

EFICÁCIA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *MENTHA PIPERITA* L. CONTRA *SALMONELLA* SPP. E *LISTERIA MONOCYTOGENES*- REVISÃO

EFFICACY OF *MENTHA PIPERITA* L. ESSENTIAL OIL AGAINST *SALMONELLA* SPP. AND *LISTERIA MONOCYTOGENES*- REVIEW

Ana Lúcia Penteado¹

Dra. Tecnologia Alimentos/Unicamp

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Laboratório de
Microbiologia Ambiental, Jaguariúna/SP, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0002-4537-1097>

analucia.penteado@embrapa.br

¹ Administração do projeto, Discussão dos resultados, Escrita, Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

Recebido: 02/04/2025. Parecer: 29/05/2025. Corrigido: 03/02/2026. Aprovado: 10/03/2026.
Publicado: 10/03/2026



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

RESUMO

A crescente conscientização dos consumidores sobre os potenciais efeitos adversos dos conservadores químicos utilizados para retardar ou prevenir o crescimento de microrganismos em alimentos tem levado a indústria alimentícia a buscar alternativas naturais. Nesse contexto, conservadores, como os óleos essenciais, surgem como uma oportunidade promissora para prolongar a vida útil dos alimentos e preservar sua qualidade. As plantas da família Lamiaceae, especialmente *Mentha piperita*, são amplamente reconhecidas por suas propriedades aromáticas, além de serem utilizadas para realçar o sabor e melhorar a qualidade dos alimentos. Pesquisas indicam que essas plantas possuem forte atividade antioxidante e no controle de crescimento, atribuída aos compostos fenólicos presentes em sua composição. O presente estudo teve como objetivo apresentar uma

revisão bibliográfica sobre a atividade do óleo essencial de *M. piperita* contra *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* spp., além de explorar seus constituintes químicos e as vantagens e desvantagens de seu uso. Os resultados de 60 artigos indicam que o óleo essencial de *M. piperita* demonstrou eficácia na inibição de *L. monocytogenes* e *Salmonella* spp., sendo o mentol e a mentona identificados como os principais constituintes deste óleo. Essas descobertas ressaltam o potencial deste óleo essencial como uma alternativa natural viável para a preservação de alimentos e a promoção da saúde pública.

Palavras-chave: Controle de crescimento. Hortelã Pimenta. Patógenos.

ABSTRACT

Growing consumer awareness about the potential adverse effects of chemical

preservatives used to slow or prevent the growth of microorganisms in foods has led the food industry to seek natural alternatives. In this context, natural preservatives, such as essential oils, emerge as a promising opportunity to extend the shelf life of food and preserve its quality. Herbs from the Lamiaceae family, especially *Mentha piperita*, are widely recognized for their aromatic properties, in addition to being used to enhance the flavor and improve the quality of food. Studies indicate that these herbs have strong antioxidant and growth control activity, attributed to the phenolic compounds present in their composition. The present study aimed to present a literature review on the activity of *M. piperita* essential oil against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp., in addition to exploring its chemical constituents and the advantages and disadvantages of its use. The results of 60 articles indicate that *M. piperita* essential oil demonstrated efficacy in inhibiting *L. monocytogenes* and *Salmonella* spp., with menthol and menthone identified as the main constituents of this oil. These findings highlight the potential of this essential oil as a viable natural alternative for preserving food and promoting public health.

Keywords: Growth control. Peppermint. Pathogens.

1 INTRODUÇÃO

A saúde pública tem sido desafiada pelo aumento de doenças transmitidas por alimentos causadas por patógenos, o que tem intensificado a preocupação de fabricantes, agências reguladoras e consumidores com a segurança da cadeia alimentar. De acordo com as estimativas globais da Organização Mundial da Saúde (OMS), todos os anos 600 milhões de pessoas

adoecem após consumir alimentos contaminados, dos quais 420.000 morrem (WHO, 2024). Mais de 90% de todos os casos de intoxicação alimentar são causados por *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, cepas patogênicas de *Escherichia coli*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, bem como *Vibrio cholerae* (Salehi *et al.*, 2018), sendo constatado que *L. monocytogenes* e *Salmonella* spp. representaram 40% dos recall de alimentos e bebidas do FDA nos últimos 20 anos (DeBeer *et al.*, 2024).

Salmonella enterica, é um patógeno bacteriano Gram-negativo de origem alimentar que ocasiona a maioria das hospitalizações por gastroenterites (Melo *et al.*, 2020), atualmente existem mais de 2.500 sorotipos conhecidos deste microrganismo (Ehuwa; Jaiswal; Jaiswal, 2021). Os sintomas incluem cólicas abdominais, diarreia com sangue, febre, mialgia, dor de cabeça, náuseas e vômitos (Ehuwa; Jaiswal; Jaiswal, 2021).

L. monocytogenes é uma bactéria Gram-positiva presente em diversos ambientes naturais como, água, solo, plantas e fezes de animais. Este microrganismo pode causar

listeriose, doença rara e grave que representa um risco significativo para gestantes, recém-nascidos, idosos e indivíduos com sistema imunológico comprometido. A infecção por *L. monocytogenes* está associada a complicações como; natimortos, meningite, septicemia e aborto (Afkar, 2023). Esta bactéria é responsável por mais de 90% de todos os casos de intoxicação alimentar (Iseppi *et al.*, 2023). A capacidade de crescer em baixas temperaturas, aliada à uma relativa resistência a ácidos e minerais e à formação de biofilmes, confere a esse microrganismo um alto potencial de contaminação em ambientes de processamento de alimentos. Essa característica o torna um sério risco para a segurança alimentar, uma vez que a contaminação pós-processamento se torna difícil de prevenir (Hamed; Rohani; Gandomi, 2014).

A conscientização sobre os efeitos dos conservadores químicos levou a indústria alimentícia a buscar alternativas naturais, como os óleos essenciais, que ajudam a prolongar a vida útil e preservar a qualidade dos alimentos (Hamed; Rohani; Gandomi, 2014; Raeisi *et al.*, 2020).

1.1 O que são óleos essenciais

O *Council of Europe* (2019) define óleo essencial como um produto com odor, usualmente de composição complexa, obtido por hidrodestilação, destilação a vapor ou um processo mecânico adequado proveniente de material vegetal cru descrito botanicamente. Caracteriza-se por sua solubilidade em solventes orgânicos e lipídeos, alguns são transparentes e outros variam de uma cor levemente amarelada a um laranja avermelhado, além de densidade inferior à água (González *et al.*, 2021). Possuem baixa toxicidade em mamíferos e degradam-se rapidamente e facilmente na água (Bazargani; Rohloff, 2016).

