

ÓLEOS ESSENCIAIS: APLICAÇÕES EM ÓLEOS COMESTÍVEIS, FRUTAS E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS DEMONSTRANDO ATIVIDADE ANTIBACTERIANA E ANTIFÚNGICA

*Helôisa Dias Barbosa¹, Pâmela Alves Castilho², Bruno Henrique Figueiredo Saqueti³,
Eloize da Silva Alves⁴, Ana Carolina Pelaes Vital⁵*

¹ Mestranda do programa de pós-graduação em Ciências de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Bolsista Capes. heloisabbsa@gmail.com

² Mestranda do programa de pós-graduação em Ciências de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Bolsista Capes. pamela.alvescastilho@gmail.com

³ Mestrando do programa de pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá – UEM
bruno_saqueti@outlook.com

⁴ Mestranda do programa de pós-graduação em Ciências de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Bolsista Capes. eloizeetaus@gmail.com

⁵ Pós Doutoranda do programa de pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Bolsista Capes. anacavit@gmail.com

RESUMO

Os óleos essenciais são líquidos oleosos aromáticos, que podem ser obtidos de variadas fontes vegetais, geralmente extraídos por processos de hidrodestilação, compressão de frutos ou extração com uso de solventes. Além de adquirir funções aromáticas podem ser utilizados para conferir propriedade antimicrobiana e antifúngica. Estudos demonstram que quando comparados com os aditivos sintéticos exercem atividade semelhante, tornando-se uma opção viável e natural para aplicação em alimentos. Como objetivo para este trabalho, trata-se da realização de uma revisão bibliográfica por bases literárias (Google Scholar, Science Direct e Web Of Science, afim de discutir as variadas funções e composições químicas dos óleos essenciais, demonstrando suas possíveis aplicações em revestimentos comestíveis, óleos comestíveis como por exemplo azeite e frutas. Por conclusão, apresentam uma variedade de aplicações utilizando estes compostos naturais, com propriedades que podem agregar valor ao produto final, são uma boa alternativa de conservação de alimentos. No entanto a aplicação destes óleos ainda necessita de maiores avaliações quanto à percepção e aceitação de consumidores, para demonstrar sua aplicabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Aplicações em Alimentos; Alimentos Funcionais; Óleos essenciais.

1 INTRODUÇÃO

Óleos essenciais (OEs) são líquidos oleosos aromáticos que são derivados de partes de plantas, como flores, brotos, sementes, folhas, galhos, casca, ervas, madeira, frutas e raízes (SADGROVE et al., 2015). O OE é conhecido como misturas complexas de vários constituintes voláteis, incluindo sesquiterpenos, monoterpenos, aldeídos, álcoois, ésteres e cetonas. Eles são conhecidos por estarem envolvidos na resistência de plantas contra pragas, herbívoros, fungos e bactérias (HARKAT-MADOURI et al., 2015).

Cerca de 3000 óleos essenciais foram produzidos usando pelo menos 2000 espécies de plantas, das quais 300 são importantes do ponto de vista comercial. A produção de 40.000 a 60.000 toneladas por ano, com valor de mercado estimado em US \$ 700 milhões, indica que a produção e o consumo de OEs estão aumentando em todo o mundo. Atualmente, os OEs de hortelã-pimenta, lavanda, gerânio, eucalipto, rosa, bergamota, sândalo e camomila são os mais comercializados (DJILANI; DICKO, 2012).

Grandes quantidades de OE para uso comercial podem ser obtidas através de métodos clássicos, como destilação, extração de solvente orgânico e prensagem a frio. A destilação é o método mais antigo e mais simples de extração, aplicável em diversas tecnologias (ASBAHANI et al., 2015; DIMA; DIMA, 2015). Uma grande quantidade e diversidade de OEs podem ser localizados na casca de numerosas espécies de plantas,

como tangerina (*Citrus reticulata*), limão (*C. aurantifolia*), tangerina (*C. tangerina*) e laranja (*C. sinensis*), entre outros, bem como em anis frutas (*Pimpinella anisum*), cardamomo (*Elettaria cardamomum*), endro (*Anethum graveolens*) e erva-doce (*Foeniculum vulgare*). Além disso, pode ser encontrada, também em folhas como, manjeriço (*Ocimum basilicum*), manjerona (*Origanum majorana*), hortelã (*Mentha rotundifolia*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e sálvia (*Salvia officinalis*); na casca, incluindo canela (*Cinnamomum zeylanicum*), cedro (*Cedrela odorata*) e sândalo (álbum Santalum); em raízes, em cálamo (*Acorus calamus*) e valeriana (*Valeriana officinalis*) e em flores como jasmim (*Jasminum officinale*) e rosa (*Rosa* sp) (RAMOS-GARCÍA et al., 2010).

