

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA (CCN)  
*CAMPUS LAGOA DO SINO*

LARISSA GABRIELLE NERI VALDIVINO

**APLICAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL NA PRESERVAÇÃO DE PRODUTOS  
CÁRNEOS**

BURI – SP

2025

LARISSA GABRIELLE NERI VALDIVINO

**APLICAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL NA PRESERVAÇÃO DE PRODUTOS  
CÁRNEOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao departamento Acadêmico da Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino, para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Alimentos.

**Orientadora:** Profa. Dra. Andreia Pereira Matos

BURI – SP

2025

LARISSA GABRIELLE NERI VALDIVINO

APLICAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL NA PRESERVAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de São Carlos.

Aprovado em: 30/01/2025.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Andreia Pereira Matos (Orientadora)  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

---

Prof. Dra. Maria Aliciane Fontenele Domingues  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

---

Profa. Dra. Miriam Mabel Selani  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por guiar meus passos e por todas as oportunidades que recebi ao longo desta jornada.

Agradeço à minha família, que sempre esteve ao meu lado, apoiando, incentivando e mostrando os caminhos necessários para que eu pudesse conquistar meus sonhos por meio dos estudos. Obrigada por estarem presentes nos momentos mais desafiadores, por acreditarem no meu potencial e por nunca permitirem que eu desistisse. Em especial, expresso minha gratidão à minha mãe, Elisângela, e ao meu pai, Rodrigo, por me ensinarem valores essenciais que carregarei por toda a vida.

Aos meus amigos, que fizeram parte da minha trajetória acadêmica e compartilharam momentos inesquecíveis comigo. Vocês se tornaram minha segunda família ao longo desse período. Em especial, agradeço à "Rep Delas", que foi meu refúgio e porto seguro durante essa etapa. Obrigada por estarem ao meu lado tanto nos momentos de alegria quanto nos de dificuldade. Com vocês, essa jornada se tornou mais leve e especial.

Também não poderia deixar de agradecer à Universidade Federal de São Carlos, que me proporcionou conhecimentos e experiências que levarei comigo para toda a vida. Em especial, sou grata à professora Andréia, que esteve presente desde o início da minha graduação e a quem tive o privilégio de ter como orientadora.

"Você não precisa ver a escada inteira, apenas dê o primeiro passo."

**Martin Luther King Jr.**

## RESUMO

Os óleos essenciais (OEs), extraídos de fontes vegetais como orégano, alecrim e tomilho, apresentam propriedades antimicrobianas e antioxidantes que os tornam alternativas promissoras na preservação de produtos cárneos. Este trabalho revisa a aplicação desses óleos na inibição de microrganismos patogênicos, como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. e *Escherichia coli*; no controle de microrganismos deteriorantes, e na redução da oxidação lipídica, com ênfase em sua integração em tecnologias emergentes, como filmes comestíveis e embalagens ativas. Além disso, abordou-se o impacto sensorial, nutricional e físico-químico do uso de OEs em carnes frescas e processadas. A revisão destaca benefícios como o aumento da vida útil e a substituição de conservantes sintéticos, alinhando-se às demandas por produtos mais naturais e sustentáveis. Contudo, desafios como a volatilidade dos compostos e possíveis alterações sensoriais são abordados, indicando a nanotecnologia e o encapsulamento como soluções potenciais. Conclui-se que os OEs, além de atenderem às demandas da indústria alimentícia, apresentam amplo potencial em sinergia com outras estratégias de conservação.

**Palavras-chave:** óleos essenciais, conservação de alimentos, produtos cárneos, propriedades antimicrobianas, oxidação lipídica, embalagens ativas.

## ABSTRACT

Essential oils (EOs), extracted from plant sources such as oregano, rosemary, and thyme, possess antimicrobial and antioxidant properties, making them promising alternatives for preserving meat products. This study reviews the application of these compounds in inhibiting pathogenic microorganisms, such as *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., and *Escherichia coli*; controlling spoilage microorganisms; and reducing lipid oxidation, with a focus on their integration into emerging technologies such as edible films and active packaging. Furthermore, it evaluates the sensory, nutritional, and physicochemical impacts of EO use in fresh and processed meats. The review highlights benefits such as extended shelf life and the substitution of synthetic preservatives, aligning with demands for more natural and sustainable products. However, challenges such as the volatility of these compounds and potential sensory alterations are discussed, with nanotechnology and encapsulation emerging as potential solutions. It concludes that EOs, in addition to meeting the needs of the food industry, hold significant potential when used in synergy with other preservation strategies.

**Keywords:** Essential Oils, food preservation, meat products, antimicrobial properties, lipid oxidation, active packaging.

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1: OEs NA PRESERVAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS.....</b>	<b>22</b>
<b>TABELA 2: OEs COMO ANTIOXIDANTES e CONSERVANTES.....</b>	<b>23</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1: MECANISMOS DE AÇÃO DOS OEs EM MICROORGANISMOS.....</b>	<b>20</b>
---	-----------

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**OE:** Óleo Essencial

**LPS:** Lipopolissacarídeo

**SOD:** Superóxido dismutase

**CAT:** Catalase

**GPx:** Glutathione Peroxidase

**NR:** Redução de nitrito

**AO:** Antioxidante

**AM:** Ação microbiana

**CIM:** Concentração Inibitória Mínima

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL</b>	<b>12</b>
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>12</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>13</b>
4.1 Produtos Cárneos	13
4.2 Microrganismos Patogênicos	13
4.3 Oxidação Lipídica	14
4.4 Óleos Essenciais	15
4.5 Mecanismo de Atividade Antimicrobiana de Óleos Essenciais	19
4.6 Aplicação de Óleos Essenciais em Produtos Cárneos	22
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>25</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>27</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A carne é um alimento essencial na dieta humana, fornecendo proteínas de alta qualidade, gorduras, vitaminas e minerais fundamentais para a saúde. Além de sua contribuição nutricional, carnes e produtos cárneos desempenham um papel na diversidade e palatabilidade das refeições, desde o consumo ancestral até sua evolução como um componente da dieta moderna (Aminzare et al., 2019). Estudos apontam que o consumo moderado de carne, especialmente carnes magras, em uma dieta equilibrada, pode trazer benefícios para a saúde, como o fortalecimento muscular e a prevenção de deficiências nutricionais (Harvard T.H. Chan School of Public Health, 2023). No entanto, devido à alta disponibilidade de água, proteínas e ácidos graxos, os produtos cárneos são altamente perecíveis, o que os torna suscetíveis à contaminação microbiana e à oxidação lipídica. Bactérias como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., e *Escherichia coli* são comuns em carnes mal armazenadas, representando riscos significativos à saúde pública. A oxidação lipídica, por sua vez, leva à formação de hidroperóxidos e compostos secundários que prejudicam a qualidade sensorial e nutricional dos produtos (Aminzare et al., 2019; Liu; Liu, 2020; Sampaio et al., 2012).

A fim de reduzir as perdas e prolongar a vida útil de produtos cárneos, a indústria alimentícia adota o uso de conservantes como nitratos e nitritos. Esses aditivos são reconhecidos por sua eficiência no controle de microrganismos, especialmente no combate aos esporos de *Clostridium botulinum*, uma bactéria anaeróbica altamente perigosa que pode causar intoxicações alimentares graves. Além de contribuir para a segurança microbiológica, esses conservantes são utilizados para melhorar aspectos sensoriais, como a coloração, o sabor e o aroma das carnes processadas (Sampaio et al., 2012; Shakil et al., 2022; Bhusal et al., 2021).

Apesar dos benefícios, o uso de conservantes artificiais, como os nitritos, têm levantado preocupações sobre potenciais impactos adversos à saúde. Estudos indicam que a ingestão elevada de nitritos pode favorecer a formação de nitrosaminas, compostos potencialmente cancerígenos que surgem a partir da interação entre nitritos e aminas secundárias, especialmente em condições de altas temperaturas ou pH ácido (Daguer, 2005; Honikel, 2008). Essa percepção tem fomentado a busca por alternativas naturais, consideradas mais seguras e atrativas aos consumidores preocupados com a saúde.