Os óleos essenciais são mencionados no primeiro herbal da medicina chinesa, *Shen Nong Ben Cao*, escrita no século II d.C., mas provavelmente foram usados já em 5000 a.C. no Egito Antigo (Štefanidesová *et al.*, 2019). A primeira descrição detalhada de métodos para obtenção de óleos essenciais é atribuída a Ibn al-Baitar (1188-1248). A composição química, que inclui principalmente terpenos (monoterpenos, sesquiterpenos) e terpenoides, juntamente com compostos aromáticos (fenilpropanoides) e/ou alifáticos desses compostos voláteis é altamente variável e influenciada por fatores como origem

geográfica, genética, presença de endófitos e métodos de extração (Bazargani; Rohloff, 2016; Firenzuoli *et al.*, 2014).

É estimado que, de 3000 óleos essenciais conhecidos, somente 10% são comercialmente utilizados, sendo reconhecidos por suas diversas atividades biológicas (bactericidas, antivirais e fungicidas) dentre outras (González *et al.*, 2021). Os óleos essenciais usados como pulego são responsáveis por muitos aromas (Ozbucak *et al.*, 2014).

Mentha é um gênero de plantas herbáceas perenes pertencente à família Lamiaceae. Essas plantas apresentam caules rasteiros e subterrâneos, com folhas elípticas dispostas de forma cruzada ao longo do caule. As flores são de coloração roxa e o fruto é uma cápsula vermelha que contém sementes não germinativas (Talei *et al.*, 2017). Essa espécie é predominantemente encontrada nas regiões temperadas do hemisfério norte.

M. piperita L. (hortelã-pimenta) contém aproximadamente 1 a 3% de óleo essencial, sendo amplamente utilizada nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. Este óleo inclui componentes como mentona, terpenos, ésteres de ácido isovalérico e mentol, que representam de 45% a 65% de sua composição. Além desses, o

óleo essencial de hortelã-pimenta também contém outros constituintes, como álcool amílico, aldeídos, taninos, enzimas, resinas, ácido ursólico, carotenóides, hesperidina e minerais, como cálcio, magnésio e ferro, além de caroteno (Denkova *et al.*, 2023; Ozbucak *et al.*, 2014)

As partes medicinais de *M. piperita* L. incluem as partes aéreas com floração, as folhas secas, as flores frescas e a planta inteira. Essas partes são utilizadas na extração do óleo essencial, que possui propriedades antimicrobianas e antioxidantes (Kačániová *et al.*, 2016). O óleo essencial de hortelã-pimenta é reconhecido como seguro para consumo humano pela *Food and Drug Administration* (FDA) e apresenta atividade antimicrobiana comprovada contra patógenos alimentares, como *Escherichia coli* O157 e *Salmonella enteritidis* (Carvalho *et al.*, 2019).

1.2 Mecanismo de ação do óleo essencial.

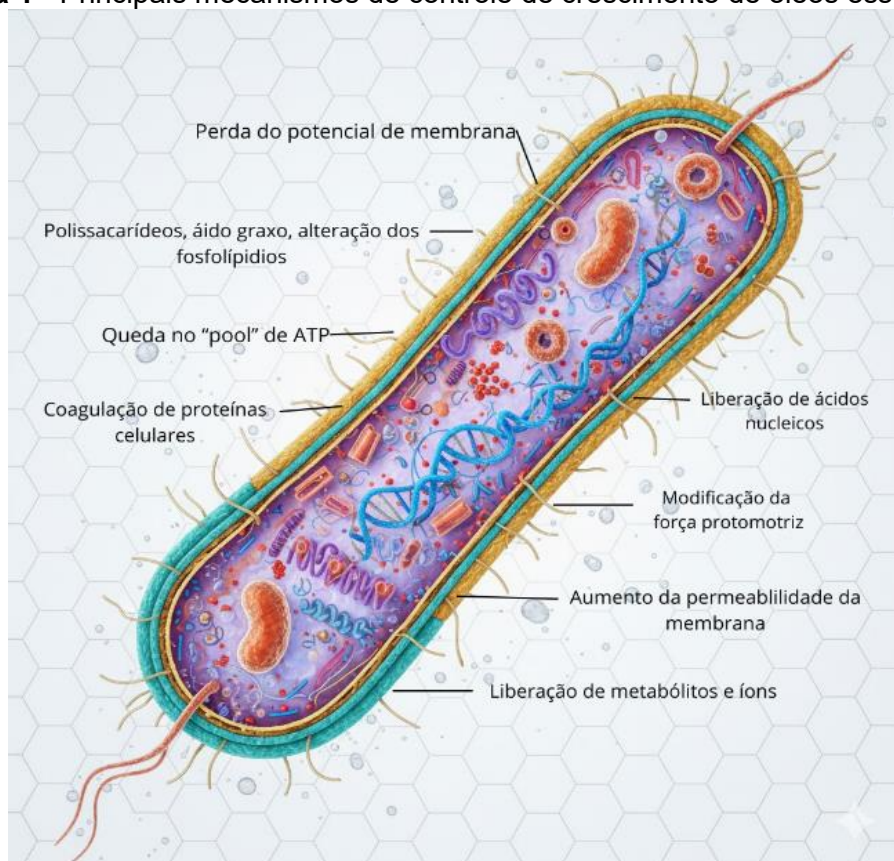
O mecanismo de ação do OE é atribuído à sua composição química e ação antibacteriana, que nem sempre é a mesma. Denkova *et al.* (2023), mostraram que os OEs têm um efeito como conservadores naturais mais forte em bactérias Gram-positivas do que em bactérias Gram-negativas, devido às

diferenças na estrutura e composição da parede celular destas bactérias.

As bactérias Gram-positivas são mais suscetíveis aos OEs devido à ausência de uma barreira de lipopolissacarídeos, tornando a ação antimicrobiana mais eficiente devido à interação direta da membrana celular com os componentes hidrofóbicos dos OEs. Bactérias Gram-negativas são menos sensíveis ao potencial

antimicrobiano dos OEs devido à complexa estrutura hidrofílica de seu envelope celular formado pela camada de fosfolipídios e lipopolissacarídeos na membrana externa, limitando a difusão de compostos hidrofóbicos através da barreira (Corrêa; Ferreira, 2023). A ação antibacteriana dos OEs aplicados em alimentos e bebidas é apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Principais mecanismos de controle de crescimento de óleos essenciais.



