

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**VANESSA MOURA BATISTA VIEIRA**

**ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE ÓLEOS ESSENCIAIS FRENTE A BACTÉRIAS  
PATOGÊNICAS**

**MEDIANEIRA**

**2024**

**VANESSA MOURA BATISTA VIEIRA**

**ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE ÓLEOS ESSENCIAIS FRENTE A BACTÉRIAS  
PATOGENICAS**

**Antibacterial activity of essential oils against pathogenic bacteria**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Flavio Dias Ferreira.

**MEDIANEIRA**

**2024**



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**VANESSA MOURA BATISTA VIEIRA**

**ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE ÓLEOS ESSENCIAIS FRENTE A BACTÉRIAS  
PATOGENICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Alimentos da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 12/Junho/2024

---

Flavio Dias Ferreira  
Doutorado em Ciência de Alimentos  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira

---

William Arthur Philip L Naidoo Terroso de Mendonça Brandão  
Doutorado em Sistemas Biológicos e Agroindustriais  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira

---

Bianca Peron Schlosser  
Doutorado em Engenharia de Alimentos  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira

**MEDIANEIRA**

**2024**

Dedico este trabalho à minha família e amigos, por estarem comigo desde o início.

## AGRADECIMENTOS

Palavras não são o suficiente para demonstrar a minha gratidão a Deus, pois até aqui Ele me sustentou. Como sou grata a minha família, principalmente pela vida da minha mãe, Raimunda Moura, que nunca mediu esforços para me manter em um estado tão longe, e aos meus irmãos Rodrigo e Fernanda que sempre me incentivaram a continuar, mesmo quando estava difícil. Agradeço ao meu pai, Bento Batista, que sempre demonstrou o orgulho que ele sentia de nós. Obrigada família, pois sem Deus e sem vocês, nada disso seria possível.

Não teria a possibilidade de mencionar todos aqueles que fizeram parte da minha vida acadêmica, mas gostaria que soubessem que sem vocês a minha trajetória teria sido bem mais difícil. Obrigada aos meus amigos Alexandre, Fabiana e Paulo que sempre estiveram comigo, me ajudando e auxiliando sempre que precisava, vocês fizeram toda a diferença nesse tempo que passei em Medianeira.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Flávio Dias Ferreira pela paciência e por todo auxílio prestado durante o período do TCC, e a Rafaela Binhara que não mediu esforços para me ajudar no início das análises e com outras atividades. Obrigada também a todos os professores que compartilharam o seu conhecimento comigo, me corrigiram e me auxiliaram quando era necessário, vocês são responsáveis por parte do conhecimento que tenho hoje.

Por fim, e não menos importante, gostaria de agradecer ao meu noivo, Vinícius Passolongo, que tanto tem me ajudado nessa reta final. Obrigada por sempre estar disposto a me escutar nos dias difíceis, pelo seu companheirismo, apoio e por sempre me lembrar que vou conseguir e que tudo vai dar certo.

“Que darei eu ao Senhor, por todos os benefícios que me tem feito?” (Sl 116:12).

## RESUMO

A contaminação de alimentos com microrganismos patogênicos é uma das principais causas de Doenças Transmitidas por Alimentos (DAPP), causando grande impacto na saúde pública e na economia mundial. A indústria alimentícia, na tentativa de combater esses microrganismos e garantir a segurança microbiológica de seus produtos, utiliza produtos sintéticos não naturais em pequenas concentrações, porém, esses produtos podem causar danos ao ser humano. Os óleos essenciais têm sido recomendados como alternativas e podem ser utilizados como substitutos de aditivos alimentares não naturais, pois não causam danos à saúde do consumidor. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito antibacteriano dos óleos essenciais de *Cinnamomum cassia* (canela), *Eugenia caryophyllus* (cravo) e *Cymbopogon flexuosus* (capim-limão) in vitro contra *Salmonella*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. A composição dos óleos essenciais foi determinada por cromatografia gasosa e a atividade antibacteriana foi avaliada através da concentração inibitória mínima (CIM) e concentração bactericida mínima (CBM) pela técnica de microdiluição em caldo. O óleo essencial *Eugenia caryophyllus* apresentou CIM entre 1000 - 2000 µg/mL para as três bactérias e eugenol como composto majoritário, *Cinnamomum cassia* apresentou CIM entre 250 - 1000 µg/mL para as três bactérias e cinamaldeído como composto majoritário, enquanto o *Cymbopogon flexuosus* apresentou CIM de 1000 e 2000 µg/mL para *E. coli* e *S. aureus*, não apresentando inibição em nenhuma das concentrações testadas para *Salmonella*, sendo geraniol e neral o composto majoritário. Portanto, os óleos *Cinnamomum cassia* e *Eugenia caryophyllus* demonstraram eficiência média a alta contra as três bactérias estudadas, enquanto *Cymbopogon flexuosus* apresentou eficiência média contra *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*.