Historicamente, os OEs têm sido usados em uma variedade de aplicações, incluindo perfumes, aromas alimentares, tintas, produtos de limpeza e medicamentos (PLANT et al., 2019). Também têm se estudado o uso terapêutico na medicina humana devido às suas propriedades anticancerígenas, anti-inflamatórias, antivirais, antibacterianas, antinociceptivas e antioxidantes (BOUYAHYA et al., 2019; PAVITHRA; MEHTA; VERMA, 2019). Existe um ramo da ciência chamado aromaterapia, nele os OEs são usados como terapia alternativa e/ou complementar a terapia convencional para amenizar sintomas de doenças, o método de administração dos OEs varia desde a inalação, aplicações na pele e até em alguns casos a ingestão, nos últimos anos diversos estudos têm sido publicados com o intuito de esclarecer o uso dessa terapia no cérebro humano (ALI et al., 2015).

Devido ao mercado de alimentos ser competitivo o método mais barato na produção de alimentos é sempre favorecido o que é crucial na escolha do composto químico a ser usado, no entanto existe uma crescente preocupação da adição de compostos químicos sintéticos nos alimentos devido ao seu uso poder causar efeitos controversos a saúde (CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2015), dessa forma o uso de materiais naturais está ganhando espaço na indústria alimentícia (CAROCHO et al., 2014).

Dada a gama de possíveis aplicações dos óleos essenciais em alimentos e seu potencial uso nos alimentos com baixo risco para a saúde humana; esta pesquisa tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica por bases literárias (Google Scholar, Science Direct e Web Of Science), afim de discutir as funções e composições de óleos essenciais, além de avaliar a efetividade do uso dos óleos essenciais em alimentos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Composição Química dos Óleos Essenciais

OEs são misturas complexas de compostos voláteis extraídos de um grande número de plantas. Em geral, representam uma pequena fração da composição vegetal (menos de 5% da matéria seca vegetal) e compreendem principalmente terpenos hidrocarbônicos (isoprenos) e terpenóides (ASBAHANI et al., 2015). Na maioria das vezes, os componentes químicos dos OEs são classificados como terpenos, fenilpropanóides ou compostos contendo enxofre ou contendo nitrogênio, no entanto, a maioria dos óleos essenciais consiste principalmente de monoterpenos (KHAYYAT; ROSELIN, 2018).

Os principais compostos são monoterpenos (têm 10 átomos de carbono e representam mais de 80% da composição dos óxidos de etileno) e sesquiterpenos (têm 15 átomos de carbono). Os segundos, também chamados isoprenóides. São derivados oxigenados de terpenos de hidrocarbonetos, tais como, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos, fenóis, éteres e ésteres. Alguns OEs contêm outra classe de moléculas oxigenadas que são fenilpropanóides e seus derivados. Eles são encontrados em casos especiais (ASBAHANI et al., 2015).

Os componentes químicos dos OEs são produzidos através de três diferentes vias biossintéticas: a via metil-eritritol para mono-terpenos e diterpenos, a via mevalonato para sesquiterpenos e a via do ácido ximato para fenilpropanóides (DIMA; DIMA, 2015).

Um único tipo de OE pode conter mais de 100 componentes diferentes em várias proporções (1 a 70%). No entanto, não existe uma nomenclatura química sistemática para compostos químicos encontrados em OEs. Seus nomes científicos são baseados em suas propriedades ou fontes proeminentes (por exemplo, terpenos, limoneno, pinene, timol, entre outros) (CARSON; KATHERINE; HAMMER, 2011; DIMA; DIMA, 2015).

