Capítulo 63
DOI: 10.53934/agronfy-2025-01-63

ÓLEOS ESSENCIAIS COMO AGENTES ANTIFÚNGICOS EM ALIMENTOS: REVISÃO DE LITERATURA

Vanessa Caroline de Oliveira*; Monique Lara de Paula Armond ;Anders Teixeira Gomes; Breno Padovani Marcolino ; Mirielle Teixeira Lourenço ; Fabrícia Queiroz Mendes ; Érica Nascif Rufino Vieira

Vanessa Caroline de Oliveira – Email: vanessa.c.oliveira@ufv.br

Resumo: Os fungos, pertencentes ao reino Fungi, são essenciais para a decomposição da matéria orgânica e influenciam várias interações ecológicas e industriais. No entanto, muitas espécies fúngicas são responsáveis pela deterioração de alimentos, especialmente em regiões tropicais e úmidas, onde a contaminação de grãos e frutas é uma preocupação significativa. Nesse contexto, os óleos essenciais se destacam como uma solução promissora devido às suas propriedades antifúngicas, antimicrobianas e antioxidantes. Extraídos de plantas, os óleos essenciais são eficazes na preservação de frutas e vegetais, ajudando a prolongar a vida útil dos produtos após a colheita. Técnicas como encapsulamento e embalagens ativas aprimoram a aplicação desses compostos em alimentos, superando desafios como volatilidade e odor forte. O interesse por óleos essenciais está crescendo, impulsionado pela demanda por práticas agrícolas mais sustentáveis e por alimentos sem aditivos químicos. Dessa forma, a presente revisão tem como objetivo explorar as propriedades dos óleos essenciais e os métodos e aplicação dos mesmos para controle de microrganismos em alimentos.

Palavras–chave: Conservação; compostos naturais; segurança dos alimentos; indústria alimentícia;

Introdução:

Os óleos essenciais (OEs) são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, odoríferas e líquidas que podem ser encontradas em todos os órgãos das plantas, principalmente em folhas, sementes e flores. O local escolhido para extração varia de acordo com a proposta de utilização para o composto e o método e tendo a composição química, as características físicas e químicas e os odores do óleo essencial variando de acordo com a localização na planta (1).

Para melhorar a solubilidade aquosa e a biodisponibilidade, bem como proteger compostos bioativos de fatores extrínsecos e intrínsecos, além de eliminar odores e sabores indesejáveis, a aplicação de OEs no sistema alimentar pode ser otimizada. Para esse propósito, técnicas inovadoras como encapsulamento, revestimento comestível e embalagens ativas podem ser empregadas (2).

Os OEs possuem propriedades antioxidantes, antimicrobianas e antifúngicas, podendo ser utilizados em cosméticos, medicamentos e em produtos farmacêuticos. Na indústria alimentícia, é utilizado em revestimentos de frutas e vegetais para controlar a

ocorrência de infecções causadas por diferentes tipos de microrganismos, aumentando a vida útil dos alimentos, podendo ainda ser utilizados em embalagens ativas, revestimentos comestíveis, dentre outras aplicações (3)(4).

Diante desse contexto, esta revisão visa analisar a importância dos OEs como agentes antifúngicos em alimentos a fim de compreender minuciosamente os efeitos que tais substâncias podem ocasionar aos alimentos e assegurar a qualidade dos produtos alimentícios.

Ação antifúngica dos óleos essenciais em frutos e vegetais

Os fungos são organismos eucarióticos pertencentes ao reino Fungi, que abrangem uma ampla variedade de formas de vida, incluindo leveduras, mofos e cogumelos. Eles são caracterizados por possuírem a parede celular composta de quitina e, desempenham papéis importantes na decomposição de matéria orgânica, bem como em várias interações ecológicas, patológicas e industriais (5).

Algumas espécies de fungos podem produzir micotoxinas que afetam diretamente a qualidade e quantidade de diferentes tipos de produtos alimentares em múltiplos níveis, sendo eles um dos principais responsáveis pela deterioração dos alimentos (5)(6).

Em regiões de clima tropical e úmido, especialmente nos países em desenvolvimento, a contaminação fúngica de sementes e grãos armazenados é um problema recorrente e grave (5).

Em se tratando de frutas e vegetais, estes estão entre os mais suscetíveis a sofrerem deterioração pela ação de fungos. Muitas frutas frescas, provenientes de diversas plantas, estão frequentemente vulneráveis às infecções causadas por diversos fungos patogênicos, principalmente após a colheita (7).