**Palavras-chave:** Óleos essenciais; agentes antimicrobianos; bactérias patogênicas; atividade antibacteriana.

## ABSTRACT

Contamination of food with pathogenic microorganisms is one of the main causes of Foodborne Diseases (FADs), causing a major impact on public health and the world economy. The food industry, in an attempt to combat these microorganisms and guarantee the microbiological safety of its products, uses non-natural synthetic products in small concentrations, however, these products can cause harm to humans. Essential oils have been recommended as alternatives and can be used as substitutes for non-natural food additives, as they do not cause harm to the consumer's health. Therefore, this work aimed to evaluate the antibacterial effect of the essential oils of *Cinnamomum cassia* (cinnamon), *Eugenia Caryophyllus* (clove) and *Cymbopogon flexuosus* (lemon grass) in vitro against *Salmonella*, *Escherichia Coli* and *Staphylococcus aureus*. The composition of the essential oils was determined by gas chromatography and the antibacterial activity was evaluated through the minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (CBM) using the broth microdilution technique. The essential oil *Eugenia caryophyllus* presented an MIC between 1000 - 2000  $\mu$ L and eugenol as the major compound, *Cinnamomum cassia* presented an MIC between 250 - 1000  $\mu$ L and cinnamaldehyde as the major compound, while *Cymbopogon flexuosus* presented an MIC of 1000 - 2000  $\mu$ L and geranial and neral as the majority compound, except for *Salmonella*, as it did not show inhibition at any of the concentrations tested. Therefore, the oils demonstrated medium to high efficiency against the three bacteria studied.

**Keywords:** Essencial oils; antimicrobial agents; pathogenic bacteria; antibacterial activity.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química (%) dos compostos identificados nos óleos por CG/EM.....	22
Tabela 2 - Valores de CIM e CBM dos OE's frente as bactérias patogênicas avaliadas.....	23

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Bactérias patogênicas</b> .....	<b>14</b>
3.1.1	<i>Salmonella</i> .....	14
3.1.2	<i>Escherichia coli</i> .....	15
3.1.3	<i>Staphylococcus aureus</i> .....	16
<b>3.2</b>	<b>Antimicrobianos</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Óleo essencial</b> .....	<b>17</b>
3.3.1	Canela ( <i>Cinnamomum cassia</i> ) .....	18
3.3.2	Cravo-da-índia ( <i>Eugenia caryophyllus</i> ) .....	18
3.3.3	Capim limão ( <i>Cymbopogon flexuosus</i> ).....	18
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Óleo essencial</b> .....	<b>20</b>
4.1.1	Obtenção dos óleos essenciais .....	20
4.1.2	Análise dos óleos essenciais e identificação química .....	20
4.1.3	Preparação das amostras .....	20
<b>4.2</b>	<b>Microorganismos</b> .....	<b>20</b>
<b>4.3</b>	<b>Determinação da atividade antibacteriana dos óleos essenciais</b> ....	<b>21</b>
4.3.1	Concentração inibitória mínima (CIM) e Concentração bactericida mínima (CBM) .....	21
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>5.1</b>	<b>Composição química dos Óleos Essenciais</b> .....	<b>22</b>
<b>5.2</b>	<b>Determinação da atividade antibacteriana dos óleos essenciais</b> ....	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>25</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>26</b>

---

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das prioridades da indústria de alimentos é proteger os produtos alimentícios contra contaminações e deterioração durante a produção, armazenamento e distribuição. A contaminação de alimentos por microrganismos patogênicos é uma das principais preocupações globais em saúde pública. Esses patógenos, como a *Salmonella*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, são responsáveis pela mortalidade e morbidade na vida das pessoas, além de resultar em custos com cuidados médicos, perda de produtividade e controle pela indústria de alimentos, pois embora os patógenos sejam controlados no processamento, ainda existem desafios na supervisão para garantir a segurança alimentar, especialmente considerando a complexidade da contaminação microbiana (BATIHA et al., 2021; PRADO-SILVA et al, 2022).

As Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA's) são provocadas pela ingestão de alimentos contaminados, tornando-se um dos principais problemas de saúde pública. Mundialmente, são conhecidos 250 tipos de DTA's, sendo que a maior parte são infecções causadas por bactérias e suas toxinas, e outros parasitas (BRASIL, 2021). No Brasil, os dados da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde indicam que, entre 2000 e 2015, ocorreram 10.666 surtos de DTA's, afetando 209.240 pessoas, com taxa de mortalidade de 0,05% (LENTZ et al., 2018).

*Salmonella*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* são bactérias envolvidas em surtos de intoxicações alimentares, a presença desses microrganismos em alimentos é um relevante problema na saúde, caracterizando-se como importante problema socioeconômico (GARCEZ BISPO et al., 2022).

Com o intuito de atender as demandas em relação a segurança dos alimentos, valores nutricionais e propriedades sensoriais, a indústria de alimentos utiliza diversas formas de conservação em seus produtos, como processamento térmico, submetendo-os a temperaturas entre 60°-150°C, e utilizando produtos sintéticos, como nitratos, benzoatos, sulfitos e sorbatos. Porém, os conservantes sintéticos têm sido relacionados com efeitos colaterais na saúde do consumidor por causarem reações alérgicas e efeitos cancerígenos (EMBRAPA, 2022).