Os óleos essenciais (OEs) vem ganhando destaque ao se apresentarem como uma alternativa promissora para a redução ou substituição de conservantes sintéticos em alimentos. Sua aplicação representa uma estratégia natural e sustentável, alinhada às demandas crescentes dos consumidores por produtos mais saudáveis e com menor impacto ambiental. Além de oferecerem propriedades antioxidantes e antimicrobianas, os OEs são obtidos de fontes vegetais renováveis, o que reforça seu apelo como solução natural para a conservação de alimentos (Harvard T.H. Chan School of Public Health, 2023).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica acerca da aplicação de óleos essenciais em produtos cárneos, com foco na sua influência na conservação, especialmente pela redução de microrganismos patogênicos, e na avaliação da qualidade sensorial, nutricional e físico-química.

### **2.2 Objetivo Específico**

Realizar uma revisão bibliográfica buscando integrar as descobertas recentes da literatura científica com a prática industrial, evidenciando os benefícios e limitações dessa abordagem no setor alimentício, com foco em produtos cárneos.

## **3. METODOLOGIA**

Por se tratar de uma revisão de literatura, todo o desenvolvimento e execução deste trabalho foi baseado em periódicos consolidados, incluindo artigos científicos, livros, teses e dissertações. As fontes de pesquisa foram obtidas através de bases de dados confiáveis, como *Web of Science*, *SciELO* e *Scopus*, garantindo a relevância e qualidade dos estudos selecionados.

A busca bibliográfica foi direcionada a materiais que abordassem temas relacionados ao objetivo deste trabalho. Esta pesquisa foi realizada em português e inglês, abrangendo as seguintes palavras-chave em ambas as línguas: óleos essenciais (essential oil), conservantes naturais e sintéticos (natural and synthetic preservatives) e métodos de conservação de

produtos cárneos (preservation methods for meat products e effects of applying essential oils to meat products).

Sendo assim, as pesquisas para este trabalho foram realizadas durante os meses de outubro de 2024 a janeiro de 2025, com o objetivo de reunir dados que proporcionassem uma visão abrangente sobre esse tema. Esse período de estudo permitiu compreender o impacto dos óleos essenciais na conservação e na qualidade de produtos cárneos. A ideia central se baseou em destacar as vantagens e potenciais aplicações dos OEs na indústria alimentícia, evidenciando a eficácia desses compostos naturais como conservantes e sua contribuição para a segurança e qualidade dos alimentos.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Produtos Cárneos**

Os produtos cárneos são alimentos derivados de carnes de diferentes espécies, como bovinos, suínos, ovinos e aves, como salsichas, linguiças, hambúrgueres, embutidos e carnes curadas (Toldrá et al., 2012). Esses alimentos são amplamente consumidos mundialmente devido ao seu elevado teor proteico, sabor característico e versatilidade culinária. Contudo, a perecibilidade inerente aos produtos cárneos representa um desafio significativo para a indústria alimentícia, devido à alta suscetibilidade à contaminação microbiana e à oxidação lipídica (Jayasena; Jo, 2013).

Entre os exemplos mais comuns de produtos cárneos processados, destacam-se as linguiças e os salames, que podem passar por etapas de cura e fermentação para desenvolver sabores complexos e aumentar a vida útil. Outros produtos, como carnes frescas embaladas a vácuo ou em atmosferas modificadas, buscam retardar a deterioração por meio do controle do ambiente de armazenamento (Font-i-Furnols; Guerrero, 2014). Essas técnicas não apenas prolongam a vida útil do produto, mas também ajudam a manter suas características sensoriais e nutricionais. No entanto, mesmo com avanços nas técnicas de processamento e conservação, a indústria enfrenta desafios constantes relacionados à segurança alimentar e à qualidade sensorial dos produtos, especialmente devido à demanda crescente dos consumidores por alimentos minimamente processados e com menos aditivos sintéticos (Lorenzo et al., 2018).

## 4.2 Microrganismos Patogênicos

Um dos principais problemas enfrentados pelos produtos cárneos é a contaminação por microrganismos patogênicos, como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. e *Escherichia coli*, além de microrganismos deteriorantes, que reduzem a vida útil do produto e podem causar doenças de origem alimentar (Li et al., 2022). Esses patógenos podem ocasionar contaminação em diferentes etapas do processamento, como manipulação, embalagem e distribuição, sendo a contaminação cruzada um dos principais fatores de risco.

Neste contexto, *E. coli* é considerado um bacilo gram-negativo que está presente naturalmente no trato intestinal de humanos e animais. Em produtos cárneos, a contaminação pode ocorrer durante o abate, processamento ou manipulação inadequada, sendo amplamente associada a práticas deficientes de higiene ao longo da cadeia de produção. Determinadas cepas são perigosas, podendo causar surtos extremamente graves de doenças alimentares (Danilović et al., 2021; Silva et al., 2023).

De forma semelhante, *Salmonella enterica*, outro bacilo gram-negativo, é frequentemente detectado em carnes mal cozidas ou manipuladas sem os devidos cuidados sanitários. Sua alta prevalência em produtos de origem animal reflete os desafios na adoção de boas práticas durante o processamento e armazenamento, sendo um dos patógenos mais associados a surtos alimentares globais (Pereira et al., 2023).

Por outro lado, *Staphylococcus aureus*, um coco gram-positivo, representa um risco significativo em produtos cárneos processados, especialmente aqueles manipulados manualmente sem controle adequado de temperatura e higiene. Este microrganismo pode produzir enterotoxinas termoestáveis, que permanecem ativas mesmo após o aquecimento, causando intoxicações alimentares graves (Santos et al., 2024).

O *Bacillus cereus*, um bacilo gram-positivo, é menos comum em carnes, mas pode ser detectado em produtos cárneos mal conservados, particularmente quando armazenados em condições inadequadas de refrigeração. Este patógeno, devido à sua capacidade de formar esporos resistentes, pode sobreviver a tratamentos térmicos inadequados, aumentando os riscos de doenças relacionadas ao consumo de alimentos contaminados (Silva et al., 2023).

## 4.3 Oxidação Lipídica

Outro desafio significativo é a oxidação lipídica, um processo químico que ocorre em gorduras e óleos, levando à formação de compostos que comprometem o sabor, aroma e cor

dos alimentos, além de reduzirem o valor nutricional (Falowo et al., 2014). A oxidação dos lipídios também influencia a alteração da coloração das carnes, convertendo o pigmento oximioglobina, caracterizado por seu tom vermelho vivo, em metamioglobina, que apresenta uma tonalidade marrom-acinzentada. Essa mudança de aparência pode resultar na exclusão do produto por parte dos consumidores (Guidi, 2006). Esse fenômeno é particularmente preocupante em carnes frescas e produtos cárneos fatiados, que estão mais expostos à luz e ao oxigênio.

A oxidação lipídica ocorre em três etapas principais. A primeira delas é denominada iniciação, na qual os radicais livres são formados a partir de fatores como calor, enzimas, luz, ferro e/ou cobre. Em seguida, ocorre a propagação, onde os radicais livres interagem com o oxigênio, resultando na formação de hidroperóxidos (ROOH), compostos altamente reativos. Por fim, a última etapa é a terminação, onde os hidroperóxidos gerados na etapa anterior se decompõem, formando compostos secundários, como cetonas, aldeídos, álcoois e alcenos (Gava; Silva; Frias, 2008; Jorge, 2009)

Para mitigar esses desafios, a indústria tem explorado o uso de antioxidantes naturais, como óleos essenciais extraídos de ervas e especiarias, que possuem propriedades antimicrobianas e antioxidantes. Estudos recentes indicam que compostos bioativos presentes em óleos essenciais, como o timol, carvacrol e eugenol, podem ser eficazes na inibição de microrganismos e na redução da oxidação lipídica. No entanto, a concentração e o método de aplicação desses compostos devem ser cuidadosamente controlados para evitar alterações indesejáveis, como sabor, cor, aroma e textura do produto final. Além disso, a oxidação proteica em carnes também é uma preocupação, pois pode afetar a textura, a digestibilidade e as propriedades funcionais dos produtos cárneos (Santos et al., 2024).

Outra estratégia promissora é a utilização de embalagens ativas, que liberam ou absorvem substâncias para estender a vida útil dos produtos cárneos. Embalagens contendo antioxidantes naturais ou absorvedores de oxigênio, têm demonstrado ser eficazes na redução da oxidação lipídica e na manutenção da qualidade sensorial (Campolina et al., 2023a; Silva et al., 2024).