Essas infecções são frequentemente mais difíceis de serem identificadas em comparação com as infecções bacterianas, e a escolha de um tratamento adequado pode ser complexo (5).

Os fungicidas sintéticos são frequentemente utilizados no combate a infecções em vegetais e frutas devido à sua alta eficácia. Segundo Elshafie et al. (7), os fungicidas desempenham um papel muito importante na proteção das plantas contra diversas doenças causadas por fungos, garantindo assim uma colheita saudável e de boa qualidade.

Embora esses tratamentos se mostrem eficazes no combate a infecções fúngicas, podem surgir cepas resistentes, além de espécies intrinsecamente resistentes. A manifestação e a gravidade das infecções fúngicas dependem da quantidade de inóculo, do estado imunológico do hospedeiro e da resistência (5).

Algumas substâncias derivadas de plantas, como extratos hidroalcóolicos e OEs, têm emergido como uma alternativa promissora no combate aos fitopatógenos na agricultura e podem desempenhar um papel fundamental nesse combate (5).

Esses compostos naturais apresentam potencial não só pela sua eficácia, mas também por serem uma alternativa sustentável e menos prejudicial ao meio ambiente em comparação aos fungicidas sintéticos. Os OEs têm demonstrado grande potencial no combate a doenças fúngicas em frutas e vegetais, e são considerados seguros para uso alimentar (8).

Os OEs são obtidos de diferentes partes das plantas, em especial das ervas e especiarias podendo ser extraídos por diferentes métodos como destilação com água ou vapor, processamento mecânico ou destilação a seco de materiais naturais, resultando em misturas líquidas, voláteis, límpidas e coloridas (5). Essas misturas complexas são

compostas principalmente por constituintes aromáticos e alifáticos, caracterizados por seu baixo peso molecular (6).

Há um crescente interesse entre pesquisadores pelos óleos essenciais (OEs) devido à presença de compostos naturais como flavonoides, alcaloides e polissacarídeos. Esses compostos são amplamente reconhecidos por suas propriedades antimicrobianas, antitumorais e anti-inflamatórias. Além disso, os OEs apresentam atividades herbicidas, inseticidas, antioxidantes e fungicidas, tornando-os uma opção promissora para diversas aplicações (6). Esses múltiplos benefícios tornam os OEs uma alternativa valiosa na agricultura e em outras áreas em busca de soluções naturais e eficazes.

Para as frutas e vegetais, as doenças pós-colheita causadas por fungos representam um problema significativo, podendo resultar em perdas de até 50% da produtividade se não forem controladas. Dentre os principais causadores dessas perdas estão os fungos do gênero *Colletotrichum*, pertencentes ao filo Ascomycota. Esses fungos são responsáveis pela antracnose, uma doença que afeta frutas e vegetais em regiões de clima temperado, subtropical e tropical em todo o mundo. Devido à diversidade de espécies já descritas e novas espécies ainda sendo identificadas, *Colletotrichum* spp. é considerado um dos gêneros mais economicamente relevantes para a produção de frutas e vegetais (8).

Para resolver esse problema, é comum o uso de fungicidas sintéticos, que são tradicionalmente usados na prevenção da deterioração pós-colheita de frutas. Mas o uso excessivo desses tipos de substâncias levanta preocupações. Por isso, a busca por novas alternativas para o manejo de doenças pré e pós-colheita tem sido recomendadas (8).

Para exemplificar o uso de OEs na prevenção da deterioração pós-colheita, apresentamos aqui um estudo que foi conduzido por Elshafie et al. (7), onde os autores buscaram avaliar a atividade fungicida dos óleos essenciais de tomilho (*Thymus vulgaris*) e verbena (*Verbena officinalis*) contra *Monilinia laxa*, *Monilinia fructigena* e *Monilinia fructicola* em diferentes concentrações em frutos de pêssego pós-colheita. O óleo de tomilho, composto principalmente por o-cimeno (56,2%), e o óleo de verbena, com predominância de citral (44,5%) e formato de isobornila (45,4%), mostraram redução significativa no diâmetro das lesões de podridão parda em concentrações mais altas (verbena: 1000 ppm, tomilho: 500 ppm). Concentrações mais baixas (verbena: 500 ppm, tomilho: 250 ppm) resultaram em menor eficácia contra os fungos estudados. Eles associaram a atividade antifúngica dos OEs pesquisados às altas porcentagens de monoterpenos e compostos fenólicos.