Fonte: Imagem gerada por Inteligência Artificial (Gemini), 2025.

Contudo, Nasab *et al.* (2016) observaram uma eficácia superior do óleo essencial de *M. piperita* contra *Salmonella enteritidis* (Gram-negativa)

em comparação com *L. monocytogenes* (Gram-positiva). Além disso, outra pesquisa indicou que a suscetibilidade de bactérias Gram-

positivas e Gram-negativas a óleos essenciais pode variar de acordo com o tempo de exposição, apresentando um efeito inibitório mais acentuado sobre as Gram-negativas após 48 horas (Ouattara *et al.*, 1997).

Os efeitos de controle por crescimento do óleo essencial de *M. piperita* (OEMP) estão relacionados principalmente à elevada concentração de mentol, cuja natureza hidrofóbica provoca a desestabilização da barreira lipopolissacarídica da membrana bacteriana, resultando em alterações na permeabilidade e no vazamento de materiais intracelulares; além disso, interações sinérgicas entre o mentol e outros componentes do OEMP, como cariofileno e limoneno, podem potencializar sua atividade antibacteriana, uma vez que o cariofileno e o eucaliptol, agentes de controle de crescimento amplamente reconhecidos, têm sua absorção facilitada pela perturbação inicial induzida pelo mentol (Carvalho *et al.*, 2019). Ademais, conforme demonstrado por Ashrafudoulla *et al.* (2023), o tratamento com óleo essencial de *M. piperita* causa a ruptura da membrana celular bacteriana, resultando na perda de ATP e comprometimento das funções celulares, o que pode levar à inibição do crescimento e morte do microrganismo.

1.3. Usos do óleo essencial

Rico em compostos como pulegona, mentol, carvona e mentonas, o óleo essencial de menta encontra ampla aplicação em diversos setores. Na área farmacêutica, são empregados em produtos de higiene pessoal, enquanto na alimentícia, servem como flavorizantes em bebidas, alimentos e condimentos. Além disso, encontram aplicação na fabricação de perfumes e cosméticos (Fazal *et al.*, 2023). Na União Europeia, segundo Criste *et al.*, (2014), a maior demanda por óleos essenciais de menta é da indústria alimentícia, seguida pela indústria de perfumes e pela farmacêutica.

1.4. Aplicações dos óleos essenciais na indústria alimentícia

Conservadores Naturais: os óleos essenciais (OEs) podem ser incorporados aos alimentos para prolongar sua vida útil e reduzir a necessidade de conservadores químicos. Contudo, concentrações mais elevadas de OEs podem alterar o sabor natural dos produtos, gerando um impacto organoléptico indesejado quando ultrapassam os limites aceitáveis (Ashrafudoulla *et al.*, 2023). Assim, é recomendável o uso do óleo essencial de *M. piperita* em doses mais baixas, em combinação com outras tecnologias tradicionais ou emergentes,

para maximizar seus efeitos de controle de crescimento enquanto minimiza os efeitos negativos sobre as características sensoriais dos alimentos (Guedes *et al.*, 2016).

Os óleos essenciais, como o de *M. piperita*, têm reconhecidas propriedades antioxidantes e no controle de crescimento, podendo ser utilizados para prolongar a vida útil de frutas, vegetais, bebidas, laticínios, produtos de panificação e carnes (Ashrafudoulla *et al.*, 2023; Raeisi *et al.*, 2018; Salehi *et al.*, 2018). O uso de OEs encapsulados tem mostrado eficácia como agentes antimicrobianos naturais, controlando a qualidade e a vida útil de frutas e vegetais. A encapsulação pode superar desafios como hidrofobicidade, volatilidade e sabores indesejáveis, permitindo a inibição do crescimento microbiano e minimizando a deterioração. No entanto, há uma escassez de pesquisas sobre os efeitos toxicológicos dos OEs incorporados em microcápsulas (Guo *et al.*, 2021).

Embalagens Ativas: os óleos essenciais podem ser integrados a embalagens ativas, liberando compostos antimicrobianos que inibem o crescimento de patógenos na superfície dos alimentos, contribuindo para a segurança alimentar (Guo *et al.*, 2021).

Desinfecção de superfícies: os OEs também são eficazes na desinfecção de superfícies em cozinhas e áreas de processamento de alimentos, ajudando a prevenir a contaminação cruzada (Ashrafudoulla *et al.*, 2023).

Controle da Formação de Biofilmes: os óleos essenciais se mostram promissores no combate contra as bactérias e na formação de biofilmes. A indústria alimentícia frequentemente recorre a conservadores químicos, cujo uso prolongado pode aumentar a resistência antimicrobiana (Ashrafudoulla *et al.*, 2023). O óleo essencial de *M. piperita* L, em particular, demonstrou eficácia contra vários patógenos de origem alimentar, deteriorantes e na prevenção da formação de biofilmes, inibindo a expressão de genes relacionados ao desenvolvimento de biofilmes, interrompendo conexões célula-célula, separando biofilmes maduros e eliminando células bacterianas planctônicas (Ashrafudoulla *et al.*, 2023). Esses agentes antimicrobianos naturais são considerados mais seguros que antibióticos sintéticos, são ecologicamente corretos e têm potencial para comercialização em larga escala no controle de diversas doenças (Fazal *et al.*, 2023).

Agentes Sinérgicos: a combinação do óleo essencial de *M. piperita* com íons de prata (Ag⁺) demonstrou um efeito sinérgico contra as culturas de *E. coli*, *S. aureus* e *C. albicans*. Além disso, a combinação do óleo essencial de *M. piperita* (0,5%) com bacteriocina (1000 UA/g) retardou a proliferação de microrganismos deteriorantes em carne picada armazenada, indicando que a bioconservação combinada pode ser uma ferramenta promissora na preservação de produtos à base de carne (Salehi *et al.*, 2018).

Guedes e Souza (2018) relataram que células bacterianas expostas ao óleo essencial de *M. piperita* em sucos de abacaxi e manga mostraram aumento na permeabilidade da membrana, despolarização e alterações na atividade da bomba de efluxo e atividade respiratória. Os danos fisiológicos foram mais significativos nas células expostas ao óleo essencial em sucos de abacaxi, devido ao seu pH mais ácido. Os resultados indicaram que o óleo essencial inativou as células de *L. monocytogenes* e *S. enteritidis* nos sucos por meio de um modo de ação *multi target*, rompendo membranas citoplasmáticas e aumentando a permeabilidade, além de inibir a bomba de efluxo e a atividade respiratória.