2.2 Óleos comestíveis aromatizados

Os óleos vegetais são considerados nos últimos anos como um importante recurso econômico utilizado principalmente nas indústrias alimentícia, oleoquímica e farmacêutica (CASONI; SIMION; SÂRBU, 2019), nos últimos 50 anos seu consumo pela população mais do que duplicou (SAVVA; KAFATOS, 2016). Uma prática tradicional na gastronomia mediterrânea é a aromatização do azeite com plantas aromáticas e especiarias, como orégano, manjerição, alecrim, limão, tomilho, pimenta ou alho, devido a sua capacidade de proteção contra a deterioração natural desse azeite (REICHLING et al., 2009).

Atualmente, os óleos aromatizados, como algum tipo de condimento preparado pela combinação de óleos essenciais de especiarias e óleos comestíveis, têm atraído cada vez mais atenção (PERESTRELO et al., 2017). O processo de aromatização para a preparação de óleos aromatizados comestíveis não só proporciona aos alimentos sabores agradáveis, mas também melhora a estabilidade oxidativa e as propriedades sensoriais (CAPONIO et al., 2016).

Em um estudo realizado por Wang et al. (2018), foi medida a capacidade oxidativa do óleo de girassol adicionado por OE de *Coriandrum sativum L.* em comparação com a butil-hidroquinona terciária (TBHQ) um antioxidante sintético popular, os resultados foram capacidade antioxidante similar ao TBHQ a 1200ppm durante o armazenamento acelerado. Em outro estudo elaborado também por Wang et al. (2019), foi usado o óleo de girassol porém dessa vez adicionado de OE de *Punica granatum cv.*, durante o armazenamento acelerado a 65 °C durante 30 dias, a adição de *Punica granatum cv* a 800 ppm inibiu a oxidação lipídica e também restringiu a mudança na composição dos ácidos graxos e ambos os trabalhos nos resultados de análise sensorial indicaram melhor aceitação do consumidor ao óleo comestível acrescidos de OEs.

Já Chandran, Nayana, Roshini, & Nisha, (2017) investigaram dessa vez usando óleos de coco aromatizados com óleos essenciais de pimenta preta e gengibre nas concentrações de 1% apresentaram estabilidade oxidativa semelhante à do óleo de coco adicionado por TBHQ a 200 ppm durante o armazenamento acelerado. Na avaliação sensorial, os avaliados preferiram a salada adicionada pelos óleos aromatizados à salada adicionada pelo óleo de coco.

Sadeghi, Mahtabani, Etminan, & Karami (2016), investigou a aplicação do OE de *Ferulago angulata boiss* em óleo de soja e sua atividade antioxidante durante o armazenamento acelerado, e foi verificada capacidade de estabilizar o óleo de soja similar ao TBHQ.

Em outro teste realizado por Kowalski et al. (2018), avaliou o efeito do OE de *Rosmarinus officinalis L.* sobre o óleo de canola, demonstrando também alta capacidade antioxidante.

Portanto, a preparação de óleos aromatizados ou enriquecidos usando óleos essenciais de especiarias e óleos comestíveis pode ser uma alternativa eficaz de aumentar a estabilidade oxidativa e as propriedades sensoriais dos óleos comestíveis (BLASI et al., 2018).

2.3 Uso dos OEs em revestimentos comestíveis

O uso de revestimentos comestíveis (RC) enriquecidas com OEs é uma alternativa que tem gerado bons resultados para auxiliar na conservação dos alimentos, mesmo quando utilizado em diferentes matrizes dietéticas, mas principalmente para frutas e hortaliças, pois são produtos de tecnologia limpa, com alto grau de seletividade e grande viabilidade econômica (REYES, 2011).

Martínez et al. (2018), formulou um RC de quitosana acrescido do OE de *Thymus capitatus*, e verificou o prazo de validade de morangos, observou-se que o produto com RC foi mais eficiente em preservar a qualidade dos morangos por 15 dias, uma vez que a decomposição diminuiu significativamente em comparação com as amostras não tratadas. Embora os mecanismos de como os RC de quitosana e óleos essenciais agem como antifúngicos ainda não estejam claros, sugere-se que eles possam agir sinergicamente para melhorar a atividade antifúngica (GRANDE-TOVAR et al., 2018). Já Santos, Malpass, Okura, & Granato (2018), elaboraram um RC à base de alginato contendo OEs de *Connamomum cassia* e *Myristica fragrans* e verificaram a vida útil de maçãs minimamente processadas, os resultados demonstraram melhora na vida de prateleira das amostras revestidas, por cerca de 15 dias, redução no índice de escurecimento e redução de 3 log ciclos de *E. coli* e 1 log ciclo de *P. commune*.

