

REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS EM FRUTAS CONTENDO EXTRATOS VEGETAIS DE *MELISSA OFFICINALIS* E *CAMELLIA SINENSIS*: atividade antioxidante e antifúngica

Denilson Leal Rocha¹
Eliane Campos de Souza²
Gustavo Luis Ferreira Barbosa³
José Vieira Gomes Júnior⁴
Maine Virgínia Alves Confessor⁵
Thamara Rodrigues de Melo⁶
Rodrigo Molina Martins⁷

RESUMO

Biopolímeros comestíveis associados a extratos de plantas têm sido estudados com a finalidade de desenvolver métodos de controle a agentes deteriorantes como a oxidação e patógenos. O uso de compostos bioativos de plantas pode promover efeitos à saúde, bem como aumentar a vida útil de frutas, por atuarem como antioxidantes e antifúngicos. Diante disso, objetivou-se desenvolver revestimentos comestíveis contendo extratos de *Melissa officinalis* e *Camellia sinensis*, as quais se destacam pelo seu uso popular no tratamento de problemas relacionados à saúde. Os revestimentos comestíveis foram preparados em meio aquoso contendo gelatina e a combinação dos extratos de *Melissa officinalis* e *Camellia sinensis* na concentração de 10 % em formulação. A ação antifúngica do revestimento contendo os extratos foi realizada frente ao fungo *Alternaria alternata* e após um período de 48 h de incubação foram realizadas medições do diâmetro das colônias. Os extratos apresentaram uma diminuição do diâmetro de colônia significativa quando comparado ao grupo controle. O potencial antioxidante dos extratos foi determinado pelo método DPPH°, evidenciando excelente atividade antioxidante. Na avaliação do tempo de prateleira as frutas revestidas apresentaram menor perda de massa e melhor aparência quando comparadas com o grupo sem revestimento. Pode-se concluir que a aplicação dos revestimentos contendo extratos de *Melissa officinalis* e *Camellia sinensis* é uma excelente alternativa para garantir maior tempo de estocagem das frutas tratadas e maior atratividade destas. Além disso, diminui a possibilidade de contaminação frente ao fungo *Alternaria alternata* e aumentou as propriedades antioxidantes dos consumidos.

Palavras-chave: Biopolímeros; *Alternaria alternata*; gelatina; Tempo de prateleira.

ABSTRACT

Edible biopolymers associated with plant extracts have been studied in order to develop control methods for deteriorating agents such as oxidation and pathogens. The use of bioactive plant compounds can promote health effects, as well as increase the shelf life of fruits, by acting as antioxidants and antifungals. Therefore, the objective was to develop edible coatings containing extracts of *Melissa officinalis* and *Camellia sinensis*, which stand out for their popular use in

¹ Graduando em Farmácia no Centro Universitário UNIFACISA.

² Graduada em Farmácia pelo Centro Universitário UNIFACISA.

³ Graduando em Farmácia no Centro Universitário UNIFACISA.

⁴ Graduando em Farmácia no Centro Universitário UNIFACISA.

⁵ Docente no Centro Universitário UNIFACISA, Mestre em Biologia pela Universidade de Coimbra - Portugal, Doutoranda em Biologia Aplicada à Saúde (UFPE) e Graduada em Medicina pelo Centro Universitário UNIFACISA.

⁶ Docente no Centro Universitário UNIFACISA e Dra. Em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos (UFPB).

⁷ Docente no Centro Universitário UNIFACISA e Dr. em Ciências Farmacêuticas (FCFRP).

the treatment of health-related problems. The edible coatings were prepared in an aqueous medium containing gelatin and a combination of *Melissa officinalis* and *Camellia sinensis* extracts at a concentration of 10% in the formulation. The antifungal activity of the coating containing the extracts was carried out against the fungus *Alternaria alternata* after an incubation period of 48 h, measurements of the diameter of the colonies were carried out. The combination of extracts showed a significant decrease in the colony diameter when compared to the control group. The antioxidant potential of the extracts was determined by the DPPH° method, evidencing the high capacity of the combination of extracts. In the evaluation of the shelf life, the coated fruits showed less mass loss and better appearance when compared to the uncoated group. It can be concluded that the application of coatings containing *Melissa officinalis* and *Camellia sinensis* extracts is an excellent alternative to ensure longer storage of treated fruits and greater attractiveness. Furthermore, it reduces the possibility of contamination from the *Alternaria alternata* fungus and increases the antioxidant properties of those consumed.

Keywords: Biopolymers; *Alternaria alternata*; gelatin; Shelf time.

1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da vida, uma boa alimentação é uma prática de extrema importância para sua continuidade, e quando se remete ao conceito de boa alimentação, este está diretamente associado ao consumo de frutas e verduras. Entretanto, uma característica negativa das frutas é sua perecibilidade. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), até 50% das frutas e vegetais produzidos nos países em desenvolvimento são perdidos dentro do intervalo da colheita e o consumo, onde este dado decorre, principalmente, por estes produtos serem altamente perecíveis e delicados, o que pode causar altos níveis de perda e desperdício de alimentos em todas as etapas da produção (FAO, 2021). No Brasil da quantidade total de frutas e hortaliças produzidos, cerca de 30% são perdidos, essas perdas incluem lesões mecânicas, patogênicas ou fisiológicas que alteram suas propriedades físicas, químicas, microbiológicas e organolépticas (Almeida *et al.*, 2020).