Outro aspecto relevante é o aumento da demanda por produtos cárneos funcionais, que além de oferecer proteínas de alta qualidade, são enriquecidos com ingredientes bioativos, como fibras, ácidos graxos ômega-3 e compostos antioxidantes naturais. Esses produtos atendem às expectativas dos consumidores que buscam alimentos mais saudáveis e sustentáveis (Estévez; Xiong, 2019). No entanto, a incorporação desses ingredientes

representa um desafio tecnológico, pois pode afetar a estabilidade e as características sensoriais dos produtos finais.

Portanto, o desenvolvimento de novos métodos de conservação, o aprimoramento das embalagens e a utilização de compostos bioativos são essenciais para enfrentar os desafios da indústria de produtos cárneos. Além disso, a colaboração entre pesquisadores, indústria e órgãos reguladores é fundamental para garantir que esses alimentos atendam às exigências de segurança, qualidade e sustentabilidade impostas pelo mercado global.

#### **4.4 Óleos Essenciais**

Os óleos essenciais (OEs) são compostos orgânicos voláteis derivados de plantas. Produzidos como metabólitos secundários em resposta a condições de estresse ou infecções, estes óleos estão presentes em diferentes partes das plantas, como folhas, cascas, raízes e sementes. Fontes comuns incluem cravo, orégano, tomilho, manjeriço, hortelã, canela e coentro. A utilização combinada de diferentes óleos essenciais pode criar um efeito sinérgico, amplificando sua ação antimicrobiana e antioxidante em comparação ao uso isolado de cada composto (Scapinello et al., 2024; Pombo et al., 2018).

Os óleos essenciais são caracterizados quimicamente por sua baixa solubilidade em água e por uma composição química complexa, formada por uma ampla variedade de moléculas de baixa massa molecular. Entre os principais componentes químicos, destacam-se monoterpenos, sesquiterpenos, álcoois, aldeídos, ésteres, éteres, cetonas, compostos fenólicos e fenilpropanóides, além de outros compostos orgânicos voláteis (Singh et al., 2020; Thormar, 2011). Essas substâncias não apenas conferem propriedades aromáticas aos óleos essenciais, mas também são responsáveis por suas atividades antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias e terapêuticas, que justificam suas aplicações nas indústrias de alimentos, cosméticos, farmacêuticos e agrícolas (Lis-Balchin, 2022; Costa et al., 2023a).

Para que sejam utilizados em diferentes aplicações, os óleos essenciais podem ser extraídos por diferentes métodos de destilação, incluindo hidrodestilação, destilação a vapor e destilação a seco, além de processos mecânicos, como a prensagem a frio (ISO, 2021). Quando aplicados a produtos cárneos, os óleos essenciais atuam como conservantes naturais, auxiliando na inibição do crescimento microbiano e na redução da oxidação lipídica, contribuindo para o aumento da vida útil dos alimentos (Costa et al., 2023b). Contudo, sua eficiência é potencializada quando combinados com outras estratégias de conservação, como

refrigeração, congelamento e o uso de embalagens inteligentes, garantindo a segurança alimentar e a qualidade sensorial dos produtos (Campolina et al., 2023a; Silva et al., 2024).

Os óleos essenciais possuem propriedades que os tornam aliados promissores na preservação de alimentos, especialmente em produtos cárneos, que apresentam alta perecibilidade devido ao elevado teor de umidade e nutrientes disponíveis para o crescimento microbiano (Pereira et al., 2023). Sua aplicação em produtos cárneos não apenas atende à demanda por conservantes naturais, mas também reduz a utilização de aditivos químicos - sintéticos, que têm gerado preocupações sobre os riscos do consumo excessivo a longo prazo. (Martins et al., 2024).

A utilização de óleos essenciais em produtos cárneos pode variar de acordo com o tipo de óleo essencial, concentração utilizada e método de incorporação. Estudos indicam que óleos ricos em compostos fenólicos, como o carvacrol e o timol, presentes no orégano e no tomilho, apresentam maior eficácia na inibição de patógenos como *Salmonella* spp. e *L.monocytogenes* (Silva et al., 2024). Além disso, o método de aplicação, como imersão, pulverização ou incorporação em filmes ativos, influencia diretamente a eficiência do conservante, permitindo ajustes conforme as necessidades do produto final (Costa et al., 2023a).

Por outro lado, o uso de óleos essenciais enfrenta desafios, como sua alta volatilidade e forte aroma, que podem alterar as características sensoriais dos alimentos (Rocha et al., 2024). Para mitigar esses impactos, tecnologias como nanoemulsões e encapsulamento são amplamente exploradas, garantindo a liberação controlada dos compostos ativos, preservando sua funcionalidade e minimizando alterações indesejadas no sabor e no aroma dos produtos cárneos (Campolina et al., 2023b). Essas soluções tecnológicas têm sido fundamentais para a aceitação dos consumidores e a expansão do mercado de produtos naturais.

Dentre alguns óleos que se destacam, temos o óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris*), pertencente à família Lamiaceae, com elevado potencial de aplicação na indústria de alimentos, farmacêutica e cosmética (Burt, 2004). Extraído principalmente por destilação a vapor das folhas e flores do tomilho, este óleo contém compostos bioativos como o timol e o carvacrol, que são responsáveis pelas suas propriedades biológicas (Soković et al., 2010). Estudos demonstram que sua ação antimicrobiana é eficaz contra uma ampla variedade de patógenos alimentares, como *E. coli* e *Salmonella* spp., aumentando a vida útil de produtos perecíveis, como carnes, laticínios, embutidos, entre outros (Hyldgaard et al., 2012). Além disso, o uso deste óleo em embalagens ativas tem sido explorado como uma solução inovadora na indústria de alimentos (Guimarães et al., 2019).

Especificamente na conservação de produtos cárneos, o óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris*) tem mostrado resultados promissores. Um estudo realizado por Solomakos e colaboradores (2008) demonstrou que a adição de óleo essencial de tomilho em carne moída reduziu significativamente a contaminação por *E. coli*, prolongando sua vida útil sob refrigeração. Da mesma forma, outra pesquisa mostrou que o uso de óleo de tomilho em concentrações entre 0,5% e 1% em embutidos contribuiu para a redução de *L.monocytogenes* e retardou a oxidação lipídica, mantendo a qualidade sensorial do produto (Mohamed et al., 2014). Além disso, a incorporação de óleo essencial de tomilho em filmes comestíveis é outra aplicação em destaque. Filmes contendo óleo essencial de tomilho foram usados para revestir carnes frescas e processadas, resultando em redução do crescimento microbiano e aumento da estabilidade oxidativa (Ojagh et al., 2010).

Na indústria farmacêutica, o óleo essencial de tomilho é reconhecido por suas propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes e anti fúngicas. Seu uso em formulações de medicamentos e produtos naturais têm mostrado resultados promissores no tratamento de infecções cutâneas e respiratórias (Oliveira et al., 2015). Além disso, sua capacidade antioxidante contribui para a prevenção de doenças crônicas relacionadas ao estresse oxidativo, como o câncer e doenças cardiovasculares (Viuda-Martos et al., 2010).

O óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*), também pertencente à família Lamiaceae, destaca-se por ser rico em compostos bioativos como carvacrol e timol. Este óleo apresenta propriedades antimicrobianas e antioxidantes potentes, sendo extraído principalmente por destilação a vapor das folhas e flores do orégano (Soković et al., 2010).

A aplicação do óleo essencial de orégano na conservação de alimentos tem sido amplamente explorada devido à sua eficácia contra microrganismos patogênicos e deteriorantes. Estudos indicam que sua utilização em carne moída reduz significativamente a contaminação por *E. coli* e *Salmonella* spp., prolongando a vida útil do produto (Solomakos et al., 2008). Em hambúrgueres de carne bovina, o óleo de orégano foi eficaz em inibir o crescimento de *L. monocytogenes*, com impacto positivo na extensão da vida útil do produto (Lorençon et al., 2017). Além disso, em concentrações entre 0,5% e 1%, o óleo demonstrou ser eficaz na redução de populações bacterianas sem comprometer as propriedades sensoriais do alimento (Mohamed et al., 2014).

No caso de produtos cárneos frescos, o uso de filmes comestíveis contendo óleo essencial de orégano tem se mostrado eficaz no controle de microrganismos e na manutenção da qualidade. Esses filmes atuam como barreiras físicas e químicas, retardando a deterioração e aumentando a estabilidade oxidativa (Ojagh et al., 2010). Estudos recentes mostram que a

combinação do óleo essencial com materiais biodegradáveis, como quitosana, potencializa sua ação antimicrobiana e antioxidante em embutidos cárneos (Ramos et al., 2020). Uma aplicação promissora inclui a incorporação de óleo de orégano em embalagens ativas, que liberam gradualmente compostos voláteis, criando uma atmosfera protetora ao redor do alimento (Gutiérrez et al., 2010).