1.5 Vantagens e desvantagens do óleo essencial

Óleos essenciais são geralmente menos tóxicos e, portanto, teoricamente seriam alternativas ideais aos antibióticos convencionais. No entanto, para a maioria dos OEs, os valores de concentração inibitória mínima (CIM) são mais altos do que para antibióticos convencionais, exigindo maior resistência nas formulações de alimentos. Isso coloca desafios em termos de palatabilidade e custo. Há também desafios consideráveis em relação à padronização do produto, já que os óleos essenciais são substâncias complexas, e sua composição pode variar muito de acordo com vários fatores (Van *et al.*, 2022).

Adicionalmente, Asbahani *et al.*, (2015) demonstram a capacidade de sinergia dos óleos essenciais com antibióticos, oferecendo uma nova estratégia para combater a crescente ameaça da resistência antimicrobiana.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo apresentar uma revisão de trabalhos científicos publicados sobre o efeito da adição de óleo essencial de *M. piperita* L. contra *Salmonella* spp. e *L. monocytogenes*, sua constituição química bem como vantagens e desvantagens no seu uso.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão narrativa de literatura elaborada a partir de um levantamento bibliográfico, realizado no período de um ano, a partir de artigos científicos publicados nas bases de dados Scielo, Science Direct, Scopus e Google Acadêmico, no período de 2011 a 2024. Na busca considerou-se a combinação dos seguintes descritores: *M. piperita* essential oil, antibacterial activity *Salmonella* spp. *L. monocytogenes*, óleo essencial de hortelã-pimenta, atividade antibacteriana. Foram excluídos da seleção: teses e livros

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Eficácia contra patógenos alimentares

A função antimicrobiana, ação de inibir o crescimento ou eliminar microrganismos patogênicos para humanos, animais e plantas, de um óleo essencial está relacionada à sua composição química, grupos funcionais de componentes individuais, a sua proporção relativa no OE e possíveis interações sinérgicas entre eles (Asbahani *et al.*, 2015, Fazal *et al.*, 2023).

O efeito antimicrobiano dos extratos vegetais varia de uma planta para outra em diferentes regiões do mundo. Isto pode ser devido a vários

fatores, tais como: o efeito do clima, a composição do solo, o tipo de solvente utilizado no processo de extração e também o volume de inóculo utilizado e o meio de cultura ou o tipo de cepas dentro da mesma espécie de bactéria (Kozłowska *et al.*, 2015).

De acordo com Moreira *et al.*, (2005), a atividade antimicrobiana pode ser categorizada com base no diâmetro do halo de inibição: >20 mm (forte), 10-20 mm (moderada) e <10 mm (ausente). Esta atividade é influenciada pela presença de compostos bioativos e por sua capacidade de difusão no meio de cultura. Assim, compostos com maior coeficiente de difusão tendem a apresentar maiores halos de inibição (Evrendilek, 2015).

As Tabelas 1 e 2, mostram diferentes diâmetros de halos de inibição para *Salmonella* spp. e *L. monocytogenes* contra o óleo essencial de *M. piperita*. Os diâmetros dos halos para *Salmonella* spp. variaram de 7,0 mm a 30,12 mm, já para *L. monocytogenes* os valores foram de 9,0mm a 24,25mm, o que representa, na maioria dos trabalhos publicados para ambos os microrganismos, uma atividade microbiana de moderada a forte conforme relatado por Moreira *et al.*, (2005). Estes dados são corroborados por Nasab *et al.* (2016), os quais mencionam que a eficácia

antimicrobiana do óleo essencial de *Mentha* varia de moderado a

significativo conforme a composição do óleo.

Tabela 1 - Concentração Inibitória Mínima, Concentração Bactericida Mínima e halos inibição para *Salmonella* spp.

Microrganismos	Diâmetros Halos Inibição ^a (mm)	Concentração Inibitória Mínima (mg/mL)	Referências Bibliográficas
<i>S. typhimurium</i>	nd	0,0029	Asbahani <i>et al.</i> (2015).
<i>S. enterica</i>	14,00	nd	Silva <i>et al.</i> (2013).
<i>S. typhimurium</i>	11,33	> 10,00	Ozbucak <i>et al.</i> (2014).
<i>S. enteritidis</i>	8,20	nd	Evrendilek (2015).
<i>S. typhimurium</i>	8,80	nd	Evrendilek (2015).
<i>S. typhi</i>	6,60	1,25	Nasab <i>et al.</i> (2016).
<i>Salmonella</i> (10 ⁶ UFC/mL)	10,00	nd	Mhiri <i>et al.</i> (2018).
<i>S. enteritidis</i> PT4	nd	5,00	Carvalho <i>et al.</i> (2019).
<i>S. enteritidis</i> (8 cepas)	7,00	18,24	Ebani <i>et al.</i> (2019).
<i>S. enteritidis</i> (cepa 221)	8,00	9,12	Ebani <i>et al.</i> (2019).
<i>S. typhimurium</i> (cepas 251, 261)	8,00	9,12	Ebani <i>et al.</i> (2019)
<i>S. typhimurium</i> (cepa 176)	8,00	18,24	Ebani <i>et al.</i> (2019).
<i>S. typhimurium</i> (6 cepas)	7,00	18,24	Ebani <i>et al.</i> (2019).
<i>S. enteritidis</i>	30,12 ± 0,12	0,0015	Desam <i>et al.</i> (2019).
<i>S. typhimurium</i> PT4	nd	20,00	Melo <i>et al.</i> (2020).
<i>S. enterica</i>	nd	1,17-3,35 ^b	Vârban <i>et al.</i> (2022).
<i>S. typhimurium</i>	nd	62,50	Ashrafudoulla <i>et al.</i> (2023).
<i>S. abony</i>	nd	0,50	Denkova <i>et al.</i> (2023).

^a Teste difusão em disco

^b Foram testados 3 diferentes variedades de *M. piperita*

Tabela 2 - Concentração Inibitória Mínima, Concentração Bactericida Mínima e Halos inibição para *L. monocytogenes*

Diâmetros Halos Inibição ^a (mm)	Concentração Inibitória Mínima (mg/mL)	Referências Bibliográficas
nd	0,0057	Asbahani <i>et al.</i> , (2015).
12,00	nd	Silva <i>et al.</i> , (2013).
nd	0,0057	Asbahani <i>et al.</i> , (2015).
11,33	> 10,00	Ozbucak <i>et al.</i> , (2014).
9,00	0,625	Nasab <i>et al.</i> , (2016).
17,20 ± 0,04	1,00± 0,06	Desam <i>et al.</i> , (2019).
24,25 ± 1,71	0,00184	Guedes <i>et al.</i> , (2016).
nd	0,0625	Ashrafudoulla <i>et al.</i> , (2023).
nd	0,032	Iseppi <i>et al.</i> , (2023).