Destarte, como existe um aumento da demanda por alimentos mais saudáveis e sem aditivos químicos, aliado à necessidade de minimizar os efeitos adversos dos pesticidas, o desenvolvimento de soluções seguras e sustentáveis tem ganhado destaque. Essa abordagem pode ajudar a equilibrar a oferta e a demanda de alimentos, reduzir o desperdício e aliviar a pressão sobre a produção alimentar (8).

Mecanismo de ação antifúngica dos óleos essenciais

A ação dos OEs contra bactérias e fungos é bastante semelhante, mas os mecanismos exatos ainda não são totalmente compreendidos. A quitina, presente na parede celular dos fungos, é o principal alvo dos agentes antifúngicos seletivos (5).

A ação antifúngica dos OEs inclui a degradação da parede celular, interferência na síntese da membrana citoplasmática e lipídica, e a subsequente lise e morte celular, comprometendo a integridade da parede celular e do sistema endomembranar (8). A figura 01 mostra os alvos de óleos essenciais em células fúngicas, mostrando diferentes mecanismos de atividade antifúngica.

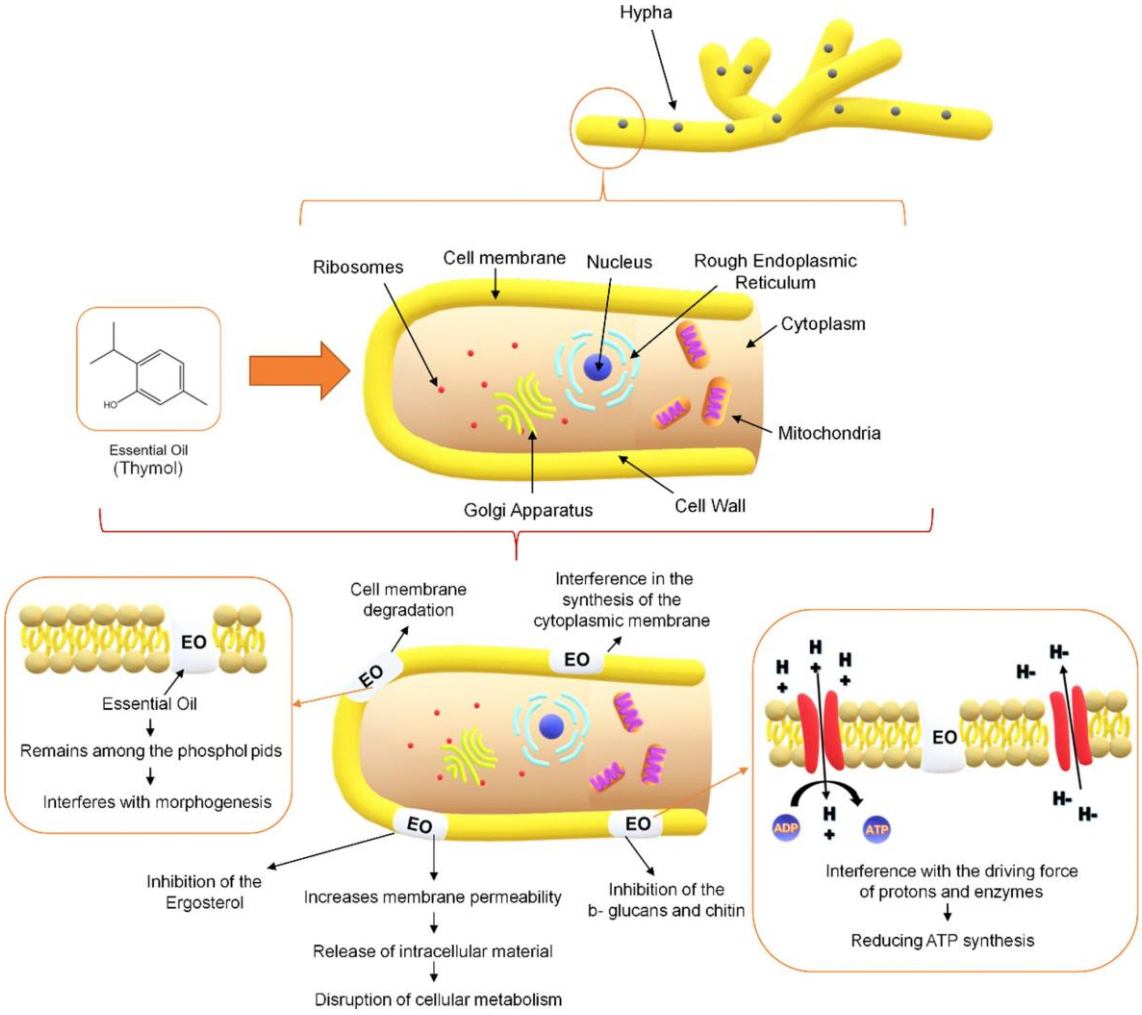


Figura 01: Alvos de óleos essenciais em células fúngicas, mostrando diferentes mecanismos de atividade antifúngica. Fonte: (Gonçalves et al., 2021).