Deste modo, o investimento em tecnologias voltadas à área de alimentos tem como vertente aumentar o tempo de vida desses consumíveis. Nesse contexto, foram criadas as embalagens inteligentes que ajudam a proteger os alimentos dos agentes externos, prolongando seu tempo de vida útil e otimizando sua qualidade e rendimento, assim como os filmes e revestimentos comestíveis (Silva, 2018). Os revestimentos comestíveis são formados por, pelo menos, um componente capaz de formar uma camada contínua e coesa, como macromoléculas, lipídios e polissacarídeos. Trazendo a vantagem de controlar as trocas gasosas, a transferência

de umidade e os processos de oxidação. Além disso, podem ser adicionados aos revestimentos substâncias como antimicrobianos, antioxidantes, na intenção de aumentar o prazo de validade e melhorar as características do produto, deixando-os por mais tempo disponíveis aos consumidores, preservando suas características físico-química e organolépticas. Além disso, o uso desses revestimentos associados aos extratos vegetais com propriedades antibacterianas e/ou antifúngicas podem vir a ser uma alternativa ao uso de antimicrobianos sintéticos (Pirsa *et al.*, 2020). Estes são importantes do ponto de vista tecnológico na produção de alimentos, entretanto, existe a possibilidade de riscos toxicológicos na ingestão frequente pode acarretar reações alérgicas, alterações neurocomportamentais e a longo prazo, neoplasias (Arsène *et al.*, 2022).

Em adição, o olhar dos consumidores tem se mostrado mais seletivo e exigente, dando preferência a ingestão de produtos mais próximos do natural. Logo, além do baixo custo, fácil acesso aos materiais empregados e a simples manipulação, os consumidores têm a opção de uma alimentação mais saudável por possuírem nos seus lares alimentos com maior vida de prateleira, estando menos susceptíveis a deterioração de agentes externos (Teshome *et al.*, 2022). Apesar das campanhas de conscientização sobre perdas e desperdício de alimentos, os números dessa realidade ainda são elevados, logo, manter em foco o uso consciente desses recursos e a discussão e implementação de novas tecnologias ao setor alimentício são atos de extrema importância. Uma estratégia para minimizar essas perdas e diminuir gastos dispendiosos com conservação é a aplicação de revestimentos comestíveis. Esses revestimentos são películas finas aplicadas na superfície das frutas criando uma barreira entre o meio interno e externo passando a exercer funções na preservação do alimento. Essas funções, resultam da adição de compostos antimicrobianos, agentes reticulantes, reguladores de pH e plastificantes (Antoniou *et al.*, 2015). Além disso, existem componentes que podem ser adicionados aos revestimentos comestíveis, como por exemplo, os extratos vegetais ou substâncias naturais com propriedades antioxidantes e antimicrobianas, pois são justamente essas propriedades que além de proteger fisicamente o produto, contribuem consideravelmente para manutenção da coloração natural dos alimentos, reduz a taxa respiratória e perda de massa, além de contribuir também para preservação dos compostos nutricional e funcional (Costa *et al.*, 2017).

O diferencial na utilização de revestimentos comestíveis nos alimentos, são: características sensoriais compatíveis com diversos alimentos, barreira ao vapor d'água e vapores orgânicos, tecnologia simples, não poluente e de baixo custo, estabilidade bioquímica, físico-química e microbiológica, e não possuem componentes tóxicos para a saúde humana (Daraba, 2008). Algumas plantas merecem destaque como a *Melissa officinalis* L., popularmente conhecida como erva-cidreira e *Camellia sinensis*, popularmente conhecida como chá verde (Silva *et al.*, 2023; Alves & Thomazi, 2023).

A *Melissa officinalis* é uma planta medicinal utilizada na medicina tradicional por todo o mundo. Trata-se de uma planta perene aromática que geralmente cresce na região do Mediterrâneo e Ásia Ocidental, sendo intensamente cultivada na Europa e, devido ao seu caráter químico composição e numerosos efeitos farmacológicos (Petrisor *et al.*, 2022). Sua composição química é constituída principalmente de flavonóides, terpenóides, ácidos fenólicos, taninos e óleo essencial (Castro-Muñoz *et al.*, 2023). A maioria dos estudos tem se concentrado nos extratos de folhas de *Melissa officinalis*, obtendo perfis fenólicos correlacionados com antiproliferativo, antiangiogênico, antiviral, antioxidante, efeitos ansiolíticos, antidepressivos, anti-Alzheimer, neuroprotetores, cardioprotetores, antifúngicos e antibacterianos (Petrisor *et al.*, 2022).

A *Camellia sinensis* oferece uma grande diversidade de chás, sendo o preto, verde, e branco os mais conhecidos. Geralmente, o chá verde tem sido mais preferido em comparação com outros chás devido a presença dos polifenóis que contribuem para vários benefícios à saúde (Chaudhary *et al.*, 2023). Além dos polifenóis essa planta apresenta cafeína, teanina, polissacarídeos e outros componentes, os quais são responsáveis separadamente de atividades farmacológicas como anticancerígena, antioxidante, protegendo o sistema nervoso e redução do açúcar no sangue. O chá verde é considerado adequado para pacientes com hipertensão, hiperlipidemia, doença coronariana, arteriosclerose e diabetes (Zhao *et al.*, 2022).

Tendo em vista este cenário, objetivou-se produzir um revestimento comestível contendo uma associação dos extratos hidroalcoólico de *Melissa officinalis* L. e *Camellia sinensis* em uvas como modelo de fruta para serem revestidas. Avaliar o tempo de prateleira, a atividade antioxidante e a ação antifúngica de revestimentos preparados contendo a associação de extratos.