^a Teste difusão em disco

A ausência de um protocolo padrão para avaliar a atividade antimicrobiana de óleos essenciais limita significativamente a comparabilidade entre os estudos, já que os métodos de medição e o formato dos resultados diferem de um estudo para outro. Fatores como a variedade da planta, e método de extração influenciam diretamente nos resultados obtidos. Apesar dessas limitações, é possível identificar tendências e destacar os óleos essenciais com maior potencial antimicrobiano dentro de cada estudo (Asbahani *et al.*, 2015).

A apresentação do óleo essencial pode influenciar sua atividade antibacteriana. Silva *et al.* (2022), relataram que, embora algumas bactérias Gram-negativas não tenham

mostrado redução no crescimento quando expostas ao óleo por contato direto (como na difusão em ágar, CIM e CBM), elas demonstraram sensibilidade à fase de vapor. Essa diferença pode ser atribuída à maior acessibilidade dos monoterpenos, componentes predominantes do óleo, à membrana bacteriana na fase de vapor. A presença de monoterpenos tanto hidrofílicos quanto hidrofóbicos nessa fase potencializa a atividade antimicrobiana. Os mesmos autores observaram que a atividade contra *L. monocytogenes* foi particularmente sensível aos compostos voláteis presentes, eliminando 100% das bactérias na concentração de 0,59 mg/cm³ (Silva *et al.*, 2022).

A Concentração Inibitória Mínima (CIM) é definida como a menor

concentração do agente inibitório capaz de inibir um crescimento microbiano visível (Silva *et al.*, 2022). Afkar (2023), propôs uma classificação para a atividade antimicrobiana de óleos essenciais baseada na concentração inibitória mínima (CIM): excelente ($CIM < 0,05$ mg/mL), interessante ($0,05 < CIM < 0,25$ mg/mL), baixa ($0,25 < CIM < 0,5$ mg/mL) e fraca/ausente ($CIM > 0,5$ mg/mL).

Os valores de concentração inibitória mínima para *Salmonella* spp. e *L. monocytogenes* foram respectivamente de 0,0029 mg/mL a 62,5 mg/mL e 0,001 - >10 mg/mL, conforme mostram as Tabelas 1 e 2.

Variações nos valores de concentração inibitória mínima (CIM) entre os microrganismos analisados podem ser atribuídas a alterações nas estruturas da parede celular e da membrana, vias metabólicas e outras características intrínsecas. Estas variações podem impactar a capacidade do óleo essencial de *M. piperita* de entrar e romper as células bacterianas (Ashrafudoulla *et al.*, 2023).

Os resultados obtidos destacam a complexa composição química e eficácia antimicrobiana dos óleos essenciais isolados das diferentes variedades de menta aclimatada e cultivada, e sugere seu potencial uso na

indústria médica, cosmética e alimentícia (Vârban *et al.*, 2022).

Nasab *et al.* (2016), observaram maior eficácia do óleo essencial de *M. piperita* contra *Salmonella enteritidis* (Gram-negativa) quando comparado a *L. monocytogenes* (Gram-positiva). No entanto, outro estudo demonstrou que a suscetibilidade de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas a óleos essenciais pode variar de acordo com o tempo de exposição, com maior efeito inibitório sobre Gram-negativas após 48 horas.

Existem alguns fatores cruciais que afetam a atividade antimicrobiana, incluindo a composição do óleo essencial, a concentração de substâncias ativas e o tipo de microrganismos testados. Embora as diferentes variedades de hortelã das quais são obtidos extratos de plantas e óleos essenciais sejam caracterizadas por fortes atividades *in vitro* e multifacetadas contra bactérias, leveduras e mofo, deve-se enfatizar claramente que sua atividade biológica pode variar consideravelmente nas condições industriais para matrizes alimentares específicas (Salehi *et al.*, 2018). Conforme relatado por de Sousa Guedes *et al.* (2016) o óleo essencial de *M. piperita* incorporado diretamente aos sucos de caju, goiaba, manga e abacaxi

podem efetivamente atingir a redução necessária $\geq 5 \log$ de *E. coli*, *L. monocytogenes* e *Salmonella enteritidis* durante o armazenamento refrigerado. Em geral, o óleo essencial de *M. piperita* demonstrou efeito inibitório mais forte contra *E. coli* e *Salmonella enteritidis*, especificamente nos sucos de caju, goiaba e abacaxi, que apresentaram os menores valores de pH.

3.2 Constituição química de óleos essenciais

Os membros do gênero *Mentha* mostram uma grande variabilidade na composição química, seja intra/inter-espécie. Registros sobre a composição química de várias espécies de *Mentha* mostraram que muitos fatores interferem na composição do óleo essencial, entre eles ambientais (local de crescimento, características do solo, presença de umidade, temperatura, etc.), fenológicos (fase da coleta da planta), variações genéticas, parte da planta usada para extração de óleo

essencial (flores, caules, folhas, partes aéreas inteiras ou inflorescências), tipo de material (fresco ou seco), solvente utilizado para extração, método de extração, fase e tempo de colheita, método de secagem, variação sazonal, condições de armazenamento e até mesmo métodos usados para análise de óleo essencial (Fazal *et al.*, 2023; Salehi *et al.*, 2018)

Segundo Ashrafudoulla *et al.* (2023), a hortelã-pimenta, produz um óleo volátil que compreende predominantemente vários componentes chave, como mentol, mentona, mentofurano e acetato de mentila, com distribuição percentual variando entre 29% e 48%, 20% e 31%, 0% e 6,8% e 3% e 10%, respectivamente.

Conforme se observa na Tabela 3 os principais constituintes do óleo essencial de *M. piperita* foram mentol com valores de 12,80% a 59,73%, L-mentona/isomentona/mentona (12,55-29,90%) e carvona (16,33- 65,52%).