Rodriguez-Garcia et al. (2016), aplicou o OE de *Lippia graveolens* a RC a base de pectina e por sua vez testaram em tomates, demonstrando efeito antifúngico, aumento no teor de fenol total e na atividade antioxidante. A atividade antifúngica do OE de *Lippia graveolens* é atribuída principalmente aos monoterpenos aromáticos carvacrol, timol e p - timeno, em estudos os mecanismos antifúngicos sugerem que sua atividade está relacionada ao seu anel aromático e grupos hidroxila, que podem formar pontes de hidrogênio com enzimas vitais do fungo. Além disso, eles podem interferir na biossíntese de fosfolipídios e esteróis fúngicos (AHMAD et al., 2011).

Hashemi, Mousavi Khaneghah, Ghaderi Ghahfarrokhi, & Eş, (2017) elaborou um RC para damascos frescos a base de goma de semente de manjeriço e aplicou OE de *Origanum vulgare*, e avaliaram a qualidade microbiológica do alimento por 8 dias a 4°C, a adição do OE reduziu as contagens de totais de placa e leveduras em até 31,81% no oitavo dia em comparação ao controle, demonstrando assim capacidade antibacterianas promissoras.

Apesar de no presente artigo apenas ter sido relatado estudos com o uso de OE em RC de frutas, existem pesquisas demonstrando seu uso em outros alimentos como por exemplo: carnes (VITAL et al., 2018) e queijos (ARTIGA-ARTIGAS; ACEVEDO-FANI; MARTÍN-BELLOSO, 2017).

2.4 Atividade Antifúngica em frutas e grãos

A população cada vez mais procura por qualidade nos produtos, tanto nutricionalmente como também sensorialmente. Para as frutas, essa qualidade é observada em produtos em formato adequado, sem indícios de defeitos, com boa aparência visual. Neste contexto, uma das etapas mais instáveis em frutas é a pós-colheita, em que ocorre a maioria das doenças desde a colheita manual até o armazenamento (SIVAKUMAR; BAUTISTA-BAÑOS, 2014).

Fungos podem ser contaminantes de alimentos tanto antes quanto após o plantio, sendo que algumas espécies como *Penicillium* spp., *Alternaria* spp. e *Fusarium* spp., podem produzir micotoxinas, sendo um risco à saúde (ABBASZADEH et al., 2014; SIVAKUMAR; BAUTISTA-BAÑOS, 2014). Para que não ocorra grande perda causada pelos vários tipos de contaminações pós colheita, como por exemplo o bolor azul em peras e maçãs ou o bolor cinza em morangos, muitos fungicidas são aplicados para o controle dos mesmos. Porém, vários países possuem um limite residual máximo permitido na parte comestível da fruta destes agentes químicos, além de que há uma tendência de restrição do uso destes

componentes devido à toxicidade, efeito carcinogênico, como também à poluição ambiental (SELLAMUTHU et al., 2013; SIVAKUMAR; BAUTISTA-BAÑOS, 2014). Dessa forma, outra opção para estas situações é através de aplicação de óleo essencial, conhecidos por possuírem propriedades antimicrobianas, antioxidantes naturais com menor impacto ambiental (SIVAKUMAR; BAUTISTA-BAÑOS, 2014). De acordo com Guerreiro et al. (2015), óleos essenciais com ação antifúngica vêm sendo utilizado para conservar a qualidade de frutas como também aumentar a vida útil destes alimentos. Pesquisas para uso industrial normalmente utilizam: canela, frutas cítricas, cravo, capim-limão, coentro, orégano, sálvia, pimentão, tomilho e alecrim como fonte de óleos essenciais (TAJKARIMI; IBRAHIM; CLIVER, 2010).