2 METODOLOGIA

2.1 Local da Pesquisa e Tipo de Estudo

A pesquisa foi realizada na UNIFACISA/LAMCIF (Laboratório Multiusuário de Ciências Farmacêuticas). A pesquisa aplicada foi de caráter experimental, com abordagem qualitativa e quantitativa com análise descritiva dos dados.

2.2 Materiais

Os extratos hidroalcoólicos foram adquiridos numa farmácia de manipulação localizada na cidade de Campina Grande - PB. Uma amostra do fungo *Alternaria alternata* foi adquirida por doação do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). O meio *Potato* Dextrose Agar (BDA) foi cedido pelo laboratório LAMCIF. As frutas foram compradas em mercado local, selecionadas e padronizadas quanto à maturação e ausência de defeitos.

3 MÉTODOS

3.1 Preparo do revestimento comestível

O preparo do revestimento comestível contendo a associação dos extratos foi realizado conforme Friedrich (2017). 10 g de gelatina foram solubilizadas em 100 mL de água destilada na temperatura de 50°C, sendo posteriormente acrescentados o extrato de *C. sinensis* e *M. officinalis* na concentração de 10 % (5mL de cada extrato). Foram preparados um revestimento contendo apenas gelatina, um contendo apenas extrato de *C. sinensis* e outro contendo apenas *M. officinalis*. Estes revestimentos foram feitos para estudos de comparação.

3.2 Avaliação do potencial antifúngico dos extratos frente ao fungo *Alternaria alternata*

O ensaio do potencial antifúngico foi feito de acordo com Perini *et al*, (2013) e Balem, (2021) com adaptações. Inicialmente, foi preparado 100 mL do meio BDA conforme descrição do fabricante Kasvi®. Em seguida, o meio foi esterilizado em autoclave à 121 °C durante 15

min. Após o resfriamento do meio, o mesmo foi vertido em placas de Petri conforme a preparação de cada tratamento como descrito na Tabela 1. Logo após, foi realizado o semeio do fungo com um *swab* estéril onde uma pequena quantidade do fungo foi colocada no centro da placa. As placas foram fechadas, identificadas e seguiram para a estufa à 26°C. Cada experimento foi feito em duplicata. Após o período de 48 h de incubação foram realizadas medições do diâmetro das colônias. Em seguida, foi calculado o Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) e a Porcentagem de Inibição do Crescimento da Colônia (PIC):

O PIC foi determinado pela fórmula:

$$\text{PIC} = (\text{diâmetro do controle} - \text{diâmetro do tratamento}) / \text{diâmetro do controle} \times 100.$$

O ICVM foi determinado pela fórmula:

$$\text{IVCM} = \Sigma (\text{D}-\text{D}_a) / \text{N}, \text{ onde:}$$

D= diâmetro médio atual da colônia;

D_a= diâmetro médio da colônia do dia anterior;

N= número de dias após a inoculação;

As análises visuais, fotográficas e de medição do crescimento das colônias foram realizadas diariamente até o momento em que o patógeno da placa controle apresentou colonização completa da superfície do meio.

Tabela 1: Placas de Petri com seus respectivos tratamentos.

Placas	Tratamentos
Placa 1	Revestimento + mistura dos extratos
Placa 2	BDA + mistura dos extratos
Placa 3	BDA + <i>M. officinalis</i>
Placa 4	BDA + <i>C. sinensis</i>
Placa 5	BDA + fungo (placa controle)

3.3 Aplicação dos revestimentos nas frutas

As frutas foram higienizadas com solução de hipoclorito de sódio a 5% por um período de 15 minutos. Em seguida, foram deixadas para secagem a temperatura ambiente. As frutas foram divididas em 6 grupos, onde cada grupo foi composto de oito frutas. O grupo 1 correspondeu ao grupo controle (GC), o qual não recebeu revestimento comestível, o grupo 2 recebeu o tratamento apenas com a gelatina (GG), o grupo 3, recebeu o tratamento contendo a gelatina e a mistura dos extratos (GGE), o grupo 4, recebeu o tratamento apenas com a

Gelatina sendo contaminado com o patógeno (GGC), o grupo 5, recebeu o tratamento contendo a gelatina e a mistura dos extratos sendo contaminado com o patógeno (GEC), por fim, o grupo 6 correspondeu ao grupo controle contaminado (GCC). A aplicação do revestimento consistiu em mergulhar cada fruta na solução de revestimento, aguardar 30 segundos e retirar. Após a aplicação dos tratamentos, as uvas foram deixadas em temperatura ambiente (25°C) durante 21 dias. Em dias alternados, as frutas foram pesadas e fotografadas. Foram registradas também características visuais, como cor, aparência de todos os grupos e a possível ação antifúngica dos extratos. Os dados quantitativos foram analisados usando o *software GraphPad Prism* versão 8.0.

3.4 Determinação da atividade antioxidante

A atividade antioxidante dos extratos foi realizada como descrito por Martins *et al.*, (2013) através do monitoramento do consumo do radical livre 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH[•]) pelas alíquotas das amostras preparadas. Foi preparada uma solução utilizando 0,01g do radical DPPH[•] solubilizados em 250 mL de álcool etílico, após a agitação a solução foi deixada sob proteção da luz. Em seguida, foram preparadas diluições dos extratos nas seguintes concentrações: 1,0 µg/mL, 1,5 µg/mL, 2,0 µg/mL, 2,5 µg/mL, 5 µg/mL, 7,5 µg/mL, 10 µg/mL e 12 µg/mL. Cada concentração foi feita em triplicata adicionando-se a quantidade encontrada de extrato em 1 mL da solução etanólica de DPPH[•]. Logo após homogeneizou-se, aguardou 15 minutos. Em seguida, procedeu-se com a leitura no espectrofotômetro no comprimento de onda de 525 nm. A inibição antioxidante por porcentagem foi estimada pela seguinte equação:

$$\% \text{ inibição} = 100 - \frac{[(ABS_{AMOSTRA} - ABS_{BRANCO}) \times 100]}{ABS_{CONTROLE}}$$