Tabela 3 - Principais constituintes do óleo essencial de *M. piperita*

Composto Químico (%)	Referência
Isomentona (19,78); Mentol (40,41)	Carvalho <i>et al.</i> (2019).
Mentofurano (12,50); L-Mentona (26,60) Mentol 32,4)	Ebani <i>et al.</i> (2019).
L-mentona (12,55); Carvona (16,33); D-Limoneno (18,43); Mentol (30,80)	Denkova <i>et al.</i> (2023).
D-limoneno (24,48); Carvona (63,02)	Rahchamani; Noori; Kouhsar, (2023).
Isomentona (18,45); Mentol (59,73)	Guedes <i>et al.</i> (2016).
p-mentano (25,46); Mentol (36,31)	Fazal <i>et al.</i> (2023).
l-mentona (21,90); Mentol (49,50)	Mironescu; Georgescu, (2021).
Isomentona (27,71); Mentol (43,75)	Melo <i>et al.</i> , (2020).
Carvacrol (13,56); Carvona (59,22)	Mhiri <i>et al.</i> (2018).
Mentofurano (11,60); L-mentona (17,40); Mentol (35,10)	Nasab <i>et al.</i> , (2016)
l-mentona (23,69); Mentol (33,19)	Bazargani; Rohloff, (2016).
Mentol (12,80); Pulegona (45,10)	Evrendilek, (2015)
L mentona (16,78); Mentol (48,14)	Štefanidesová <i>et al.</i> , (2019).
Acetato de metila (39,50); Linalol (41,40)	Asbahani <i>et al.</i> , (2015).
Mentona (19,80); Mentol (50,40)	Kovács <i>et al.</i> , (2019).
Mentona (21,64); Mentol (39,18)	Raeisi <i>et al.</i> , (2020)
Limoneno (10,55); Carvona (65,52)	Ozbucak <i>et al.</i> , (2014).
Mentona (24,56); Mentol (36,02)	Desam <i>et al.</i> , (2019)
Isomentona (29,90); Mentol (45,38)	Silva <i>et al.</i> , (2022).
Acetato de linalila (14,04); Linalol (58,23 ^a)	Vârban <i>et al.</i> , (2022)
α terpineol (10,10); acetato de linalila (10,75); Linalol (28,07 ^b)	Vârban <i>et al.</i> , (2022).
Isomentona (28,33 ^c); Levomentol (32,58)	Vârban <i>et al.</i> , (2022).

Obs: Foram considerados somente os valores maiores que 10% de cada constituinte

Obs 1. = *Mentha* variedade orange ^a; *Mentha* variedade Basil ^b; *Mentha* variedade Chocolate

Segundo Silva *et al.* (2022), o mentol é um álcool monoterpênico cíclico, sendo um dos constituintes mais abundantes nos óleos essenciais de *M. piperita* L. que juntamente com outros compostos como mentona e isomentona, confere sabor e aroma refrescantes.

Variações na quantidade de mentol podem ocorrer devido ao estresse ambiental que pode afetar negativamente a qualidade do óleo essencial de hortelã-pimenta.

Dependendo das condições edafoclimáticas, o conteúdo de fenólicos e terpenos pode ser diferente. Por exemplo, a concentração de mentol na hortelã-pimenta é maior no estágio de floração do que durante o período de brotamento (Salehi *et al.*, 2018).

3.3 DESAFIOS PARA APLICAÇÕES DE ÓLEOS ESSENCIAIS

Ainda há alguns desafios a serem superados antes que os óleos essenciais

sejam amplamente utilizados na indústria alimentícia.

Vários trabalhos sugerem que certos óleos essenciais podem causar danos celulares, incluindo lesões no DNA, fragmentação de proteínas e morte celular programada (apoptose). Ademais, esses óleos podem afetar as mitocôndrias e induzir reações tóxicas nas células (Silva *et al.*, 2022). Portanto, é fundamental investigar a toxicidade e a concentração máxima tolerável dos óleos essenciais nos alimentos em pesquisas futuras (Asbahani *et al.*, 2015).

A escassez e os custos das matérias-primas, as variações de quimiotipo, as eficiências inconsistentes, a baixa solubilidade em água, as interações adversas com ingredientes alimentares e a interferência nas propriedades sensoriais representam desafios significativos no uso de conservadores à base de óleos essenciais (Guo *et al.*, 2021).

O impacto negativo da aplicação de óleos essenciais em alimentos pode ser influenciado pela composição dos alimentos, pela qualidade da textura e pelas interações dos óleos com os componentes alimentares. Fatores complexos associados às matrizes alimentares, como proteínas, gorduras, carboidratos, atividade de água, enzimas, teor de sal e pH, juntamente com fatores extrínsecos, como temperatura, composição gasosa e tipos de microrganismos contaminantes, podem reduzir a eficácia antimicrobiana dos óleos essenciais. Em

algumas situações, a atividade dos óleos diminui significativamente após a adição a sistemas alimentares complexos (Guo *et al.*, 2021).

A interferência nas características organolépticas é um desafio importante, pois vários autores indicam que as quantidades de óleos essenciais necessárias para alcançar os efeitos antimicrobianos desejados em alimentos podem ultrapassar os limites aceitáveis de sabor e odor (Guo *et al.*, 2021). A eficácia dos óleos essenciais pode ser aprimorada através de técnicas como misturas desses óleos, nano encapsulação, e combinações com outras tecnologias de sanitização, como tratamentos térmicos e ultrassons. Além disso, o uso de técnicas complementares, como embalagem em atmosfera modificada e armazenamento refrigerado, pode ser benéfico. Curiosamente, a aplicação de óleos essenciais na fase de vapor pode aumentar sua eficácia, permitindo o uso de concentrações mais baixas e, assim, reduzir a rejeição do consumidor a amostras tratadas, que podem ter sabores indesejáveis associados a altas concentrações de óleos essenciais (Gómez *et al.*, 2019).

As plantas são mais eficazes quando utilizadas frescas, antes que seu conteúdo se degrade pela decomposição natural ou se perca por evaporação. No entanto, o processamento imediato das plantas coletadas nem sempre é viável, especialmente devido às restrições logísticas da exploração tradicional de recursos

naturais. Nesses casos, armazenar as folhas secas até o momento do uso tem sido uma solução comum para a aplicação medicinal ou como condimento. O processo de secagem proporciona um maior tempo para coletar, identificar e classificar as plantas antes da extração. Além disso, a moagem das folhas secas otimiza a quantidade de material vegetal tratada durante a extração e facilita a liberação de moléculas de óleos essenciais, permitindo que uma maior quantidade de material seja colocada no recipiente extrator, o que, por sua vez, melhora o rendimento da extração (Asbahani *et al.*, 2015).