De acordo com Elshafie et al. (2015), as espécies *Thymus vulgaris* e *Verbena officinalis*, provenientes do tomilho e verbena possuem como principal constituinte o-cymene e carvacrol; citral e isobornil respectivamente, e demonstraram capacidade de redução da lesão de podridão parda em pêssegos, ocasionados pelos fungos *Monilinia laxa*, *Monilinia fructigena* e *Monilinia fructicola* nas concentrações de 500 ppm e 1000 ppm. Registros sobre a efetividade do extrato de *T. vulgaris* também retratam a sua efetividade contra a podridão de frutas ocasionadas por *Botrytis cinerea*, *Phytophthora citrophthora* e *Rhizopus stolonifer* a uma concentração de 2000 ppm enquanto que contaminação causada por *B. cinerea*, *P. citrophthora* também foi inibida com o extrato de verbena (CAMELE et al., 2010). Também foi confirmado por Hashem et al. (2019), que o crescimento fúngico de *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Geotrichum candidum* e *Monilinia laxa* foi evitado em testes in vitro com o pêssego através do uso de uma mistura de óleos essenciais: broto de cravo, limão, canela, alecrim, lavanda e cedro composto principalmente por levomentol e limoneno; além de prolongar a vida útil para até 30 dias sob refrigeração a 4 °C.

Em uma pesquisa realizada por (ABBASZADEH et al., 2014), demonstrou-se que óleos compostos por carcravol, possui melhor resultado contra as espécies de fungo: *Aspergillus niger*, *aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus ochraceus*, *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium spp.*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium chrysogenum*, quando comparado com o timol, eugenol e mentol.

Com relação aos tratamentos pós colheita, alguns dos mais efetivos de acordo com o óleo essencial e a fruta aplicada são: óleo de tomilho (*T. vulgaris*) no abacate contra *Colletotrichum gloesporioides* (Sellamuthu et al., 2013, citado por Sivakumar & Bautista-Baños, 2014) ; óleo de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) em pêssegos contra *R. stolonifer*, *B.cinerea* (Arrebola et al., 2010); óleo de limão (*C. citratus*) em morango contra *B. cinerea* (VITORATOS et al., 2013).

Zheng et al. (2019), analisou a atividade antifúngica de 18 óleos essenciais em *Villosiclave virens*, o patogênico causador do chamado arroz falso, que afeta o rendimento e a qualidade de grãos. Através do método de fumigação, na concentração de 10 µL/L os óleos obtidos de: canela, mirra, tomilho, casca de canela, *Angelica dahurica*, *Litsea cubeba* impossibilitaram o desenvolvimento micelial. Ainda, junto com a técnica de fumigação, a técnica de aplicação por contato e os resultados para o desenvolvimento, germinação e esporulação foi mais efetiva com o óleo de canela e óleo de casca de canela, nos quais o principal composto ativo identificado foi o trans-cinamaldeído.

Com relação aos grãos, a aplicação de vapores de óleo essencial em aveia foi relatado por Božik et al. (2017), para o controle de *Aspergillus spp.* no qual óleo essencial de tomilho, orégano e capim limão e seus principais componentes timol e p-cimeno, carvacrol e citral respectivamente mostraram-se efetivos tanto contra o crescimento micelial quanto à esporulação em uma concentração de 500 µL/L, sendo que destes, apenas o tratamento com capim-limão trouxe uma maior aceitação sensorial.

Muitas aplicações sobre as propriedades antifúngicas de óleos essenciais ainda podem ser encontradas sobre a diversidade de alimentos, tendo em busca alternativas naturais e eficientes para além de conservar os produtos, agregarem valor aos mesmos.

2.5 Atividade Antibacteriana em frutas, legumes e grãos

Doenças causadas por alimentos ainda são uma das grandes causas de morte de pessoas em todo o mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2007). Portanto, ao mesmo tempo em que novas tecnologias de produção, controle e higienização vem sendo proposta pelas indústrias para reduzir ou eliminar patógenos de origem alimentar, a população também procura por alimentos orgânicos, sem a adição de sintéticos e que estejam livres de residual de compostos químicos. Neste contexto, antimicrobianos naturais, como os óleos essenciais, vem tomando mais espaço em pesquisas e em uso industrial, como uma alternativa para a redução de riscos microbiológicos transmitidos por alimentos, conservação e aumento da vida útil de alimentos para garantia da segurança alimentar.

Dessa forma, componentes de óleo essencial de: coentro, canela, orégano, alecrim, cravo, alho, salsa, capim-limão já possuem comprovada propriedades antimicrobianas (BURT, 2004; TAJKARIMI; IBRAHIM; CLIVER, 2010).