Na indústria farmacêutica, o óleo essencial de orégano também é amplamente utilizado devido às suas propriedades anti-inflamatórias, antifúngicas e antioxidantes. Sua capacidade de inibir a formação de biofilmes bacterianos, especialmente de *S.aureus*, tem atraído atenção no desenvolvimento de medicamentos e produtos terapêuticos (Oliveira et al., 2015; Bassó et al., 2021).

Outro óleo essencial amplamente estudado é o óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis L*), pertencente à família Lamiaceae, devido à sua composição rica em compostos bioativos, como ácido carnósico, carnosol e rosmanol, conhecidos por sua elevada capacidade antioxidante. Além disso, apresenta atividade antimicrobiana contra uma ampla gama de microrganismos, incluindo *S. aureus*, *E. coli* e *L. monocytogenes* (Bozin et al., 2007). Estudos recentes indicam que a adição de óleo de alecrim em produtos cárneos, como hambúrgueres e salsichas, pode prolongar significativamente a vida útil ao reduzir a oxidação lipídica e melhorar a estabilidade microbiológica (Araujo et al., 2022; Calo et al., 2015).

A aplicação deste óleo essencial também tem mostrado potencial para melhorar a qualidade sensorial dos produtos, conferindo aromas naturais que complementam os sabores tradicionais da carne. Além disso, a combinação do óleo de alecrim com outras técnicas de conservação, como o uso de embalagens ativas ou atmosferas modificadas, tem se mostrado uma abordagem eficaz para maximizar seus benefícios (Otoni et al., 2017).

Recentemente, pesquisas têm explorado o potencial de fungos endofíticos isolados do alecrim, como o *Trichoderma harzianum*, que demonstraram atividade antimicrobiana significativa contra bactérias como *Pseudomonas aeruginosa* e *S. aureus*, sugerindo uma fonte adicional de compostos bioativos com aplicações na conservação de alimentos (Abdulhadi; Hasan; Gergees, 2023).

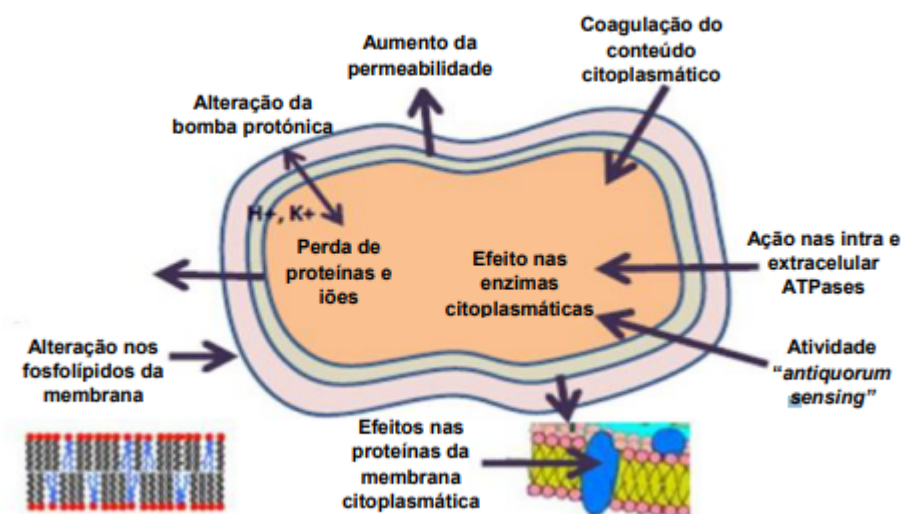
#### **4.5 Mecanismo de Atividade Antimicrobiana e Antioxidante de Óleos Essenciais**

O modo específico de ação dos OEs varia conforme sua composição e os grupos funcionais presentes em cada composto (Dagli et al., 2015). De forma geral, o principal mecanismo de ação dos OEs e dos extratos vegetais é a interação com a membrana celular

dos microrganismos. Essa interação resulta em dano à membrana celular, aumento da permeabilidade, alterações no metabolismo celular e perda de substâncias vitais dentro da célula, comprometendo a integridade e a função dos microrganismos (Burt, 2004; Nazzaro et al., 2013).

Os compostos lipofílicos dos OEs, como os monoterpenos e fenóis, interagem com a membrana lipídica das células microbianas, o que facilita a penetração desses compostos no conteúdo intracelular. Esse processo leva à permeabilização da membrana, permitindo a saída de íons, a redução do potencial de membrana, a perda de ATP e o colapso da bomba de prótons, resultando em disfunção celular. Em concentrações mais altas, os OEs podem causar a coagulação do citoplasma, danificando proteínas e lipídios essenciais, o que pode levar à lise celular, ou seja, à ruptura da membrana (Bakkali et al., 2008).

**Figura 1:** MECANISMOS DE AÇÃO DOS OEs EM MICROORGANISMOS



**Fonte:** GUERREIRO, 2018.

De acordo com estudos, as bactérias Gram-positivas apresentam maior sensibilidade aos constituintes dos óleos essenciais devido à sua parede celular espessa, composta principalmente por peptidoglicano. Essa estrutura torna as bactérias Gram-positivas mais vulneráveis à ação de compostos lipofílicos. Por outro lado, as bactérias Gram-negativas possuem uma membrana externa adicional composta por lipopolissacarídeos (LPS), que

funciona como uma barreira extra, conferindo maior resistência a esses compostos lipofílicos (Danilović et al., 2021).

Esses mecanismos também mostram relevância no contexto da aplicação dos alimentos, uma vez que os OEs têm sido amplamente estudados como agentes potenciais para controle da oxidação e de microrganismos deteriorantes. A deterioração dos alimentos pode ocorrer por diversos fatores, sendo a oxidação lipídica um dos principais responsáveis. Esse processo promove o desenvolvimento de sabores e odores indesejáveis, impactando as qualidades sensoriais e nutricionais dos alimentos. Além disso, a oxidação pode resultar na formação de substâncias químicas tóxicas, o que compromete a segurança do produto (Santos et al., 2024).

Em produtos cárneos, a oxidação dos lipídios leva à formação de hidroperóxidos, compostos primários instáveis que se decompõem, originando produtos secundários como aldeídos voláteis, cetonas, ácidos e álcoois (Osawa et al., 2005). Esses subprodutos estão diretamente associados a características indesejáveis nos alimentos, como alterações de aroma, sabor e qualidade geral. Por sua vez, a oxidação de proteínas provoca alterações estruturais e químicas das proteínas e aminoácidos, facilitando a digestibilidade, solubilidade e biodisponibilidade desses nutrientes. Esse processo também impacta as características da textura da carne, comprometendo sua qualidade funcional e nutricional. Além disso, a oxidação afeta a aparência do produto devido à manipulação do pigmento mioglobina, que, ao ser oxidado, forma compostos marrons, resultando em uma coloração indesejável que prejudica sua atratividade visual (Domínguez et al., 2018; Lorenzo et al., 2018).

Nesse contexto, os antioxidantes presentes nos OEs tornam-se uma estratégia eficaz para mitigar os efeitos prejudiciais da oxidação em produtos cárneos. Estes, são considerados compostos, que em baixas concentrações, são capazes de reduzir ou prevenir a oxidação de lipídios, proteínas e nucleotídeos interrompendo as reações em cadeia desse processo (Gupta; Sharma, 2006; Tachakittirungrod; Okonogi; Chowwanapoonpohn, 2007). Seu mecanismo de atuação é responsável por neutralizar os radicais livres que podem ser divididos em dois grupos principais: enzimáticos e não enzimáticos. Entre os antioxidantes enzimáticos, destacam-se a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase e glutathione peroxidase (GPx), que atuam em sinergia para proteger as células contra os danos oxidativos. Já os antioxidantes não enzimáticos incluem compostos como o ácido ascórbico (vitamina C),  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E), carotenoides, entre outros (Valko et al., 2007; Amorati et al., 2013).