Onde:

ABS_{AMOSTRA} consiste na absorbância da fração;

ABS_{BRANCO} é a absorbância apenas do etanol;

ABS_{CONTROLE} expressa a absorbância da solução de DPPH em etanol;

Os valores obtidos através desta fórmula foram necessários para determinar o valor de IC₅₀, que representa a concentração da amostra necessária para sequestrar 50% dos radicais DPPH[•]. As medidas foram calculadas e os resultados expressos como média ± desvio padrão absoluto. A eficiência antirradicalar foi estabelecida usando-se análise de regressão

linear no intervalo de confiança de 95 % ($p < 0,05$) obtido pelo programa de estatística *GraphPad Prism* 5.0. Os resultados foram representados pelo valor da IC_{50} .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atividade Antioxidante

O método de DPPH^o consiste em método de baixo custo, simples e rápido. O DPPH^o (2,2-difenil-2-picrilhidrazil) é um radical nitrogênio orgânico que exibe uma coloração violeta intenso e a redução da coloração indica a atividade antioxidante da amostra (Gulcin & Alwasel, 2023). Os reagentes e equipamentos necessários para desenvolver este método não são difíceis de serem adquiridos. Os resultados obtidos através desta técnica podem ser exibidos de diferentes formas, estando a determinação da porcentagem de inibição e IC_{50} entre as principais. A porcentagem de inibição é mais indicada para avaliação de várias amostras (*screening*), já o IC_{50} é mais indicado para uma avaliação mais minuciosa da ação antioxidante, quando se pretende determinar a concentração necessária para reduzir em 50 % a concentração de DPPH^o (Freitas *et al.*, 2021).

A capacidade antioxidante dos extratos foi testada isoladamente e em associação. A amostra contendo apenas o extrato da *C. sinensis* apresentou a IC_{50} de $1,96 \pm 0,13$ $\mu\text{g/mL}$ seguida da *M. officinalis* de $1,77 \pm 0,37$ $\mu\text{g/mL}$ e da mistura dos extratos de $1,26 \pm 0,29$ $\mu\text{g/mL}$.

A IC_{50} da *C. sinensis* se mostrou superior ao valor apresentado pela *M. officinalis*, mesmo assim, todas se mostraram promissoras, principalmente em associação quando os extratos apresentaram um menor valor de IC_{50} quando comparado aos extratos de forma isolada. Logo, pode-se concluir que provavelmente ocorreu uma atividade sinérgica entre os extratos que potencializou o efeito antioxidante da mistura aplicada ao revestimento.

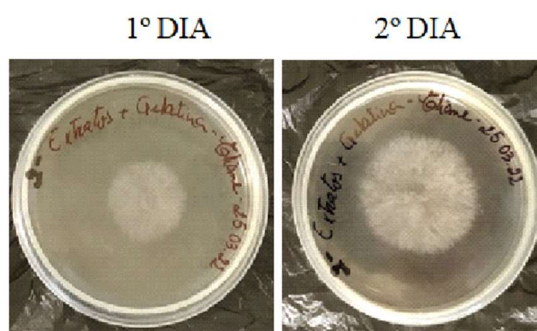
4.2 Ensaio antifúngico dos extratos frente a *Alternaria alternata*

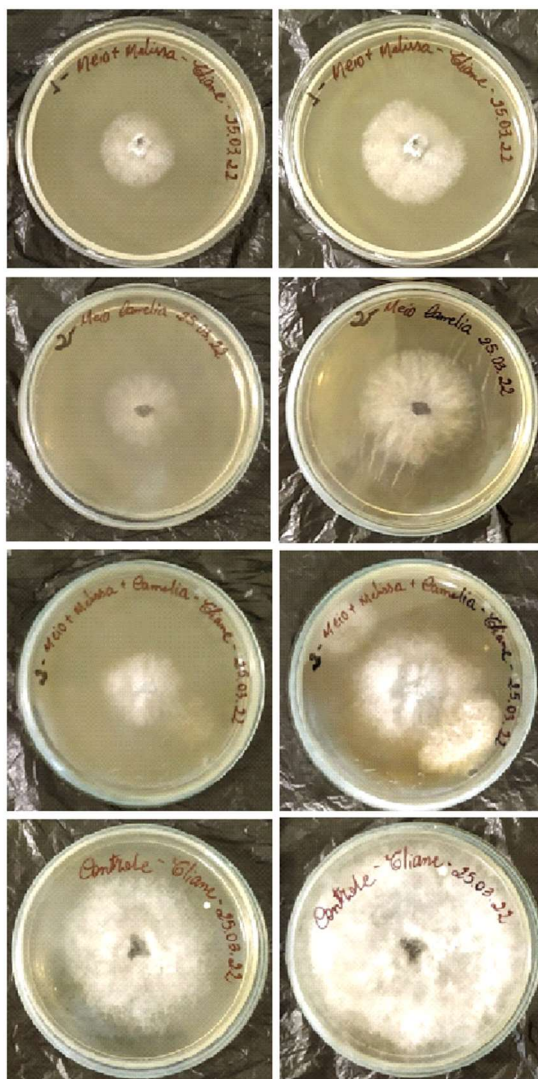
Alternaria é um gênero de fungo onipresente no meio ambiente, onde muitas espécies são patógenas de plantas, que podem acumular metabólitos tóxicos nas partes comestíveis das plantas. Suas espécies, bem como suas micotoxinas, foram isoladas de uma ampla variedade de alimentos, como cereais, frutas, vegetais e seus produtos derivados (Patriarca, 2016). O