Com relação à aplicação de óleos essenciais em frutas, Roller & Seedhar (2002), relataram que a diminuição da flora microbiana de kiwi em solução de imersão de $0,15 \mu\text{L} / [\text{ml}]^{-1}$ é menos eficiente em melão o que pode ser explicado devido ao pH, pois valores menores de pH como do kiwi (3,2-3,6) possui melhor efetividade da ação de óleos essenciais. Já quanto à patógenos, Moore-Neibel et al. (2012), relatou o potencial uso de óleo de capim-limão para a inativação de *Salmonella* Newport, microrganismo relacionado à surtos após consumo de produtos frescos, em folhas verdes. A aplicação em folhas verdes como espinafre, alface romana e alface americana com óleo essencial de canela também demonstrou atividade antimicrobiana com grande redução de *S. Newport* variando com a temperatura e tempo de armazenamento e o tipo da folha (TODD et al., 2013). O controle de bactérias como *Xanthomonas spp.*; *Pseudomonas syringae*, pode ser realizado através de uso de carvacrol em plantações de tomate (LIU et al., 2019).

A aplicação antibacteriana de óleo essencial de orégano, em uma combinação com cimenó e molho de soja, demonstrou redução de *Bacillus cereus* em arroz (ULTEE et al., 2000).

Outras aplicações de atividade antimicrobiana em alimentos como carne, peixe leite e combinações de óleos essenciais com outro método de conservação também relatam a efetividade dos mesmos em diferentes estudos (BURT, 2004).

3. Conclusão

Tendo em vista a variedade de aplicações utilizando os compostos naturais, que não agredam o meio ambiente e agregam valor ao produto final, os óleos essenciais são uma boa alternativa de conservação de alimentos; com ótimos resultados nas aplicações demonstradas. No entanto a aplicação destes óleos ainda necessita de maiores avaliações quanto à percepção e aceitação de consumidores, também mais estudos são necessários para demonstrar aplicabilidade em produções de grande escala já que demonstraram atividades semelhantes aos conservantes sintéticos.

REFERÊNCIAS

- ABBASZADEH, S. et al. Antifungal efficacy of thymol, carvacrol, eugenol and menthol as alternative agents to control the growth of food-relevant fungi. **Journal de Mycologie Médicale**, v. 24, n. 2, p. e51–e56, 1 jun. 2014.
- AHMAD, A. et al. Fungicidal activity of thymol and carvacrol by disrupting ergosterol biosynthesis and membrane integrity against *Candida*. **European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases**, v. 30, n. 1, p. 41–50, 11 jan. 2011.
- ALI, B. et al. Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 5, n. 8, p. 601–611, 1 ago. 2015.
- ARTIGA-ARTIGAS, M.; ACEVEDO-FANI, A.; MARTÍN-BELLOSO, O. Improving the shelf life of low-fat cut cheese using nanoemulsion-based edible coatings containing oregano essential oil and mandarin fiber. **Food Control**, v. 76, p. 1–12, 1 jun. 2017.
- ASBAHANI, A. EL et al. Essential oils: From extraction to encapsulation. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 483, n. 1–2, p. 220–243, 10 abr. 2015.
- BLASI, F. et al. Changes in extra-virgin olive oil added with *Lycium barbarum* L. carotenoids during frying: Chemical analyses and metabolomic approach. **Food Research International**, v. 105, p. 507–516, 1 mar. 2018.
- BOUYAHYA, A. et al. Chemical variability of *Centaurium erythraea* essential oils at three developmental stages and investigation of their in vitro antioxidant, antidiabetic, dermatoprotective and antibacterial activities. **Industrial Crops and Products**, v. 132, p. 111–117, 1 jun. 2019.
- BOŽIK, M. et al. Selected essential oil vapours inhibit growth of *Aspergillus* spp. in oats with improved consumer acceptability. **Industrial Crops and Products**, v. 98, p. 146–152, 1 abr. 2017.
- BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223–253, 1 ago. 2004.
- CAMELE, I. et al. An Attempt of Postharvest Orange Fruit Rot Control Using Essential Oils from Mediterranean Plants. **Journal of Medicinal Food**, v. 13, n. 6, p. 1515–1523, 23 dez. 2010.
- CAPONIO, F. et al. Effect of infusion of spices into the oil vs. combined malaxation of olive paste and spices on quality of naturally flavoured virgin olive oils. **Food Chemistry**, v. 202, p. 221–228, 1 jul. 2016.
- CAROCHO, M. et al. Adding Molecules to Food, Pros and Cons: A Review on Synthetic and Natural Food Additives. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 4, p. 377–399, 1 jul. 2014.
- CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Natural food additives: Quo vadis? **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, n. 2, p. 284–295, 1 out. 2015.