Como os óleos essenciais são compostos lipofílicos, eles perturbam membranas celulares ao atravessá-las, causando danos em polissacarídeos, ácidos graxos e fosfolipídios. Isso afeta a homeostase celular, desregulando o metabolismo e atividades enzimáticas. Um outro mecanismo é a inibição da respiração celular e a fosforilação oxidativa, levando à morte celular por apoptose ou necrose (6).

Os óleos essenciais oferecem uma alternativa promissora e sustentável no combate a doenças fúngicas em frutos e vegetais em relação aos fungicidas sintéticos. Com o aumento da demanda por alimentos sem aditivos químicos e a necessidade de práticas sustentáveis, os OEs podem ajudar a reduzir perdas pós-colheita e contribuir para uma produção alimentar mais segura e sustentável.

Métodos de aplicação de óleos essenciais como agentes antifúngicos em alimentos

Em razão das capacidades antifúngicas dos EOs, a demanda da indústria alimentícia para a utilização de tais substâncias para o controle microbiológico a fim de aumentar a vida útil do produto, todavia, em razão do cheiro forte, da instabilidade, da hidrofobicidade e da característica volátil dos EOs o emprego dos mesmos em alimentos

são restritos. Entretanto, métodos como encapsulamento, revestimento comestível e embalagem ativa podem ser empregadas podem melhorar a biodisponibilidade e a solubilidade dos óleos em água e proteger os compostos bioativos de fatores extrínsecos e intrínsecos, ajudando a superar os desafios apresentados e eliminando tanto odores quanto sabores indesejáveis para o sistema alimentar (2).

O encapsulamento dos óleos essenciais pode protegê-los da degradação decorrente de diversas circunstâncias como a exposição à luz solar, ao oxigênio e ao calor, além de melhorar significativamente a vida útil dos EOs, permitindo que a liberação ocorra de maneira controlada ao alimento. Um dos métodos mais eficazes de encapsulação é a gelificação ionotrópica, que proporciona uma estabilidade significativa, durabilidade prolongada, alta capacidade de carga, excelente dispersibilidade em água e uma liberação controlada de compostos bioativos encapsulados. Hadidi et al. (9) demonstrou a eficácia da encapsulamento de EOs através da gelificação ionotrópica, realizando uma emulsificação do óleo utilizado em água, antes da aplicação do método, comprovando que os atributos dos EOs se aprimoram significativamente (9).

Outros métodos de encapsulamento altamente utilizados são extrusão, liofilização, e *spray dryer,* para estes métodos a escolha de um material de parede que apresente características diferentes do agente ativo utilizado é essencial pois, dessa forma, é possível aperfeiçoar as propriedades dos EOs, possibilitando também o retardamento da oxidação, a extensão da vida útil e a melhoria das características físicas e químicas dos óleos. Ademais, alguns métodos químicos de encapsulação podem ser empregados para que a indústria de alimentos consiga utilizar os óleos essenciais como agentes antifúngicos, tendo como exemplo a tecnologia por lipossomas, coacervação, gelatinização iônica e a polimerização em miniemulsão (10).

A técnica de revestimento pode ser utilizada para controle microbiológico em frutas, se tratando de uma fina camada aplicada a partir da imersão dos frutos, este método permite ainda um retardamento do amadurecimento dos alimentos, pois reduz a taxa de liberação de etileno e a taxa de respiração dos frutos. Oliveira et al. (11) constatou que a aplicação de OEs em abacates ocasionou a contenção da atividade microbiana dos frutos analisados e aumentou a vida de prateleira dos mesmos (11).