Alternaria alternata é um fungo que atinge principalmente o tomate causando o aparecimento de manchas escuras, grandes, coriáceas e profundas, que impactam negativamente a produção e os atributos nutricionais dessa fruta (Jia *et al.*, 2023). *A. alternata* também causa manchas foliares e podridão negra nas folhas e nas uvas das videiras, levando a enormes perdas econômicas na produção dessa fruta (Pedrotti *et al.*, 2022). Portanto, foi avaliado se os extratos de *C. sinensis* e *M. officinalis* combinados ou isolados pudessem promover ação antifúngica frente ao fungo *Alternaria alternata*.

De acordo com a Tabela 1, no primeiro dia de análise, o extrato de *M. officinalis* apresentou o PIC de $55 \pm 1\%$, enquanto que o de extrato de *C. sinensis* apresentou o PIC de $48 \pm 1\%$. Já no segundo dia de análise $55 \pm 1\%$ e $46 \pm 2\%$, respectivamente. O extrato de *M. officinalis* apresentou maior atividade antifúngica do que o extrato de *C. sinensis*. No segundo dia de análise, pôde ser calculado o IVCm onde o extrato da *M. officinalis* e o revestimento de gelatina com a mistura dos extratos apresentaram o mesmo valor de $0,25 \pm 0,02$ seguidos do extrato de *C. sinensis* com $0,29 \pm 0,01$. O ensaio de atividade antifúngica revelou que os extratos reduziram o crescimento micelial de *A. alternata*, mais especificamente quando aplicados separadamente com maior destaque para o extrato de *M. officinalis*, dessa forma, mesmo os extratos apresentando bons resultados não foi verificado a propriedade de sinergismo entre a associação dos extratos. A Figura 1 mostra o crescimento no primeiro e segundo dia do fungo *A. alternata* com as amostras analisadas. Em concordância, Leitão (2016) conseguiu reforçar a existência da atividade antifúngica do óleo essencial de *M. officinalis* frente a cepas de *Candida albicans*, onde esses componentes podem terem sido os responsáveis pela ação antifúngica frente ao *A. alternata*.

Figura 1 - Atividade antifúngica dos extratos.





Onde: **A.** Revestimento + mistura dos extratos. **B.** Revestimento + mistura dos extratos. **C.** Meio BDA + *M. officinalis*. **D.** Meio BDA + *M. officinalis*. **E.** Meio BDA + *C. sinensis*. **F.** Meio BDA + *C. sinensis* **G.** Meio BDA + mistura dos extratos **H.** Meio BDA + mistura dos extratos **I.** Placa controle contendo apenas o fungo *A. alternata*. **J.** Placa controle contendo apenas o fungo *A. alternata*.

Tabela 1: Resultados do ensaio antifúngico dos extratos.

Meios	1º DIA		2º DIA		
	Diâmetro da placa	PIC (%)	Diâmetro da placa	PIC (%)	ICVM
Rev.+mistura dos extratos	3	40	4	43	0,25
BDA+mistura dos extratos	2,8	44	4	43	0,30
BDA+ <i>M. officinalis</i>	2,25	55	3,25	54	0,25
BDA + <i>C. sinensis</i>	2,6	48	3,75	46	0,29

4.3 Ação do revestimento no tempo de prateleira das frutas

Atualmente, estudos de combinações de extratos vegetais mostram-se bastante promissores, uma vez que é possível combinar determinadas atividades presentes em um extrato, com as apresentadas por outro, onde as propriedades mais características de ambos podem atuar de forma sinérgica, ou seja, a propriedade antifúngica de determinado extrato pode ser combinada com a atividade antioxidante de outro. Como mostrado por Yang *et al.*, (2022) que elaborou um revestimento à base de quitosana contendo extratos de cúrcuma e chá verde para a preservação no pós colheita de morangos. O extrato de cúrcuma se destacou pela atividade antifúngica contra o patógeno *Botrytis cinérea*, enquanto o extrato do chá verde se destacou por sua atividade antioxidante, onde a junção de suas funções desempenharam um sinergismo de atividades no revestimento comestível desenvolvido pelos autores.

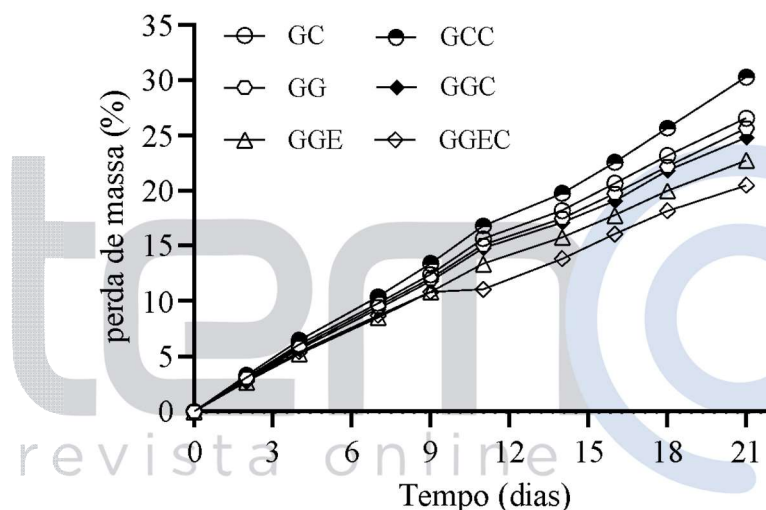
Portanto, a atividade antifúngica apresentado pelos extratos avaliados, principalmente ao extrato de *M. officinalis* e pelas propriedades antioxidantes presentes em ambos, poderiam proporcionar um revestimento comestível capaz de aumentar o tempo de prateleira de uvas evitando uma possível contaminação fúngica.