- CARSON, C. F.; KATHERINE, A.; HAMMER, K. A. Chemistry and bioactivity of essential oils. In: THORMAR, H. (Ed.). . **Lipids and Essential Oils as Antimicrobial Agents**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2011. p. 204–223.
- CASONI, D.; SIMION, I. M.; SÂRBU, C. A comprehensive classification of edible oils according to their radical scavenging spectral profile evaluated by advanced chemometrics. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 213, p. 204–209, 15 abr. 2019.
- CHANDRAN, J. et al. Oxidative stability, thermal stability and acceptability of coconut oil flavored with essential oils from black pepper and ginger. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 144–152, 26 jan. 2017.
- DIMA, C.; DIMA, S. Essential oils in foods: extraction, stabilization, and toxicity. **Current Opinion in Food Science**, v. 5, p. 29–35, 1 out. 2015.
- DJILANI, A.; DICKO, A. The therapeutic benefits of essential oils. **Nutrition, Well-Being and Health**, p. 1, 2012.
- ELSHAFIE, H. S. 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**, v. 66, p. 11–15, 1 abr. 2015.
- GRANDE-TOVAR, C. D. et al. Chitosan coatings enriched with essential oils: Effects on fungi involved in fruit decay and mechanisms of action. **Trends in Food Science & Technology**, v. 78, p. 61–71, 1 ago. 2018.
- GUERREIRO, A. C. et al. The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 110, p. 51–60, 1 dez. 2015.
- HARKAT-MADOURI, L. et al. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oil of Eucalyptus globulus from Algeria. **Industrial Crops and Products**, v. 78, p. 148–153, 30 dez. 2015.
- HASHEM, M. et al. A multiple volatile oil blend prolongs the shelf life of peach fruit and suppresses postharvest spoilage. **Scientia Horticulturae**, v. 251, p. 48–58, 1 jun. 2019.
- HASHEMI, S. M. B. et al. Basil-seed gum containing Origanum vulgare subsp. viride essential oil as edible coating for fresh cut apricots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 125, p. 26–34, 1 mar. 2017.
- KHAYYAT, S. A.; ROSELIN, L. S. Recent progress in photochemical reaction on main components of some essential oils. **Journal of Saudi Chemical Society**, v. 22, n. 7, p. 855–875, 1 nov. 2018.
- KOWALSKI, R. et al. Effect of the method of rapeseed oil aromatisation with rosemary Rosmarinus officinalis L. on the content of volatile fraction. **LWT**, v. 95, p. 40–46, 1 set. 2018.
- LIU, Q. et al. Potential of a Small Molecule Carvacrol in Management of Vegetable

Diseases. **Molecules**, v. 24, n. 10, p. 1932, 20 maio 2019.

MARTÍNEZ, K. et al. The Effect of Edible Chitosan Coatings Incorporated with *Thymus capitatus* Essential Oil on the Shelf-Life of Strawberry (*Fragaria x ananassa*) during Cold Storage. **Biomolecules**, v. 8, n. 4, p. 155, 21 nov. 2018.

MOORE-NEIBEL, K. et al. Antimicrobial activity of lemongrass oil against *Salmonella enterica* on organic leafy greens. **Journal of Applied Microbiology**, v. 112, n. 3, p. 485–492, 1 mar. 2012.

PAVITHRA, P. S.; MEHTA, A.; VERMA, R. S. Essential oils: from prevention to treatment of skin cancer. **Drug Discovery Today**, v. 24, n. 2, p. 644–655, 1 fev. 2019.

PERESTRELO, R. et al. Global volatile profile of virgin olive oils flavoured by aromatic/medicinal plants. **Food Chemistry**, v. 227, p. 111–121, 15 jul. 2017.

PLANT, R. M. et al. The Essentials of Essential Oils. **Advances in Pediatrics**, 30 abr. 2019.

RAMOS-GARCÍA, M. DE L. et al. Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. **Revista mexicana de fitopatología**, v. 28, n. 1, p. 44–57, 2010.