Radicais livres são moléculas, átomos ou íons que possuem um ou mais elétrons desemparelhados em sua camada mais externa, o que lhes confere alta reatividade. Essa característica permite que interajam rapidamente com outras moléculas, desencadeando reações em cadeia que podem resultar em danos celulares, como degradação de lipídios, proteínas e DNA (Pereira; Cardoso, 2012; Vasconcelos et al., 2014). Compostos fenólicos são os principais grupos de antioxidantes presentes em extratos vegetais, destacando-se por sua capacidade de neutralizar radicais livres. A concentração e a variedade desses compostos podem variar conforme a fonte vegetal utilizada para a obtenção do extrato. Em sua maioria, os compostos fenólicos apresentam uma estrutura com um anel benzênico, que contém um ou mais grupos hidroxila (-OH). Essa estrutura facilita a doação de hidrogênios (ou elétrons) do grupo OH para neutralizar radicais livres, atuando como agentes redutores e inibidores da oxidação. Dessa forma, esses compostos desempenham um papel crucial na proteção das células contra danos oxidativos (Nikmaram et al., 2018; Ferreira et al., 2019; Papuc et al., 2017).

#### 4.6 Aplicação de Óleos Essenciais em Produtos Cárneos

Como já mencionado, a aplicação de óleos essenciais em produtos cárneos tem se destacado como uma alternativa promissora à substituição de aditivos sintéticos, respondendo à crescente demanda por alimentos mais naturais e seguros. Estudos recentes demonstram que óleos essenciais extraídos de plantas como tomilho, orégano e copaíba possuem propriedades antioxidantes e antimicrobianas eficazes na conservação de carnes. A tabela 1 apresenta os principais compostos majoritários presentes em cada um destes OEs.

**Tabela 1:** OEs NA PRESERVAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS

<b>Planta</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Compostos majoritários</b>	<b>Referência</b>	<b>Família</b>
Sálvia	<i>Salvia officinalis L.</i>	$\alpha$ -tujona, cariofileno, 1,8-cineol, $\alpha$ -humuleno e cânfora	Guillen et al., (1996)	Lamiaceae
Tomilho	<i>Thymus vulgaris</i>	timol, o-carvacrol e $\gamma$ -terpineno	Jakiemiu et al., (2010)	Lamiaceae
Orégano	<i>Origanum vulgare L.</i>	timol, carvacrol, p-cimeno, terpinoleno, terpineno e pineno	Gomes (2019)	Lamiaceae
Limão	<i>Citrus limon</i>	limoneno	Silva (2009)	Rutaceae

Cravo	<i>Eugenia caryophyllata</i> Thunb	eugenol, acetato de eugenol, β-cariofileno, ácido oleânico	Silvestri et al., (2010)	Myrtaceae
Canela	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	cinamaldeído, cadineno, copaeno, amorfeno, eugenol	Singh et al.,(2008); Lima et al., (2005)	Lauraceae
Manjeriço	<i>Ocimum basilicum</i> L.	linalol	Blank et al., (2007)	Lamiaceae
Pimenta	<i>Piper nigrum</i> L.	piperina	Pissinate (2006)	Solanaceae

**Fonte:** Autoria própria, 2025.

Pesquisadores do Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) desenvolveram um antioxidante natural composto por óleos essenciais de *Thymus vulgaris* (tomilho) e *Ocimum gratissimum* (Manjeriço), capaz de inibir a proliferação de bactérias do gênero *Salmonella* em almôndegas de carne de frango. Essa combinação mostrou atividade antioxidante significativa, sugerindo seu potencial como substituto de conservantes sintéticos como BHT e BHA (UNICAMP, 2018).

Além disso, estudos indicam que a incorporação de nanoemulsões de óleo essencial de orégano em patês de frango não altera as características físico-químicas do alimento, mantendo sua qualidade sensorial. Essas nanoemulsões apresentaram potencial antioxidante e antimicrobiano, sendo eficazes contra bactérias como *S. aureus* e *E.coli*, comuns em produtos cárneos (Moraes, 2017).

No contexto de produtos de pescado, a substituição de antioxidantes sintéticos por óleos essenciais também tem sido explorada. Em quibes de tambaqui, a adição de óleo essencial de orégano melhorou parâmetros de cor e aroma, além de reduzir a perda de peso por cocção, indicando sua eficácia na preservação da qualidade do produto (Lima et al., 2020).

Diversos autores conduziram estudos relevantes sobre a aplicação direta de óleos essenciais e extratos vegetais em carnes e produtos cárneos, os quais estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** OEs COMO ANTIOXIDANTES e CONSERVANTES

OEs	Produto	Aplicação	Efeito	Armazenamento (dias)	Temperatura (°C)	Ref
Sálvia	Carne suína	Direta	<i>E. coli</i> (AM)	14	4	Danilović et

Orégano	Fermentado cozido (carne de porco/bovina)	Direta combinado com 0,5 e 1% de pó de rabanete	NR	30 e 60	4 e 20	al., (2021) Ozaki et al., (2021)
Orégano	Hambúrguer de cordeiro	Direta	AO	120	-18	Fernandes et al., (2017)
Orégano, limão, canela, cardamomo e pimenta	Mortadela	Óleo essencial, emulsões e nanoemulsões	<i>C. sporogenes</i> (AM) NR AO	20	14	Pinelli et al., (2021)
Manjericão	Salsicha	Direta	<i>S. aureus</i> (AM)	14 e 28	-	Gaio et al., (2015)
Tomilho Espanhol	Presunto cozido	Incorporação em filmes comestíveis de quitosana	Bactérias mesófilas aeróbicas (AM)	-	-	Ruiz-Navajas (2015)
Tomilho e cravo	Carne picada	-	<i>Salmonella typhimurium</i> (AM) AO	-	4	Zengin & Baysal (2015)
Tomilho e bálamo	Peito de frango	-	<i>Salmonella sp e Escherichia coli</i> (AM) AO	-	4	Fратиanni et al., (2010)

**Fonte:** Autoria própria, 2025

AM = Antimicrobiano; NR = Redução de Nitrito; AO = Antioxidante

Danilović et al. (2021) avaliaram o uso de óleo essencial e extrato de sálvia no controle de *E. coli* em carne suína. Após 14 dias de armazenamento, foi observada uma inibição significativa do crescimento de *E. coli* nos tratamentos que utilizaram o óleo essencial, independentemente das concentrações testadas. Embora o extrato de sálvia tenha demonstrado menor eficácia, foi capaz de reduzir a proliferação da bactéria a uma concentração de 1,0 µL/g. Durante os primeiros oito dias de armazenamento, ambos os tratamentos impediram o aumento do número de *E. coli*, evidenciando a eficácia tanto do óleo essencial quanto de seu extrato na inibição dessa bactéria na carne de porco.

Com o objetivo de reduzir o uso de conservantes artificiais, foi testado o uso do óleo essencial de orégano (100 mg/kg) combinado com pó de rabanete, nas concentrações de 0,5% e 1%, em salaminho, um produto elaborado a partir de carne suína e bovina, fermentado durante o processamento. O processo de armazenagem foi realizado por períodos de 30 e 60 dias, em temperaturas de 4 °C e 20 °C. Como resultado, observou-se uma aceitação sensorial positiva por parte dos consumidores. No entanto, o óleo essencial de orégano não demonstrou eficácia na prevenção da oxidação lipídica, nem apresentou atividade antimicrobiana. Ozaki e colaboradores (2021) concluíram que esses resultados podem ser atribuídos à baixa concentração utilizada durante o experimento, além de uma possível redução na concentração dos compostos bioativos presentes na composição comercial do óleo. Este estudo destaca

alguns dos desafios encontrados na aplicação de óleos essenciais, apresentando o impasse entre a quantidade necessária para se obter efeitos eficazes de ação antimicrobiana e antioxidante e a aceitação sensorial dos consumidores, considerando que esses óleos possuem sabor e aroma intensos.

Nos estudos conduzidos por Fernandes et al. (2017), foi avaliado o uso do óleo essencial de orégano como substituto do eritorbato de sódio em hambúrgueres de cordeiro, com um período de armazenagem de 120 dias a -18°C. Os resultados mostraram que a aceitação sensorial do hambúrguer tratado com o óleo essencial de orégano foi semelhante à do hambúrguer conservado com o antioxidante sintético, indicando a viabilidade do óleo essencial como alternativa ao conservante convencional.