A Figura 2 mostra o perfil de perda de massa dos grupos revestidos com extrato (GGE e GGEC) e seus grupos controles sem revestimento (GC e GCC) e com revestimento contendo apenas gelatina (GG e GGC) durante 21 dias de estudo. A partir do 11º pode-se observar um maior controle na perda de massa entre os grupos tratados com extrato. Essa perda aparentemente menor dos grupos tratados com extrato se manteve até o 21º de avaliação. A mistura de extrato presentes nos grupos GGE e GGEC foram capazes de diminuir a perda de massa de maneira significativa quando comparado ao grupo sem tratamento (GC e GCC). Porém foram estatisticamente semelhantes aos grupos tratados apenas com gelatina (GG e GGC) (Tabela 1). Resposta semelhante pôde ser encontrada no trabalho realizado por Dias *et al.*, (2019). Os autores realizaram um estudo para verificar o efeito da aplicação de filmes comestíveis à base de gelatina em uvas *Cv. benitaka* armazenadas em temperatura ambiente e tratadas com diferentes concentrações de gelatina (1, 2 e 3%), durante 8 dias. Ao final, os autores concluíram que os revestimentos se mostraram eficientes contra a perda de massa das amostras, onde os maiores valores foram observados para o tratamento a 3%. Ainda segundo

esses autores, a perda de peso não está associada apenas a perda de água, mas também, acarreta a perda da qualidade sensorial, causada principalmente pela degradação da aparência, alterações nutricionais, na textura do fruto, visto que a água é a responsável pelo brilho e turbidez dos frutos. Além disso, a gelatina potencializa a aparência da fruta deixando-a com aspecto mais viçoso, brilhante e atrativo, despertando no consumidor uma maior preferência pelos frutos revestidos.

A presença dos extratos aparentemente foi responsável por uma menor perda de umidade pela fruta ao longo dos 21 dias, podendo ser atribuído a presença da *C. sinensis* e suas propriedades antioxidantes.

Figura 2: Análise da perda percentual de massa até 21 dias.



Onde: (GC)- grupo controle sem revestimento comestível; (GG)- grupo com revestimento apenas com a gelatina; (GGE)- grupo com revestimento contendo a gelatina e a mistura dos extratos; (GGC)- grupo com revestimento com a gelatina sendo contaminado com o patógeno; (GGEC)- revestimento contendo a gelatina e a mistura dos extratos contaminado com o patógeno; (GCC)- grupo controle contaminado.

Wu *et al.* (2013), desenvolveram um filme composto de gelatina de pele de carpa prateada incorporada com extrato de chá verde evidenciando seus bons resultados oxidativos, como também, menor permeabilidade ao vapor de água. Para os autores, os compostos polifenólicos podem se interagir mais intimamente com a matriz de gelatina e estabelecer ligações cruzadas através de ligações de hidrogênio ou hidrofóbicas interagindo com grupos reativos da gelatina permitindo uma maior plasticidade do revestimento, evitando que o filme de gelatina apresenta - se quebradiço como é observado em estudos que usam apenas a gelatina.

A Figura 2 mostra como o revestimento contendo a mistura de extratos e gelatina manteve uma aparência mais atrativa do que a fruta *in natura* após 18 dias de tratamento.

Tabela 2: Resultados das perdas de massa em percentual dos grupos no período de 21 dias.

DIAS	GC	GG	GGE	GGC	GGEC	GCC
0	0	0	0	0	0	0
2	2,89 ± 0,1	3,03 ± 0,1	2,68 ± 0,3	3,08 ± 0,3	2,76 ± 0,4	3,28 ± 0,6
4	5,67 ± 1,4	5,83 ± 1,3	5,22 ± 0,5	6,07 ± 0,7	5,40 ± 0,7	6,44 ± 1,1
7	9,28 ± 2,1	9,55 ± 1,9	8,52 ± 0,9	9,81 ± 1,1	8,69 ± 1,1	10,39 ± 1,8
9	11,80 ± 2,8	12,05 ± 2,3	10,86 ± 1,0	12,40 ± 1,3	10,86 ± 1,0	13,41 ± 2,2
11	14,78 ± 3,4	15,08 ± 3,6	13,38 ± 0,8	15,64 ± 1,6	11,04 ± 1,4	16,81 ± 2,8
14	17,15 ± 3,8	17,49 ± 3,9	15,77 ± 1,5	18,20 ± 1,7	13,86 ± 1,7	19,76 ± 3,6
16	19,10 ± 4,2	19,76 ± 0,1	17,77 ± 1,6	20,67 ± 1,9	16,05 ± 1,9	22,56 ± 1,3
18	21,81 ± 4,7	22,21 ± 4,2	19,98 ± 1,7	23,20 ± 2,0	18,16 ± 2,1	25,66 ± 4,3
21	24,83 ± 5,2	25,67 ± 4,3	22,76 ± 1,9	26,56 ± 2,2	20,49 ± 2,3	30,30 ± 7,6

Onde: (GC) - grupo controle sem revestimento comestível; (GG) - grupo com revestimento apenas com a gelatina; (GGE) - grupo com revestimento contendo a gelatina e a mistura dos extratos; (GGC) - grupo com revestimento com a gelatina sendo contaminado com o patógeno; (GGEC) - revestimento contendo a gelatina e a mistura dos extratos contaminado com o patógeno; (GCC) - grupo controle contaminado.