4 CONCLUSÃO

O estudo confirma a eficácia do óleo essencial de *Mentha piperita* como um conservador natural contra *Salmonella* spp. e *L. monocytogenes*, atuando pela desestabilização da membrana celular. No entanto, sua aplicação industrial direta enfrenta desafios como alterações sensoriais indesejadas e dificuldade de padronização química. Para os próximos 15 anos, as tendências para viabilizar seu uso focam em três pilares tecnológicos: nanotecnologia/encapsulamento (para mascarar o sabor e controlar a liberação), embalagens ativas (ação superficial sem contato direto intenso) e tecnologia de barreiras (uso sinérgico com outros métodos de conservação). O sucesso futuro desse conservador natural depende dessas inovações para garantir a segurança

alimentar sem comprometer a qualidade do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFKAR, S. Assessment of chemical compositions and antibacterial activity of the essential oil of *Mentha piperita* in response to salicylic acid. **Natural Product Research**, [s. l.], p. 1–13, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2256020>. Acesso em: 19 jun. 2024.

ASBAHANI, A. E. *et al.* Chemical composition and antimicrobial activity of nine essential oils obtained by steam distillation of plants from the Souss-Massa Region (Morocco). **Journal of Essential Oil Research**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 34–44, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10412905.2014.964426>. Acesso em: 15 ago. 2024.

ASHRAFUDOULLA, M. *et al.* Antibiofilm mechanism of peppermint essential oil to avert biofilm developed by foodborne and food spoilage pathogens on food contact surfaces. **Journal of Food Science**, [s. l.], v. 88, n. 9, p. 3935–3955, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16712>. Acesso em: 20 abr. 2024.

BAZARGANI, M. M.; ROHLOFF, J. Antibiofilm activity of essential oils and plant extracts against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* biofilms. **Food Control**, [s. l.], v. 61, p. 156–164, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.09.036>. Acesso em: 08 jul. 2024.

CARVALHO, R. J. *et al.* Determination of sensory thresholds of *Mentha piperita* L. essential oil in selected tropical fruit juices and efficacy of sensory accepted concentrations combined with mild heat to inactivate foodborne pathogens. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 54, n. 6, p. 2309–2318, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14147>. Acesso em: 20 mar. 2024.

CORRÊA, A. N. R.; FERREIRA, C. D. Essential oil for the control of fungi, bacteria, yeasts and viruses in food: an overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 63, n. 27, p. 8960–8974, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2062588>. Acesso em: 20 abr. 2024.

COUNCIL OF EUROPE. European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare. **European pharmacopoeia**. 10th ed. Strasbourg: Council of Europe, 2019. v. 1. ISBN 978-92-871-8912-7.

CRISTE, A. *et al.* Research Concerning Antimicrobial Activities of Some Essential Oils Extracted from Plants. **Scientific Papers**: v.47, n. 2, p. 67–72, 2014.

DEBEER, J. *et al.* An Analysis of Food *aromáticoss* in the United States, 2002–2023. **Journal of Food Protection**, [s. l.], v. 87, n. 12, 100262, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0362028X24001625>. Acesso em: 20 abr. 2024.

DENKOVA, Z. *et al.* Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.), Peppermint (*Mentha piperita* L.), Raspberry Seed (*Rubus idaeus* L.), and Ylang-Ylang (*Cananga odorata* (Lam.) Essential Oils—Towards Hurdle Technologies in the Production of Probiotic Chocolate Mousse. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 13, n. 20, p. 1–20, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app132011281>. Acesso em: 20 mar. 2024.

DESAM, N. R. *et al.* Chemical constituents, in vitro antibacterial and antifungal activity of *Mentha × piperita* L. (peppermint) essential oils. **Journal of King Saud University - Science**, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 528–533, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2017.07.013>. Acesso em: 20 mar. 2024.

EBANI, V. V. *et al.* In vitro antimicrobial activity of essential oils against *Salmonella enterica*

serotypes Enteritidis and Typhimurium strains isolated from poultry. **Molecules**, [s. l.], v. 24, n. 5, p. 1–9, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules24050900>. Acesso em: 20 abr. 2024.

EHUWA, O.; JAISWAL, A. K.; JAISWAL, S. *Salmonella*, food safety and food handling practices. **Foods**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 1–16, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10050907>. Acesso em: 08 jul. 2024.

EVRENDILEK, G. A. Empirical prediction and validation of antibacterial inhibitory effects of various plant essential oils on common pathogenic bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 202, p. 35–41, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.02.030>. Acesso em: 08 jul. 2024.

FAZAL, H. *et al.* Nutritionally rich biochemical profile in essential oil of various *Mentha* species and their antimicrobial activities. **Protoplasma**, [s. l.], v. 260, n. 2, p. 557–570, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00709-022-01799-2>. Acesso em: 10 fev. 2024.

FIRENZUOLI, F. *et al.* Essential oils: New perspectives in human health and wellness. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, [s. l.], v. 2014, p. 1–2, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2014/467363>. Acesso em: 10 fev. 2024.

GÓMEZ, A. L. *et al.* Fresh culinary herbs decontamination with essential oil vapours applied under vacuum conditions. **Postharvest Biology and Technology**, [s. l.], v. 156, 110943, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110942>. Acesso em: 25 out.. 2024.

GONZÁLEZ, J. N. H. *et al.* Clove essential oil (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): Extraction, chemical composition, food applications, and essential bioactivity for human health. **Molecules**, [s. l.], v. 26, n. 21, 2021. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/molecules26216387>.
Acesso em: 29 jun. 2024.

GUEDES, J. P. S. *et al.* The efficacy of *Mentha arvensis* L. and *M. piperita* L. essential oils in reducing pathogenic bacteria and maintaining quality characteristics in cashew, guava, mango, and pineapple juices. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 238, p. 183–192, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.09.005>. Acesso em: 7 ago. 2024.

GUEDES, J. P. S.; SOUZA, E. L. Investigation of damage to *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* Enteritidis exposed to *Mentha arvensis* L. and *M. piperita* L. essential oils in pineapple and mango juice by flow cytometry. **Food Microbiology**, [s. l.], v. 76, p. 564–571, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.09.020>. Acesso em: 08 jul. 2024.

GUO, Q. *et al.* Essential oils encapsulated by biopolymers as antimicrobials in fruits and vegetables: A review. **Food Bioscience**, [s. l.], v. 44, 101367, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101367>. Acesso em: 10 fev. 2024.