REICHLING, J. et al. Essential Oils of Aromatic Plants with Antibacterial, Antifungal, Antiviral, and Cytotoxic Properties – an Overview. **Complementary Medicine Research**, v. 16, n. 2, p. 79–90, abr. 2009.

REYES, M. A. M. **Generalidades y aplicación de películas y recubrimientos comestibles en la cadena hortofrutícola**. [s.l.] Universidad Autónoma Agraria, Buenavista, 2011.

RODRIGUEZ-GARCIA, I. et al. Oregano (*Lippia graveolens*) essential oil added within pectin edible coatings prevents fungal decay and increases the antioxidant capacity of treated tomatoes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 11, p. 3772–3778, 1 ago. 2016.

ROLLER, S.; SEEDHAR, P. Carvacrol and cinnamic acid inhibit microbial growth in fresh-cut melon and kiwifruit at 4° and 8°C. **Letters in Applied Microbiology**, v. 35, n. 5, p. 390–394, 1 nov. 2002.

SADEGHI, E. et al. Stabilization of soybean oil during accelerated storage by essential oil of *ferulago angulata* boiss. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 2, p. 1199–1204, 20 fev. 2016.

SADGROVE, N. et al. A Contemporary Introduction to Essential Oils: Chemistry, Bioactivity and Prospects for Australian Agriculture. **Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 48–102, 3 mar. 2015.

SANTOS, S. M. DOS et al. Edible active coatings incorporated with *Cinnamomum cassia* and *Myristica fragrans* essential oils to improve shelf-life of minimally processed apples. **Ciência Rural**, v. 48, n. 12, 6 dez. 2018.

SAVVA, S. C.; KAFATOS, A. Vegetable Oils: Dietary Importance. **Encyclopedia of Food and Health**, p. 365–372, 1 jan. 2016.

SELLAMUTHU, P. S. et al. Thyme oil vapour and modified atmosphere packaging reduce anthracnose incidence and maintain fruit quality in avocado. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 12, p. 3024–3031, set. 2013.

SIVAKUMAR, D.; BAUTISTA-BAÑOS, S. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. **Crop Protection**, v. 64, p. 27–37, 1 out. 2014.

TAJKARIMI, M. M.; IBRAHIM, S. A.; CLIVER, D. O. Antimicrobial herb and spice compounds in food. **Food Control**, v. 21, n. 9, p. 1199–1218, 1 set. 2010.

TODD, J. et al. The antimicrobial effects of cinnamon leaf oil against multi-drug resistant *Salmonella* Newport on organic leafy greens. **International Journal of Food Microbiology**, v. 166, n. 1, p. 193–199, 16 ago. 2013.

ULTEE, A. et al. **Antimicrobial Activity of Carvacrol toward *Bacillus cereus* on Rice** **Journal of Food Protection**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://jfoodprotection.org/doi/pdf/10.4315/0362-028X-63.5.620>>. Acesso em: 18 jun. 2019.

VITAL, A. C. P. et al. Consumer profile and acceptability of cooked beef steaks with edible and active coating containing oregano and rosemary essential oils. **Meat Science**, v. 143, p. 153–158, 1 set. 2018.

VITORATOS, A. et al. Antifungal Activity of Plant Essential Oils Against *Botrytis cinerea*, *Penicillium italicum* and *Penicillium digitatum*. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 41, n. 1, p. 86, 28 maio 2013.

WANG, D. et al. Oxidative stability of sunflower oil flavored by essential oil from *Coriandrum sativum* L. during accelerated storage. **LWT**, v. 98, p. 268–275, 1 dez. 2018.

WANG, D. et al. Sunflower oil flavored by essential oil from *Punica granatum* cv. Heyinshiliu peels improved its oxidative stability and sensory properties. **LWT**, v. 111, p. 55–61, 1 ago. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Food safety and foodborne illness. Fact sheet N°237 Reviewed**. Geneva: [s.n.]. Disponível em: <https://foodhygiene2010.files.wordpress.com/2010/06/who-food_safety_fact-sheet.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2019.

ZHENG, J. et al. Fumigation and contact activities of 18 plant essential oils on *Villosiclava virens*, the pathogenic fungus of rice false smut. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 7330, 14 dez. 2019.