A combinação do uso de alguns óleos essenciais pode aumentar o efeito antimicrobiano no alimento, através do sinergismo entre os diferentes componentes desses óleos, quando os mesmos são misturados. Dessa forma, Pinelli et al. (2021) estudou a substituição parcial do nitrito por emulsões e nanoemulsões dos óleos essenciais de orégano, limão, canela (*Cinnamomum verum*) da família Lauraceae, cardamomo (*Elettaria cardamomum*) da família Zingiberaceae, e pimenta (*Capsicum*) da família Solanaceae em mortadela. Resultados demonstraram a aplicação de concentrações mais baixas nos produtos, uma vez que a atividade biológica de interesse aumenta devido ao sinergismo. No entanto, a interferência sensorial ainda foi negativa, sendo necessário avaliar melhor as quantidades utilizadas para minimizar esse impacto.

Gaio et al. (2015) observaram que o óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) contribuiu para a redução da contagem de *S. aureus* em 0,4 Log 10 UFC/g em salsichas tipo italiana até o 14º dia de armazenamento, durante um estudo com duração total de 28 dias. A Concentração Inibitória Mínima (CIM) do óleo essencial foi determinada como 0,75 mg/g.

Ruiz-Navajas (2015) avaliou o efeito antimicrobiano de OEs extraídos de diferentes espécies endêmicas de tomilho espanhol, como *Thymus piperella* e *Thymus moroderi*, da família Lamiaceae, contra bactérias de deterioração em presunto curado cozido. Os OEs foram incorporados em filmes comestíveis de quitosana nas concentrações de 1% e 2% (p/p). Os resultados indicaram que o OE de *T. piperella* foi mais eficaz na inibição de bactérias mesófilas aeróbicas, o que pode ser atribuído à maior concentração de carvacrol, responsável pelos efeitos antimicrobianos e antioxidantes.

Estudos realizados com carne picada armazenada a 4°C, utilizando óleos essenciais (OEs) de tomilho e cravo (*Myrtaceae*) da família Myrtaceae, demonstraram a restrição no crescimento de *Salmonella typhimurium* inoculada artificialmente, além de uma considerável

atividade antioxidante. Entre os OEs testados, o óleo de cravo mostrou-se mais eficiente na inibição do crescimento bacteriano (Zengin & Baysal, 2015)

O uso de OEs de tomilho e bálsamo (*Crassulaceae*), da família *Crassulaceae*, foram avaliados em estudos com carne de peito de frango armazenada a 4°C por três semanas. Fratianni et al. (2010) observaram que ambos os óleos apresentaram efeito antioxidante, contribuindo para a preservação da qualidade da carne mesmo após duas semanas de armazenamento. Além disso, os OEs reduziram pela metade o conteúdo microbiano total em comparação com as amostras controle, diminuindo a microflora natural presente na carne. O óleo de bálsamo restringiu o crescimento de *Salmonella sp.*, enquanto o óleo de tomilho inibiu *E. coli*, destacando a eficácia de ambos na conservação da carne.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os óleos essenciais têm se destacado como uma alternativa natural, eficiente e sustentável para a preservação de produtos cárneos, devido às suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes. Estudos recentes confirmam sua eficácia na inibição de microrganismos patogênicos, como *L. monocytogenes*, *Salmonella spp.* e *E. coli*, além de microrganismos deteriorantes, e na prevenção da oxidação lipídica, fatores cruciais para a qualidade e segurança alimentar. Essas características tornam os óleos essenciais uma solução promissora para aumentar a vida útil dos alimentos e reduzir a dependência de conservantes sintéticos, alinhando-se às exigências dos consumidores por produtos mais naturais e saudáveis.

As aplicações práticas incluem seu uso em embalagens ativas e revestimentos comestíveis, que não apenas aumentam a eficiência da conservação, mas também minimizam impactos nas características organolépticas dos produtos, como sabor, aroma e textura. A integração dos óleos essenciais com tecnologias emergentes, como nanoemulsões, encapsulamento e revestimentos biodegradáveis, permite a liberação controlada de compostos bioativos, ampliando sua eficácia antimicrobiana e antioxidante enquanto reduz possíveis alterações sensoriais indesejáveis. Estudos recentes também destacam o potencial sinérgico entre diferentes óleos essenciais e outros conservantes naturais, abrindo novas possibilidades para a preservação alimentar.

Apesar de sua eficácia, os OEs não são classificados como aditivos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), mas sim como aromatizantes, com a função de conferir ou intensificar o aroma e/ou sabor dos alimentos. Essa classificação pode restringir

seu uso como conservante na indústria alimentícia, apesar de suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes (Brasil, 2007).

A aplicação industrial dos óleos essenciais ainda enfrenta desafios, como a necessidade de controlar a volatilidade e a concentração dos compostos para garantir a eficácia sem comprometer a aceitação sensorial dos consumidores. O avanço de tecnologias como a nanotecnologia tem contribuído significativamente para superar essas limitações, proporcionando maior estabilidade, biodisponibilidade e versatilidade no uso desses compostos na indústria alimentícia.

As perspectivas futuras são promissoras e apontam para um aumento da adoção de óleos essenciais em sistemas integrados de conservação, especialmente aqueles alinhados com práticas sustentáveis e preocupações crescentes com a saúde pública. Essas soluções atendem às demandas por alimentos seguros, livres de aditivos químicos sintéticos e ambientalmente responsáveis, consolidando os óleos essenciais como uma ferramenta estratégica para o futuro da indústria de alimentos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULHADI, S. Y.; GERGEES, R. N.; HASAN, G. Q. Molecular Identification, Antioxidant Efficacy of Phenolic Compounds, and Antimicrobial Activity of Beta-Carotene Isolated from Fruiting Bodies of *Suillus* sp. **Karbala International Journal of Modern Science**, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.33640/2405-609X.1966>

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Resolução RDC nº 2, de 15 de janeiro de 2007*. Dispõe sobre as normas para a adoção de aditivos alimentares e ingredientes alimentícios. Brasília, 2007. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2007/rdc0002\\_15\\_01\\_2007.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2007/rdc0002_15_01_2007.html).

AMINZARE, M. et al. Application of Essential Oils in Meat Preservation. **Food Reviews International**, v. 35, n. 1, p. 1–20, 2019.

AMORATI, R.; F; M. C.; VALGIMIGLI, L. Antioxidant activity of essential oils: a critical review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 46, p. 10835-10847, 2013. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf403496k>. Acesso em: 19 set. 2024.

ARAÚJO, R. M. et al. Qualidade de hambúrguer misto com alecrim como substituto de antioxidante sintético: caracterização físico-química. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 9, pág. e27011931708-e27011931708, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31708>. Acesso em: 12 dez. 2024.

BAKKALI, F. et al. Efeitos biológicos de óleos essenciais—uma revisão. **Food and chemical toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.

BASSÓ, A. et al. Essential oils as natural antibiofilm agents. **Journal of Applied Microbiology**, v. 130, n. 1, p. 20-35, 2021.

BHUSAL, A. et al. Comparison of sodium nitrite and ‘natural’ nitrite on the inhibition of spore germination and outgrowth of *Clostridium sporogenes* in low-and high-fat frankfurters. **Applied Microbiology**, v. 1, n. 1, p. 9, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-8007/1/1/9>. Acesso em: 16 dez. 2024.

BLANK, A.F. et al. Novas Cultivares Maria Bonita: cultivar de manjeriço tipo linalol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.12, p.1811-3, 2007.

BOZIN, B. et al. Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., Lamiaceae) essential oils. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 55, n. 19, p. 7879-7885, 2007.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology**, 94(3), 223–253, 2004. Disponível

em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160504001680>. Acesso em: 15 out. 2024.

CALO, R. J. et al. Essential oils as antimicrobials in food systems – A review. **Food Control**, v. 54, p. 111-119, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.12.040>. Acesso em: 16 dez. 2024.

CAMPOLINA, G. A. et al. Uso de óleos essenciais em produtos alimentícios: aplicações e tendências tecnológicas. **Journal of Food Research**, v. 32, n. 4, p. 123-134, 2023a. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/5315>. Acesso em 21 out. 2024.

CAMPOLINA, R. C. et al. Óleos essenciais: avanços e aplicações no setor alimentício. **Food Chemistry**, v. 412, p. 135589, 2023b.

COSTA, P. R. et al. Conservantes naturais na indústria cárnea: uma abordagem sustentável. **Meat Science**, v. 195, p. 108976, 2023a.

COSTA, R. M. et al. Conservação natural de alimentos: avanços no uso de óleos essenciais. **Food Science and Technology**, v. 42, n. 5, p. 456-467, 2023b.