Uma nova tendência na indústria de alimentos é o uso de embalagens ativas, a embalagem em um alimento atua como uma barreira passiva que protege os produtos de fatores ambientais, como luz ultravioleta, oxigênio, vapor de água, pressão e calor. Outrossim, ela prolonga a vida útil dos alimentos, protegendo-os de contaminantes químicos e microbiológicos, assegurando ainda o transporte e armazenamento seguros. As embalagens ativas possibilitam a interação entre o ambiente externo e os alimentos, resultando em uma maior durabilidade. A embalagem quimioativa, por sua vez, impacta a composição química dos alimentos. A adição de aditivos naturais, como óleos essenciais, em embalagens ativas pode ser feita na forma de filmes ou revestimentos e demonstram ser eficazes na manutenção da temperatura, controle da umidade e preservação microbiológica e da qualidade dos alimentos.Em decorrência da fragrância emitida pelos EOs, a utilização em embalagens ativas têm limitações, todavia, pode-se incorporar os óleos escolhidos na matriz do material da embalagem dos alimentos, dessa forma acontecerá uma interação entre os EOs e o polímero do filme, fazendo com que as atividades dos agentes microbianos dos alimentos sejam diminuídas, atribuindo assim característica antifúngica à embalagem ativa, todavia a transferência dos compostos antimicrobianos das embalagens para os alimentos dependem de outros fatores como a osmose, as interações eletrostáticas entre o agente antimicrobiano e a matriz do polímero e as condições ambientais (12).

Uma técnica eficaz e inovadora que vem sido utilizada em pequena escala nos últimos anos é a fixação por emulsão de princípios bioativos, que utiliza a emulsificação em embalagens ativas de alimentos a partir do encapsulamento. Este método facilita a dispersão dos EOs e dificulta a degradação dos alimentos, uma vez que aumenta a estabilidade, a funcionalidade e a vida útil dos compostos. Cumpre-se uma emulsão utilizando pelo menos 2 compostos que podem ser divididos em duas fases: a fase contínua e a fase dispersa, onde o líquido que compõe a primeira inclui uma dispersão de gotículas do outro líquido, que está presente na segunda fase. Para que a emulsão não se desestabilize, pode-se utilizar um surfactante, que possua em sua estrutura partes apolares e polares, tendo assim afinidade tanto pela fase aquosa quanto pela fase lipofílica garantindo assim uma minimização da tensão interfacial que poderia acontecer entre elas. As emulsões podem ser utilizadas nas embalagens de alimentos com a finalidade de carregar materiais ativos por filmes, cápsulas ou revestimentos, dessa forma, as propriedades bioativas das embalagens podem ser liberadas controladamente (13).

Visando utilizar seus produtos para o encapsulamento de óleos essenciais para as embalagens alimentícias, a eletrofiação é uma técnica de processamento não mecânico que emprega um campo eletrostático de alta voltagem para esticar eletro-hidrodinamicamente gotículas de derretimentos e, principalmente, de soluções, gerando um jato contínuo e ultrafino, com diâmetro que varia de nanômetros a micrômetros, que se solidifica em fios automontáveis, formando esteiras não tecidas compostas por fibras longas e entrelaçadas. Se trata de um método simples e de baixo custo, que permite que as propriedades dos EOs sejam eficazes. Todavia, o uso da eletrofiação é limitado, devido a necessidade de uso de polímeros que possuam a qualidade alimentar aprovada, além disso, uma gama de polímeros não são indicados para a eletrofiação, dificultando ainda mais o emprego em larga escala da técnica citada, em razão disso, para que seja utilizada de forma eficiente, gerando capacidade antimicrobiana, as características dos polímeros e dos óleos essenciais utilizados devem ser estudadas e compreendidas (13).

Em geral, percebe-se que, apesar das características desfavoráveis dos EOs, utilizando uma tecnologia eficiente, que conserve as propriedades dos óleos e proporcione uma melhora na estabilidade dos mesmos, os alimentos podem ter uma vida útil prolongada já que, a partir das técnicas convencionais ou inovadoras, a capacidade antifúngica dos EOs é altamente eficiente, possibilitando ainda uma melhora em diversos aspectos dos alimentos.

Estudo de caso: exemplos de estudos de caso que demonstram a efetividade dos óleos essenciais como agentes antifúngicos em alimentos

O uso de óleos essenciais (OE) como agentes antimicrobianos é considerado uma técnica pouco agressiva para os alimentos e mais sustentável. Isso se deve tanto à substituição de produtos tóxicos quanto ao aproveitamento de resíduos para extração de óleo, gerando um amplo interesse em pesquisas nessa área (14). Muitos estudos têm avaliado a aplicação de OEs em alimentos, dos quais muitos enfatizam a utilização em frutos pós colheita, mas também incluem produtos cárneos, panificados, laticínios e outros. A tabela a seguir apresenta estudos sobre o uso de óleos essenciais como antifúngicos em alimentos.