De acordo com Ramos et al., (2016), a gelatina é um importante biopolímero derivado do colágeno, amplamente utilizado por várias indústrias, incluindo a de alimentos. Sua estrutura consiste em moléculas rígidas em forma de barra que se organizam em fibras interconectadas por ligações covalentes sendo uma mistura polipeptídica heterogênea de cadeias α , cadeias β e cadeias γ . Sendo composta por 50,5 % de carbono, 25,2 % de oxigênio, 17 % de nitrogênio e 6,8 % de hidrogênio. A gelatina solúvel é produzida pela desestabilização da hélice tripla do colágeno, a qual é produzida pela quebra das ligações de hidrogênio como resultado do tratamento térmico resultando na transição da hélice para a bobina e subsequente conversão em gelatina solúvel, sendo a força do gel e a viscosidade as principais propriedades químicas ligadas a suas potenciais aplicações. Ainda segundo estes autores, devido à sua natureza altamente higroscópica, a gelatina apresenta a tem tendência de inchar, rachar ou se dissolver ao entrar em contato com a superfície de alimentos com alto teor de umidade. A melhora nessas propriedades ocorre quando as forças intermoleculares das cadeias protéicas são reduzidas pela ação de estruturas moleculares modificando seu caráter hidrofílico ou promovendo a formação

de fortes ligações covalentes na rede protéica do filme o que pode ter sido proporcionada pela presença da mistura de extratos formados pela *C. sinensis* e *M. officinalis*.

Figura 3: Fruta com revestimento contendo mistura de extratos de *C. sinensis* e *M. officinalis*.



Onde: A - Fruto do grupo tratado com gelatina e extratos. B - fruto controle sem tratamento, ambos decorridos 18 dias de análise.

C. sinensis tem seus benefícios à saúde atribuídos a altas concentrações de antioxidantes e de compostos fenólicos. Para Urzedo (2020), as propriedades antioxidantes desse chá se devem à presença dos flavonoides responsáveis pela prevenção à ocorrência de doenças relacionadas com o estresse oxidativo, o qual consiste no desequilíbrio entre moléculas oxidantes e antioxidantes. Na maioria dos casos, esses danos oxidativos às estruturas biológicas são associados à atuação de espécies reativas de oxigênio (EROS). Nesse caso, os flavonóides atuam na inativação dos EROS doando elétrons através dos átomos de hidrogênio para o oxigênio, evitando assim a produção destes. Para Kuai *et al* (2021), a oxidação é uma das principais causas de deterioração dos alimentos, logo, a adição direta de antioxidantes aos alimentos ainda é a solução mais amplamente aplicada. Segundo esses autores, as substâncias ativas têm que se difundir através das macromoléculas poliméricas, logo o tamanho físico afeta a taxa de liberação, com grandes compostos ativos tendo uma taxa de liberação mais lenta do que moléculas ativas menores, como também, a escolha adequada de antioxidantes em embalagens depende de seu tamanho molecular, polaridade e propriedades de liberação. Além disso, algumas características da matriz polimérica podem afetar o comportamento de liberação de antioxidantes como o peso molecular, cristalinidade, hidrofiliabilidade, densidade de empacotamento e reticulação, além da mobilidade dos segmentos da cadeia polimérica. Uma

matriz polimérica com maior volume livre e porosidade tem maior mobilidade concedendo maior difusão às moléculas antioxidantes. Além disso, a incorporação de ativos como plastificantes e agentes de reticulação podem melhorar as propriedades do filme e afetar positivamente a difusão de antioxidantes.

A ação da *M. Oficinallis* como antioxidante é similar a *C sinensis*, já que ambos extratos apresentaram uma atividade antioxidante bastante significativa, com valores de IC₅₀ extremamente potentes. Já em relação à atividade antifúngica a *M. Oficinallis* mostrou-se capaz de reduzir o crescimento do fungo *A. alternata* de forma mais eficiente do que a *C sinensis*. Com o intuito de verificar se o revestimento era eficaz em impedir o crescimento do fungo as frutas tratadas com revestimento contendo a mistura dos extratos foi contaminada com o fungo *A. alternata*, onde ao longo dos 21 dias não foi observado proliferação do fungo. Entretanto, o grupo controle contaminado (GCC) não apresentou desenvolvimento do fungo, o que implica uma não confirmação da ação real nas frutas estudadas.

Quanto às propriedades organolépticas, cor, cheiro e textura não se mostraram adequadas tornando as frutas tratadas aptas ao consumo.

5 CONCLUSÃO

Frente a realidade do desperdício de alimentos e o desejo dos consumidores em consumir produtos mais voltados ao natural, torna-se evidente a importância da tecnologia dos alimentos, a qual pode atuar elaborando novos métodos e produtos no setor de alimentos. De acordo com os resultados apresentados, o desenvolvimento de revestimentos comestíveis contendo gelatina e adição de extratos de plantas com propriedades antioxidantes e antifúngicas pode ser considerada uma estratégia promissora para a conservação e qualidade de frutas, prolongando seu tempo de prateleira, além de deixá-las mais atrativas aos consumidores.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. I. B. *et al.* Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças no Maranhão: estimativas, causas, impactos e soluções. **São Luís: EDUFMA**, 2020.

ALVES, C. R. R.; THOMAZI, G. O. C. A clinical study: Evaluation of the slimming and hypoglycemic potential of medicinal plants *Equisetum arvense* and *Camellia sinensis*. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 8, p. e12012842703-e12012842703, 2023.