DAGLI, N., et al. . Essential oils, their therapeutic properties, and implication in dentistry: A review. **Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry**, 5(5), 335–340, 2015. Disponível em: [https://journals.lww.com/jpcd/fulltext/2015/05050/essential\\_oils\\_their\\_therapeutic\\_properties\\_and\\_implications.aspx](https://journals.lww.com/jpcd/fulltext/2015/05050/essential_oils_their_therapeutic_properties_and_implications.aspx). Acesso em: 18 nov. 2024.

DAGUER, H. A cura da carne e a formação de nitrosaminas. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.19, n.134, p.15-20, 2005. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-421538>. Acesso em: 18 nov. 2024.

DANILOVIĆ, B. et al. Application of sage herbal dust essential oils and supercritical fluid extract for the growth control of *Escherichia coli* in minced pork during storage. **Lwt– Food Science and Technology**, [S. l.], v. 141, p. 110935, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643821000888>. Acesso em: 05 dez. 2024

DOMÍNGUEZ, R. et al. Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. **Food research international**, v. 113, p. 93-101, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996918305283>. Acesso em: 08 dez. 2024

ESTÉVEZ, M; XIONG, Y. Ingestão de proteínas e aminoácidos oxidados e estresse oxidativo e doença causadores: evidências científicas e hipóteses recentes. **Journal of food science** , v. 84, n. 3, p. 387-396, 2019.

FALOWO, A. B.; MUKUMI, R. E.; MUKUMI, N. Enhancing the quality and safety of meat: Natural antioxidants as promising alternatives to synthetic chemicals. **Food Research International**, v. 64, p. 171-179, 2014. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3304367>. Acesso em: 15 dez. 2024

FERNANDES, R. P. P. et al. Evaluation of oxidative stability of lamb burger with *Origanum vulgare* extract. **Food Chemistry**, v. 233, p. 101–109, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814617306738>. Acesso em: 02 dez. 2024

FERREIRA, V. R. F. et al. Colorimetric, electroanalytical and theoretical evaluation of the antioxidant activity of *Syzygium aromaticum* L., *Origanum vulgare* L., *Mentha spicata* L. and *Eremanthus erythropappus* M. essential oils, and their major constituents. **New Journal of Chemistry**, v. 43, n. 20, p. 7653–7662, 2019. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2019/nj/c8nj05893h>. Acesso em: 16 nov. 2024.

FONT-I-FURNOLS, M.; GUERRERO, L. Consumer preference, behavior and perception of meat quality: An overview. **Meat Science**, v. 98, n. 3, p. 361-371, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174014001934>. Acesso em: 22 nov. 2024.

FRATIANNI, F. et al. Preservation of chicken breast meat treated with thyme and balm essential oils. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 8, p. 528-535, 2010. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1750-3841.2010.01791.x>. Acesso em: 29 nov. 2024.

GAIO, I. et al. Antibacterial activity of basil essential oil (*Ocimum basilicum* L.) in Italian-type sausage. **Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit**, v. 10, n. 4, p. 323-329, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00003-015-0936-x>. Acesso em: 05 dez. 2024.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B. da; FRIAS, J.R.G. **Tecnologia de Alimentos: Princípios de Aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

GOMES, Paulo Roberto Barros et al. Estudo da composição química e aplicação do óleo essencial *Origanum vulgare* L como agente antibacteriano em sururu (*Mytella charruana*) in natura. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 6, p. 1693-1711, 2019.

GUERREIRO, M. A. V. **Mecanismos de ação antimicrobiana de óleos essenciais de plantas condimentares da família Lamiaceae**. 2018. 127 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade de Évora, Évora, 2018. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/24763>. Acesso em: 14 dez. 2024.

GUIDI, A. et al. Biochemical survey on episodic localized darkening in turkey deboned thigh meat packaged in modified atmosphere. **Poultry science**, v. 85, n. 4, p. 787-793, 2006.

GUILLEN, M.D. et al. Characterization of the essential Oil of some cultivated aromatic plants of industrial interest. *J. Sci. Food Agric.*, Oxford, v. 70, p. 359-363, 1996.

GUIMARÃES, A. et al. Active edible films and coatings with essential oils: A review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 84, p. 70-82, 2019.

GUPTA, V. K.; SHARMA, S. K. Plant as natural antioxidants. *Natural Product Radiance*, v. 5, n. 4, p. 326-334, 2006. Disponível em: <https://nopr.nisepr.res.in/handle/123456789/7962>. Acesso em: 16 set. 2024.

GUTIÉRREZ, J. et al. Application of oregano essential oil as an antimicrobial and antioxidant agent in food preservation. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 44, n. 9, p. 1834-1845, 2010. Disponível em: <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2139>. Acesso em: 07 dez. 2024.

HARVARD T. H. CHAN SCHOOL OF PUBLIC HEALTH. *The Nutrition Source*. [S.l.]: 2023. Disponível em: <http://www.thenutritionsource.org>. Acesso em: 13 dez. 2024.

HONIKEL, K. O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, v. 78, n. 1, p. 68-76, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174007001994>. Acesso em: 11 dez. 2024.

HYLDGAARD, M.; MYGLENDALE, T.; MESSERSCHMIDT, J. Antimicrobial and preservative properties of phenolic compounds in food systems. *Food Chemistry*, v. 134, n. 3, p. 1181-1187, 2012.

ISO. Essential oils: general guidelines for extraction. *International Organization for Standardization*, 2021. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/12345.html>. Acesso em: 18 dez. 2024.

JAKIEMIU, Elizabete Aparecida Ruzza et al. Estudo da composição e do rendimento do óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris L.*). *Semina: Ciências Agrárias*, v. 31, n. 3, p. 683-688, 2010.

JAYASENA, D. D.; JO, C. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat preservation: A review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 34, n. 2, p. 96-108, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224413002033>. Acesso em: 15 dez. 2024.

JORGE, N. *Química e Tecnologia de Óleos Vegetais*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

LI, T.; DONG, Y.; ZHANG, J. Emerging preservation techniques in meat industry: Opportunities and challenges. *Journal of Food Safety*, v. 42, n. 1, p. 12999, 2022. Disponível em:

<https://api.taylorfrancis.com/content/books/mono/download?identifierName=doi&identifierValue=10.1201/9781003300595&type=googlepdf>. Acesso em: 27 dez. 2024.

LIMA, F. B. A. et al. Efeito dos óleos essenciais de copaíba e orégano na substituição de antioxidantes sintéticos em almôndegas de peixe Tambaqui. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 10, p. e7649109078-e7649109078, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/9078>. Acesso em: 26 dez. 2024.

LIMA, M. P. et al. Constituintes voláteis das folhas e dos galhos de *Cinnamomum zeylanicum* Blume (Lauraceae). **Acta Amazônica**, v. 35, n. 03, p. 363-366, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/zKdSFrDZH5mYtZ9gkSnnBSL/>. Acesso em: 26 nov. 2024.

LIS-BALCHIN, M. Essential oils and their applications. 2. ed. London: **Springer**, 2022.

LIU, X.; LIU, R. Oxidation and preservation mechanisms in meat. **Meat Science**, v. 50, n. 2, p. 10–20, 2020.

LORENÇON, L. F. et al. Antimicrobial efficacy of oregano essential oil in beef burgers. **Meat Science**, v. 132, p. 85-91, 2017.

LORENZO, J. M. et al. Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. **Food Research International**, v. 106, p. 1095-1104, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996917308591>. Acesso em: 18 dez. 2024.

MARTINS, L. G. et al. Perspectivas para substituição de aditivos sintéticos em alimentos por compostos naturais. Trends in **Food Science & Technology**, v. 145, p. 210-223, 2024.

MOHAMED, H. M.; EL-FEKY, A. M.; AHMED, K. M. Role of essential oils in quality and safety of meat products. **Journal of Food Safety**, v. 34, n. 2, p. 85-102, 2014.

MORAES, L. M. **Óleo essencial de orégano nanoemulsionado: produção, caracterização físico-química, atividade antimicrobiana e antioxidante in vitro e aplicação em patê de frango**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/dissertacoes-teses/211299/oleo-essencial-de-oregano-nanoemulsionado-producao-caracte>. Acesso em: 14 dez. 2024

NAZZARO, F. et al. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. **Pharmaceuticals**, 6(12), 1451–1474, 2013. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8247/6/12/1451Nov>. Acesso em: 07 dez. 2024.