Tabela 1: Pesquisas com aplicação de diferentes óleos essenciais em alimentos

Óleo Essencial	Alimento	Fungo(s) Presente(s)	Principais Resultados	Referência
Capim limão, Tomilho, Canela e Citronela	Abacate (*Persea americana* Mill. cv Hass)	*Colletotrichum gloeosporioides; Cercospora purperea*	- Os revestimentos adicionados de óleos essenciais reduziram a proliferação microbiana, prolongando a vida útil dos frutos. - O tratamento com revestimento adicionado de OE de Tomilho e o Controle apresentaram as maiores diferenças totais de cor em relação aos demais; - Além do Controle, apenas o tratamento com revestimento adicionado de OE de Capim-limão apresentou incidência de doença aos 29 dias de armazenamento.	Oliveira, 2022
Tomilho	Queijos	*Penicillium crustosum; Aspergillus flavus; Fusarium oxysporum.*	- O OE de tomilho apresentou atividade antifúngica contra todos os fungos isolados testados; - Houve diminuição da efetividade do OE contra o isolado de *Penicillium crustosum*, entre o primeiro e o segundo dia; - A ação do OE frente ao isolado de *Aspergillus flavus* demonstrou-se mais estável em relação às demais.	Siqueira, 2021
Canela, Cravo e Louro	Pão de Forma Integral	*Penicillium ssp.; Rhizopus ssp.; Aspergillus ssp.*	- O melhor efeito antifúngico foi obtido com o OE de cravo, seguido pela canela; - O OE de louro isoladamente não apresenta efeito favorável; - O uso do OE de louro combinado com OE de cravo mostra-se vantajoso.	Silveira, 2019

O estudo de Oliveira et al. (11) avaliou a aplicação de revestimentos a base de PVOH adicionados de OEs em abacates (*Persea americana* Mill. cv Hass) sob refrigeração. Os OEs utilizados foram o de capim-limão (*Cymbopogon citratus*), que tem o citral como composto principal (15), tomilho (*Thymus vulgaris* L.), que tem o timol como composto majoritário (16), canela (*Cinamomum zeylanicum*), no qual predomina o cinamaldeído (17) e o OE de citronela (*Cymbopoggon nardus*), que tem o citronelal como composto principal (18). Os frutos foram submetidos a 6 revestimentos e 5 tratamentos: PVOH (2%)/amido (3%) na proporção de 75% e 25% de amido, sem óleo essencial; PVOH (2%)/amido (3%) na proporção de 75% e 25% de amido acrescido de óleos essenciais 0,1%, avaliados em 0, 7, 14, 21 e 29 dias de armazenamento, simulando o tempo das diversas fases da comercialização. A avaliação da efetividade dos revestimentos com e sem adição de OE foi feita através das seguintes análises físico-químicas: perda de massa, firmeza, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, ratio, taxa de respiração, cor e análise de lesões por fungos. Vale destacar os resultados obtidos para a análise de cor, na qual a diferença total de cor nos tratamentos Controle e PVOH/A + Tomilho foram maiores quando comparada aos demais, e os resultados da análise de lesões por fungos, que mostrou que, aos 21 dias de armazenamento, apenas o tratamento Controle apresentou infecções enquanto que aos 29 dias de armazenamento, os tratamentos controle e PVOH/A + Capim-limão apresentaram incidência da doença. Os demais tratamentos não demonstraram ocorrência de infecção fúngica. Dessa forma, conclui-se que os revestimentos adicionados de OEs contribuíram para o aumento da vida útil dos frutos, contendo a degradação microbiana.

O estudo realizado por Siqueira (19) utilizou o OE de Tomilho, que apresenta cerca de 50% de timol em sua composição, para combater fungos isolados de queijos. Avaliou-se a atividade antifúngica através de difusão em ágar, na qual foram feitos poços no centro das placas de petri contendo BDA, espalhando-se os inóculos previamente padronizados nas superfícies de ágar. Adicionou-se 50 µL do OE de tomilho em cada poço e então as placas foram incubadas a 25 ºC. Realizou-se as leituras nos 3 primeiros dias de incubação. Utilizou-se, como controle, solução salina esterilizada. Esta análise demonstrou que o OE de tomilho possui atividade antifúngica contra todos os isolados testados. Observou-se que o OE de tomilho possui atividade antifúngica mais estável contra o isolado de *Aspergillus flavus*, que não apresentou alteração das zonas de inibição ao longo do período de análise. Houve diminuição da zona de inibição do isolado *Penicillium crustosum* do primeiro para o segundo dia de análise. No primeiro dia foi identificada uma diferença significativa na inibição do crescimento de *Penicillium crustosum* e *Aspergillus flavus*. No segundo dia de análise, houve diferença significativa na inibição do crescimento de *Penicillium crustosum* e os demais. Já no terceiro dia de leitura, a inibição do crescimento micelial dos isolados *Penicillium crustosum* e *Fusarium oxysporum* apresentou diferença significativa entre os demais. Apesar das diferenças na inibição do crescimento entre os fungos durante o período da análise, o estudo concluiu que o OE de tomilho exerceu atividade antifúngica frente a todos os isolados.