ANTONIOU, J. *et al.* Characterization of tara gum edible films incorporated with bulk chitosan and chitosan nanoparticles: a comparative study. **Food Hydrocolloids**, v. 44, p. 309319, 2015.

ARSÈNE, M. M. J. *et al.* The public health issue of antibiotic residues in food and feed: Causes, consequences, and potential solutions. **Veterinary World**, v. 15, n. 3, p. 662, 2022.

BALEM, E. M. **Atividade antifúngica "in vitro" de óleos essenciais e produtos químicos sobre *Alternaria alternata***. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação (Agronomia) - Rio Grande do Sul. 2021.

CASTRO-MUÑOZ, R. *et al.* A Perspective on Missing Aspects in Ongoing Purification Research towards *Melissa officinalis*. **Foods**, v. 12, n. 9, p. 1916, 2023.

CHAUDHARY, P. *et al.* *Camellia sinensis*: insights on its molecular mechanisms of action towards nutraceutical, anticancer potential and other therapeutic applications. **Arabian Journal of Chemistry**, p. 104680, 2023.

CHEN, X. *et al.* Release kinetics of tocopherol and quercetin from binary antioxidant controlled-release packaging films. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 13, p. 3492-3497, 2012.

COSTA, M. C. C. *et al.* Embalagens de alimentos à base de biofilmes comestíveis: uma revisão de literatura. **Revista Ceuma Perspectivas**. v. 30, n 02, 2017.

DARABA, A. Future trends in packing: Edible, biodegradable coats and films. **Journal of Environmental Protection and Ecology**, v. 9, n. 3, p. 652-664, 2008.

FREITAS, C. E. P. *et al.* Estudo in vitro da Atividade Antioxidante por captura do radical livre DPPH e análise da atividade fotoprotetora do óleo de castanha-do-Pará extraído com solvente alternativo. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 52411-52423, 2021.

DIAS, L. M. M. *et al.* **Efeito da aplicação de revestimento a base de gelatina em uvas benitaka (*Vitis vinifera*) durante o armazenamento a temperatura ambiente**. 2019.

FRIEDRICH, J. C. C. **Biofilmes a base de amido, gelatina e extrato de *Tetradenia riparia* na conservação de morango**. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2017.

GULCIN, İ.; ALWASEL, S. H. DPPH radical scavenging assay. **Processes**, v. 11, n. 8, p. 2248, 2023.

JIA, Q. *et al.* Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* XJ-BV2007 on Growth of *Alternaria alternata* and Production of Tenuazonic Acid. **Toxins**, v. 15, n. 1, p. 53, 2023.

KUAI, L. *et al.* Controlled release of antioxidants from active food packaging: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 120, p. 106992, 2021.

MARTINS, R. M. *et al.* Curcuminoid content and antioxidant activity in spray dried microparticles containing turmeric extract. **Food Res Int** 2013; 50: 657-663.

PATRIARCA, A. *Alternaria* in food products. **Current Opinion in Food Science**, v. 11, p. 1-9, 2016.

PEDROTTI, C. *et al.* Antifungal activity of essential oil from *Eucalyptus staigeriana* against *Alternaria alternata* causing of leaf spot and black rot in table grapes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, 2022.

PEREIRA, D. C. S. *et al.* Active and intelligent packaging: security, legal aspects and global market. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 61766-61794, 2020.

PERINI, V. B. M. *et al.* Efeito de extratos vegetais na inibição do crescimento micelial de *Pyricularia grisea*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 1, p. 70-77, 2013.

PETRISOR, G. *et al.* *Melissa officinalis*: Composition, pharmacological effects and derived release systems - A review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 7, p. 3591, 2022.

PIRSA, S. *et al.* Smart film based on chitosan/*Melissa officinalis* essences/pomegranate peel extract to detect cream cheeses spoilage. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 37, n. 4, p. 634-648, 2020.

RAMOS, M. *et al.* Gelatin-based films and coatings for food packaging applications. **Coatings**, v. 6, n. 4, p. 41, 2016.

RUFINO, M. S. M. *et al.* Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Embrapa Agroindústria Tropical- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

SILVA, F. T. S. **Desenvolvimento e caracterização de biofilmes ativos de amido de araruta aditivados com óleo essencial de *Thymus vulgaris***. Dissertação (Mestrado). Ciência de Materiais – Universidade Federal de Pernambuco. CCEN. Recife, 2018.

SILVA, B. N. *et al.* Phytochemical composition and bioactive potential of *Melissa officinalis* L., *Salvia officinalis* L. and *Mentha spicata* L. extracts. **Foods**, v. 12, n. 5, p. 947, 2023.

TESHOME, E. *et al.* Potentials of natural preservatives to enhance food safety and shelf life: A review. **The Scientific World Journal**, v. 2022, 2022.

URZEDO, N. D. R. **O chá verde e suas propriedades: uma breve revisão bibliográfica abrangendo os anos de 2000 a 2020**. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação (Química Industrial) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2020.

WU, J. *et al.* Preparation, properties and antioxidant activity of an active film from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) skin gelatin incorporated with green tea extract. **Food Hydrocolloids**.vol. 32, p. 42-51, 2013.

YANG, C. *et al.* Evaluation of chitosan coatings enriched with turmeric and green tea extracts on postharvest preservation of strawberries. **LWT**, p. 113551, 2022.

ZHAO, T. *et al.* Green tea (*Camellia sinensis*): A review of its phytochemistry, pharmacology, and toxicology. **Molecules**, v. 27, n. 12, p. 3909, 2022.