HAMEDI, H.; ROHANI, S. M. R.; GANDOMI, H. Combination effect of essential oils of some herbs with monolaurin on growth and survival of *Listeria monocytogenes* in culture media and cheese. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 304–310, 2014.

ISEPPI, R. *et al.* Essential Oils and Bacteriocin-Based Active Edible Coating: An Innovative, Natural and Sustainable Approach for the Control of *Listeria monocytogenes* in Seafoods. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 1–12, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app13042562>. Acesso em: 20 maio 2024.

KAČÁNIOVÁ, M. *et al.* In vitro Antimicrobial and Antioxidant Activity of Two Selected Plants from Lamiaceae Species. **Scientific Papers: Animal Science and**

Biotechnologies, [s. l.], v. 49, n. 2, p. 52–57, 2016.

KOVÁCS, J. K. *et al.* Stress Response and Virulence Potential Modulating Effect of Peppermint Essential Oil in *Campylobacter jejuni*. **BioMed Research International**, [s. l.], v. 2019, p. 1–11, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2019/2971741>. Acesso em: 15 mar. 2024.

KOZŁOWSKA, M. *et al.* Chemical composition and antibacterial activity of some medicinal plants from Lamiaceae family. **Acta Poloniae Pharmaceutica - Drug Research**, [s. l.], v. 72, n. 4, p. 757–767, 2015.

MELO, A. N. *et al.* Successive exposure to *Mentha piperita* L. essential oil affects the culturability and induces membrane repair in a persister epidemic *Salmonella* Typhimurium PT4. **Microbial Pathogenesis**, [s. l.], v. 149, 104264, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104264>. Acesso em: 08 jul. 2024.

MHIRI, R. *et al.* Characterization of aromatic compounds and biological activities of essential oils from Tunisian aromatic plants. **Journal of Food Measurement and Characterization**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 839–847, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9698-8>. Acesso em: 08 jul. 2024.

MIRONESCU, M.; GEORGESCU, C. Comparative analysis and antimicrobial action of some essential oils from plants. **BIO Web of Conferences**, [s. l.], v. 30, 01011, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213001011>. Acesso em: 08 jul. 2024.

MOREIRA, M. R. *et al.* Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 38, n. 5, p. 565–570, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.07.012>. Acesso em: 08 nov. 2024.

NASAB, M. M. *et al.* Chemical compositions and antibacterial activities of five selected aromatic plants essential oils against food-borne pathogens and spoilage bacteria. **Journal of Essential Oil Research**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 241–251, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10412905.2015.1119762>. Acesso em: 08 nov. 2024.

OUATTARA, B. *et al.* Antibacterial activity of selected fatty acids and essentials oils against six meat spoilage organisms. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 37, n. 2-3, p. 155–162, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(97\)00070-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(97)00070-6). Acesso em: 08 nov. 2024

OZBUCAK, T. B. *et al.* The effect of different manures and synthetic fertilizer on biochemical and antimicrobial properties of *Mentha piperita* L. **Journal of Food Biochemistry**, [s. l.], v. 38, n. 4, p. 424–432, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfbc.12069>. Acesso em: 08 jul. 2024.

RAEISI, M. *et al.* An investigation of the effect of *Zataria multiflora* Boiss and *Mentha piperita* essential oils to improve the chemical stability of minced meat. **Veterinary World**, [s. l.], v. 11, n. 12, p. 1656–1662, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.1656-1662>. Acesso em: 08 nov. 2024.

RAEISI, M. *et al.* Effects of Sodium Alginate and Chitosan Coating Combined with Three Different Essential Oils on Microbial and Chemical Attributes of Rainbow Trout Fillets. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, [s. l.], v. 29, n. 3, p. 253–263, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10498850.2020.1722777>. Acesso em: 08 nov. 2024.

RAHCHAMANI, R.; NOORI, S.; KOUHSAR, J. B. The antimicrobial activity of peppermint (*Mentha piperita*) and pennyroyal (*Mentha pulegium*) essential oil on three mastitis-causing pathogens in milk. **Iranian Journal of Veterinary Science and Technology**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 29–36, 2023. Disponível em:

<https://doi.org/10.22067/ijvst.2023.80895.1227>. Acesso em: 25 out. 2024.

SALEHI, B. *et al.* Plants of genus *Mentha*: From farm to food factory. **Plants**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 70, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants7030070>. Acesso em: 08 nov. 2024.

SILVA, N. *et al.* Antimicrobial activity of essential oils from mediterranean aromatic plants against several foodborne and spoilage bacteria. **Food Science and Technology International**, [s. l.], v. 19, n. 6, p. 503–510, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1082013212442198>. Acesso em: 08 nov. 2024

SILVA, W. M. F. *et al.* Risk assessment of in vitro cytotoxicity, antioxidant and antimicrobial activities of *Mentha piperita* L. essential oil. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A**, [s. l.], v. 85, n. 6, p. 230–242, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15287394.2021.1999875>. Acesso em: 25 out. 2024.

ŠTEFANIDESOVÁ, K. *et al.* Evaluation of the possible use of genus *Mentha* derived essential oils in the prevention of SENLAT syndrome caused by *Rickettsia slovaca*. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 232, p. 55–61, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.12.005>. Acesso em: 20 mar. 2024.

TALEI, G. R. *et al.* Synergistic effect of *Carum copticum* and *Mentha piperita* essential oils with ciprofloxacin, vancomycin, and gentamicin on Gram-negative and Gram-positive bacteria. **International Journal of Pharmaceutical Investigation**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 82, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.4103/jphi.jphi_12_17. Acesso em: 20 mar. 2024.

VAN, N. T. B. *et al.* Minimum inhibitory concentrations of commercial essential oils against common chicken pathogenic bacteria and their relationship with antibiotic resistance. **Journal of Applied Microbiology**, [s. l.], v. 132, n. 2, p. 1025–

1035, 2022. Disponível em:
<https://doi.org/10.1111/jam.15302>. Acesso
em: 20 mar. 2024.

VÂRBAN, R. *et al.* The chemical composition and the antibacterial activity of essential oils obtained from three varieties of *Mentha x piperita* F. citrata. **Farmacia**, [s. l.], v. 70, n. 3, p. 440–446, 2022. Disponível em: https://farmaciajournal.com/wp-content/uploads/art-09-Varban_Benedec_Oniga_440-446.pdf. Acesso em: 20 mar. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Food safety**. Geneva: WHO, 2024. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>. Acesso em: 29 jul. 2025.