnológica, com ênfase nas atividades biológicas nematicida e larvicida, do óleo essencial do cravo-da-índia e do eugenol. Cadernos de Prospecção, v. 13, n. 01, p. 154-170, 2020. [/10.9771/cp.v13i1.29624](https://doi.org/10.9771/cp.v13i1.29624)
- SOUSA, S. B.; BARROS, R. F. M.; ANDRADE, L. H. C.; LOPES, J. B. Plantas Fungicidas Utilizadas em Comunidades Rurais da Região Sul do Piauí, Nordeste do Brasil. Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science, v. 10, n. 3, p. 145-154, 2021. [10.21664/2238-8869.2021v10i3.p145-154](https://doi.org/10.21664/2238-8869.2021v10i3.p145-154)
- VIANA, F. M. P.; FREIRE, F. C. O.; PARENTE, G. B. Controle das Principais Doenças do Pimentão Cultivado nas Regiões Serranas do Estado do Ceará. Fortaleza: Embrapa Hortaliças, [s.d.]. (Comunicado Técnico, 132). 2007.
- VIEIRA, CL; ASCHERI, DPR; SIGNINI, R. Revestimento em frutas com quitosana pura e misturada a outros materiais – Uma revisão sistemática. Revista Processos Químicos, v. 16, n. 31, p. 29-43, 2022. [10.19142/rpq.v17i31.634](https://doi.org/10.19142/rpq.v17i31.634)