NIKMARAM, N. et al. Application of plant extracts to improve the shelf-life, nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. **Meat Science**, v. 145, p. 245–255, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030917401830336X>. Acesso em: 19 dez. 2024.

OJAGH, S. M. et al. Use of natural extracts in meat preservation: A review. **Meat Science**, v. 86, n. 2, p. 314-326, 2010.

OLIVEIRA, T. L. C. et al. Antimicrobial activity of essential oils against *Staphylococcus aureus* in pasteurized milk and their interaction with heating temperature. **Journal of Dairy Research**, v. 82, n. 2, p. 223-227, 2015.

OSAWA, C. C. et al. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/9LXQknL4BPYjH65QHNpHfPf/>. Acesso em: 10 dez. 2024.

OTONI, C. G. et al. Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables—A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 5, p. 1151-1169, 2017.

OZAKI, M. M.; et al. Radish powder and oregano essential oil as nitrite substitutes in fermented cooked sausages. **Food Research International**. 2021;140:109855. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996920308802>. Acesso em: 15 dez. 2024.

PAPUC, C. et al. Plant polyphenols as antioxidant and antibacterial agents for shelf-life extension of meat and meat products: Classification, structures, sources, and action mechanisms. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 6, p. 1243-1268, 2017. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1541-4337.12298>. Acesso em: 15 dez. 2024.

PEREIRA, M. V. et al. Impacto dos óleos essenciais na preservação de produtos cárneos: desafios e oportunidades. **International Journal of Food Microbiology**, v. 385, p. 110012, 2023.

PEREIRA, M. V. et al. Impacto dos óleos essenciais na preservação de produtos cárneos: desafios e oportunidades. **International Journal of Food Microbiology**, v. 385, p. 110012, 2023.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, 2012. Disponível em: <https://www.todafruta.com.br/wp-content/uploads/2016/09/Metab%C3%B3litos-secund%C3%A1rios-ARTIGO.pdf>. Acesso em: 16 set. 2024.

PINELLI, J. J. et al. Essential oil nanoemulsions for the control of *Clostridium sporogenes* in cooked meat product: An alternative?. **Lwt— Food Science and Technology**, [S. l.], v. 143, p. 111123, 2021. Disponível em: <https://sci-hub.se/downloads/2021-05-30/78/pinelli2021.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2024.

PISSINATE, K. **Atividade citotóxica de *Piper nigrum* e *Struthanthus marginatus*: estudo preliminar da correlação entre a citotoxicidade e hidrofobicidade da piperina e derivados sintéticos.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/14707>. Acesso em: 14 dez. 2024.

POMBO, J. C. P. et al. Efeito antimicrobiano e sinérgico de óleos essenciais sobre bactérias contaminantes de alimentos. **Segurança Alimentar e Nutricional**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 108-117, 2 ago. 2018. Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8651785>. Acesso em: 19 set. 2024.

RAMOS, F. V. et al. Biodegradable films enriched with essential oils for meat preservation. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 26, p. 100573, 2020.

ROCHA, J. A. et al. Encapsulamento de compostos bioativos: avanços em aplicações alimentícias. **Food Engineering Reviews**, v. 16, p. 1-15, 2024.

ROCHA, J. A. et al. Encapsulamento de compostos bioativos: avanços em aplicações alimentícias. **Food Engineering Reviews**, v. 16, p. 1-15, 2024.

RUIZ-NAVAJAS, Y. et al. Effect of chitosan edible films added with *Thymus moroderi* and *Thymus piperella* essential oil on shelf-life of cooked cured ham. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 6493-6501, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-015-1733-3>. Acesso em: 23 dez. 2024.

SAMPAIO, G. R. et al. Lipid oxidation in meat and meat products. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 36, n. 2, p. 212–219, 2012.

SANTOS, R. et al. Advances in nanotechnology for essential oil applications in meat preservation. **Food Engineering Reviews**, v. 16, p. 1-15, 2024.

SCAPINELLO, J. et al. Aplicação de óleos essenciais em alimentos: uma revisão sobre desafios e perspectivas. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 21, n. 1, p. 01-20, 2024. Disponível em: <https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/acta/article/view/7740>. Acesso em: 16 dez. 2024.

SHAKIL, M. H. et al. Impact of essential oils on the quality and shelf life of meat and meat products: A comprehensive review. **Food Research International**, v. 11, n. 21, p. 3355, 2022.

SILVA, F. L. et al. Óleos essenciais na conservação de alimentos: inovação e sustentabilidade. **Journal of Essential Oil Research**, v. 36, p. 245-259, 2023.

SILVA, L. A. et al. Tecnologias emergentes na extração de óleos essenciais. **Industrial Crops and Products**, v. 65, p. 78-85, 2024.

SILVA, R. S. et al. Óleo essencial de limão no ensino da cromatografia em camada delgada. **Química Nova**, v. 32, p. 2234-2237, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/RNsPktHjJJPxOdJvkM6x3jS/?lang=pt>. Acesso em: 21 out. 2024.

SILVESTRI, Jandimara Doninelli Fior et al. Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). **Revista Ceres**, v. 57, p. 589-594, 2010.

SINGH, B.; SHARMA, R.A. **Secondary metabolites of medicinal plants, 4 Volume set: ethnopharmacological properties, biological activity and production strategies**. John Wiley & Sons, 2020. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=U9bQDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=SINGH,+P.+et+al.+Essential+oils:+chemistry+and+biological+activity.+Phytochemistry+Reviews,+v.+19,+n.+3,+p.+627-639,+2020.+&ots=zzV6pTQGwD&sig=IrCWieGtM7TODBOIy2Y-BlfBbqE&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=U9bQDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=SINGH,+P.+et+al.+Essential+oils:+chemistry+and+biological+activity.+Phytochemistry+Reviews,+v.+19,+n.+3,+p.+627-639,+2020.+&ots=zzV6pTQGwD&sig=IrCWieGtM7TODBOIy2Y-BlfBbqE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 01 nov. 2024.

SINGH, G. et al. Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of Zingiber officinale. **Food and Chemical Toxicology**. v. 46, n. 10, p. 3295-3302, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691508004110>. Acesso em: 17 set. 2024.

SOKOVIĆ, M. et al. Antimicrobial effects of spices and herbs essential oils. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 34, n. 6, p. 123-128, 2010.

SOLOMAKOS, N. et al. Effect of essential oil of oregano on microbial growth and lipid oxidation in meat and meat products. **Food Research International**, v. 41, n. 5, p. 591-598, 2008.

TACHAKITTIRUNGROD, S.; OKONOGLI, S.; CHOWWANAPHOONPOHN, S. Study on antioxidant activity of certain plants in Thailand: Mechanism of antioxidant action of guava leaf extract. **Food Chemistry**, v. 103, n. 2, p. 381-388, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814606006613>. Acesso em: 06 dez. 2024.

THORMAR, H. (Ed.). **Lipids and essential oils as antimicrobial agents**. New Jersey: Wiley, 2011.

TOLDRÁ, F. et al. Innovations in meat processing: Natural additives and bioactive compounds. **Meat Science**, v. 92, n. 3, p. 207-215, 2012.

UNICAMP. Mistura de óleos essenciais revela ação anti-Salmonella e antioxidante. **Jornal da Unicamp**, 18 abr. 2018. Disponível em: <https://unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2018/04/18/mistura-de-oleos-essenciais-revela-acao-anti-salmonella-e-antioxidante>. Acesso em: 13 jan. 2025.

VALKO, M. et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **The international journal of biochemistry & cell biology**, v. 39, n. 1, p. 44-84, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1357272506002196>. Acesso em: 28 nov. 2024.

VASCONCELOS, T. B. et al. Radicais livres e antioxidantes: proteção ou perigo? **Journal of Health Sciences**, v. 16, n. 3, 2014. Disponível em: <https://journalhealthscience.pgskroton.com.br/article/view/449>. Acesso em: 10 dez. 2024.

VIUDA-MARTOS, M. et al. Biological properties of essential oils: an update. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 3, p. 133-144, 2010.

ZAPATERO, J. Evolução histórica do consumo de carne na Espanha. **Revista de História Alimentar**, v. 5, p. 123–130, 1997.

ZENGIN, H.; BAYSAL, A. H. Antioxidant and antimicrobial activities of thyme and clove essential oils and application in minced beef. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 6, p. 1261-1271, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpp.12344>. Acesso em: 19 out. 2024.