O OE de cravo (*Eugenia caryophyllus*) tem como composto predominante o eugenol, enquanto o cinamaldeído é o principal composto presente no OE de canela (*Cinamomum cassia*), e o 1,8-cineol no OE de louro (*Laurus nobilis*) (17). Silveira et al. (17) avaliou a efetividade destes OEs como agentes antifúngicos em pão de forma integral, de onde foram isolados bolores de *Penicillium ssp., Rhizopus ssp. e Aspergillus ssp.* A efetividade dos OEs foram avaliados pelo método de disco-difusão por poço ao longo de 8 dias, testando-se diversas concentrações de OE. Entre os resultados observados, destacam-se: a melhor efetividade do OE de cravo, acentuada após o dia 5;

o efeito antagônico das interações entre os OEs de canela e cravo; a ineficácia do OE de louro isoladamente; o efeito sinérgico entre os OEs de cravo e louro e canela e louro até o dia 6 e no dia 8. Não houve grandes variações nos efeitos observados ao longo dos 8 dias. A Concentração Inibitória Mínima (CIM) e a Concentração Inibitória Letal (CML) foi de µL de mistura de OEs por mL de inóculo (1,9 x 106 UFC/ g) para o inóculo das colônias totais desenvolvidas nos pães. Para Aspergillus, Penicillium e Rhizopus isolados obteve-se CIM de 5, 10 e 5 µL/mL, respectivamente, enquanto a CML foi de 10, 20 e 10 µL de mistura de OEs por mL de inóculo, respectivamente, indicando que os fungos do gênero Penicillium apresentam maior resistência à mistura de OEs quando comparado aos demais fungos identificados nos pães. Dessa forma, conclui-se que a interação entre os componentes dos OEs na mistura pode ter afetado sua forma de ação individual, devido ao sinergismo ou antagonismo verificado entre eles.

CONCLUSÕES

Diante das discussões feitas ao longo desta revisão conclui-se que os óleos essenciais podem trazer benefícios aos alimentos, visto que possuem capacidades antioxidantes e antimicrobianas, possibilitando a inibição de fungos e bactérias ao serem aplicados, de acordo com o método adequado escolhido, em alimentos. Neste viés, a eficiência dos óleos essenciais têm atraído a indústria alimentícia, tornando-os assim cada vez mais pesquisados e utilizados.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), sob o código de financiamento 001 e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). Os autores também agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que forneceu uma bolsa de estudos que contribuiu significativamente para a conclusão deste trabalho.

REFERÊNCIAS

(1) Bhavaniramya S, Vishnupriya S, Al-Aboody M, Vijayakumar R, Baskaran D, et al. Role of essential oils in food safety: antimicrobial and antioxidant applications. Grain & Oil Science And Technology [Internet]. 2019 [acesso em 11 Jul. 24];2:49-55. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259025981930007X.

(2) Mutlu-ingok A, Devecioglu D, Dikmetas D, Karbancioglu-guler F, Capanoglu E, et al. Antibacterial, Antifungal, Antimycotoxigenic, and Antioxidant Activities of Essential Oils: an updated review. Molecules [Internet]. 2020 [acesso em 11 Jul. 24];25:4711. Disponível em: https://www.mdpi.com/1420-3049/25/20/4711.

(3) Oliveira V, et al. Métodos químicos de microencapsulação de óleos essenciais para adição em revestimentos em frutas e vegetais: revisão de literatura. Pesquisa e Avanços em Segurança de Alimentos [Internet]. 2023 [acesso em: 09 Jul. 24.];1:63-82. Disponível em: https://agronfoodacademy.com/pesquisas-e-avancos-em-seguranca-de-alimentos/.

(4) Almeida-Couto J, Ressutte J Cardozo-filho L, Cabral V, et al. Current extraction methods and potential use of essential oils for quality and safety assurance of foods. Anais da Academia Brasileira de Ciências [Internet]. 2022 [acesso em: 09 Jul 24];94. Disponível em: https://www.scielo.br/j/aabc/a/x9Y74GcRLJkLpyGTqpqdNQN/?lang=en.

(5) Nazzaro F, Fratianni F, Coppola R, Feo V, et al.(2017). Essential Oils and Antifungal Activity.Pharmaceuticals [Internet]. 2017 [acesso em 19 Jul 24];10:86. Disponível em: https://www.mdpi.com/1424-8247/10/4/86.

(6) Tang X, Shao Y, Tang Y, Zhou W, et al. Antifungal Activity of Essential Oil Compounds (Geraniol and Citral) and Inhibitory Mechanisms on Grain Pathogens (*Aspergillus flavus* and *Aspergillus ochraceus*). Molecules [Internet]. 2018 [acesso em 20 Jul 24];23:2108. Disponível em: https://www.mdpi.com/1420-3049/23/9/2108.

(7) Elshafie H, Mancini E, Camele I, Martino L, De Feo V, et al.In vivo antifungal activity of two essential oils from Mediterranean plants against postharvest brown rot disease of peach fruit. Industrial Crops and Products [Internet]. 2015 [acesso em 20 Jul. 24]; *66*:11–15. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669014007961?via%3Dihub.

(8) Gonçalves D, Ribeiro W, Gonçalves D, Menini L, Costa H. Recent advances and future perspective of essential oils in control Colletotrichum spp.: A sustainable alternative in postharvest treatment of fruits. Food Research International [Internet]. 2021 [acesso em 19 Jul 24];150:110758. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096399692100658X?via%3Dihub.

(9) Hadidi Milad, Pouramin S, Adinepour F, Haghani S, Jafari S, et al.. Chitosan nanoparticles loaded with clove essential oil: characterization, antioxidant and antibacterial activities. Carbohydrate Polymers [Internet]. 2020 [acesso em 13 Jul 24];236:116075.Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861720302496.

(10) Oliveira V, Paiva M, Lourenço M, Maia N, Vieira E, et al. Microencapsulação de óleos essencias para aplicação em alimentos. Blog Agron Food Academy [Internet]. 2023 [acesso em 13 Jul 24]. Disponível em: https://blog.agronfoodacademy.com/microencapsulacao-de-oleos-essenciais-para-aplicacao-em-alimentos/.

(11) Oliveira VA. Aplicação de revestimento a base de PVOH adicionados de óleos essenciais em frutos de abacate (Persea americana Mill. cv Hass) sob refrigeração. Rio Paranaíba. Dissertação [Mestrado em Agronomia] – Universidade Federal de Viçosa; 2022.

(12) Sharma S, Barkauskaite S, Jaiswal A, Jaiswal S, et al. Essential oils as additives in active food packaging. Food Chemistry [Internet]. 2021 [acesso em

21 Jul 24];343:128403. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620322652?via%3Dihub.

(13) Stoleru E, Brebu Mihai, et al. Stabilization Techniques of Essential Oils by Incorporation into Biodegradable Polymeric Materials for Food Packaging. Molecules [Internet].2021 [acesso em 21 Jul 24];26:6307. Disponível em: https://www.mdpi.com/1420-3049/26/20/6307.

(14) Santos LS. Potencial fungicida do óleo essencial da casca de laranja (Citros): Revisão de literatura. Rio Verde. Trabalho de Conclusão de Curso [Bacharelado em Engenharia Ambiental] – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano; 2024.

(15) David AM. Microencapsulação do óleo essencial de capim-limão: Uma revisão da literatura. Florianópolis. Trabalho de Conclusão de Curso [Bacharelado em Farmácia] – Universidade Federal de Santa Catarina; 2022.

(16) Silva CR da. Bioatividade do óleo essencial de tomilho e do timol como fumigante no controle de Aspergillus flavus CCUB1405 in vitro e em castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa H. B. K.) durante o armazenamento. Brasília. Dissertação [Mestrado em Agronomia] – Universidade de Brasília; 2021.

(17) Silveira MPD. Desempenho antifúngico de óleos essenciais de canela, cravo e louro em bolores de pães de forma integrais. Diamantina. Dissertação [Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos] – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; 2019.

(18) Clevelares VT, Grip RGO, Pontini JPP, Rocha DR, Silva LG da. Ação do óleo essencial de citronela (Cymbopoggon winterianus) no controle in vitro e in vivo de Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici. Rev. Foco [Internet]. 2024 Jun. 17 [acesso em 22 de julho de]; 17(6):e5062. Disponível em: https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/5062

(19) Siqueira MFF. Óleo essencial de tomilho (Thymus vulgaris): Atividade antimicrobiana contra fungos isolados de alimentos e aplicação como componente ativo em filme de acetato de celulose. Pelotas. Dissertação [Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos] – Universidade Federal de Pelotas; 2021.