Plantas e condimentos como alecrim, cravo, noz-moscada, capim limão e outros, têm sido estudados por possuírem diferentes compostos com atividades

antimicrobianas, antifúngicas, e outras funcionalidades, em particular os Óleos essenciais OE's, sendo considerados potenciais agentes bactericidas ou bacteriostáticos, sendo alternativas promissoras para inativar patógenos em alimentos (BARBOZA et al, 2021; BATIHA et al, 2021 RAHMAN; KANG, 2009).

O interesse destes como agentes antibacterianos é atribuído basicamente pelos constantes questionamentos sobre segurança dos aditivos químicos. Os óleos essenciais são metabólitos secundários compostos principalmente por ésteres, ácidos graxos, álcoois, aldeídos, cetonas, dentre outros. Eles são encontrados em folhas, troncos, sementes, raízes, frutos e cascas, sua atividade antibacteriana vai depender do tipo, composição e concentração da espécie ou do óleo essencial, a composição do substrato, do processamento e das condições de estocagem e do tipo de microrganismo em questão (STOJKOVIC et al., 2013; BERTINI et al., 2005; SANTOS et al., 2017).

A canela (*Cinnamomum cassia*) conhecida popularmente como Canela da China, é uma especiaria da família *Lauraceae*, composta principalmente por cinamaldeído, cinamato e ácido cinâmico, possuindo propriedades antioxidante, antimicrobiano, antiinflamatória e outras (VANGALAPATI et al., 2012; RAO et al., 2015).

O cravo da Índia (*Eugenia caryophyllus*) é uma espécie pertencente à família *Myrtaceae*, sua origem é da Indonésia. Possui aroma e sabor muito característicos, devido ao eugenol, um composto fenólico volátil. Pode ser empregado como aromatizante e como uma planta medicinal (VANIN, 2014), apresentando várias atividades biológicas como, por exemplo, anti-inflamatório, cicatrizante, analgésico, antitumoral, antioxidante, antibacteriana, entre outros (SILVESTRI et al., 2010; AFFONSO et al., 2012).

O capim-limão (*Cymbopogon flexuosus*), pertencente à família *Poaceae*, é uma planta aromática cultivada para produção comercial de óleo essencial, o qual geralmente apresenta como constituintes majoritários os monoterpenos citral e o mirceno (PRINS et al., 2008). Estudos científicos têm revelado que o óleo essencial de capim limão possui diversas atividades biológicas, como atividade antimicrobiana, neurofarmacológica, anti-inflamatória, antinocetiva, antioxidante, anticancerígena, antidiabética, hipolipídica, hemodinâmica e inseticida (ROMA, 2020).



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito antibacteriano dos óleos essenciais de *Cinnamomum cassia* (canela), *Eugenia caryophyllus* (cravo-da-índia) e *Cymbopogon flexuosus* (capim limão) *in vitro* frente a *Salmonella*, *Escherichia Coli* e *Staphylococcus aureus*.

### 2.2 Objetivos específicos

- Identificar a composição dos óleos essenciais utilizando cromatografia gasosa e espectrometria de massa (GC-MS);
- Avaliar a atividade antibacteriana dos OE's frente a *Salmonella*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* por meio da Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM);

### 3 REVISÃO BIBLIGRÁFICA

#### 3.1 Bactérias patogênicas

Bactérias patogênicas são microrganismos infecciosos capazes de causar doenças. As bactérias que podem atuar diretamente sob o organismo do indivíduo ou através da produção de toxinas, são as principais causadoras de doenças transmitidas por alimentos (MELO et al., 2018; AMARAL et al., 2021). Os patógenos mais prevalentes encontrados em surtos de origem alimentar são *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Bacillus cereus* (LENTZ et al., 2018). Esses microrganismos são responsáveis por sérios problemas de saúde pública e expressivas perdas econômicas.

As complicações causadas nos humanos podem ser tanto pela ingestão dos microrganismos como pelas toxinas que elas produzem. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que 600 milhões de pessoas, quase 1 em cada 10 pessoas no mundo adoecem, e 420.000 morrem todos os anos devido às Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA) (BRASIL, 2022).

O relatório do Banco mundial relata que as perdas econômicas causada pelas DTA's em países de baixo e médio rendimento, resultam uma perda anual de produtividade estimada em 95,2 mil milhões de dólares (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2022).

##### 3.1.1 *Salmonella*

A *Salmonella* é uma bactéria da família *Enterobacteriaceae*, possui bastonetes Gram-negativos, anaeróbia ou aeróbia facultativa, não formadora de esporos, e normalmente são móveis, possuindo flagelos peritríquios (BRASIL, 2011). Possui facilidade para se proliferar em ambientes com pH de 7 a 7,5 e temperaturas entre 35°C e 43°C, não sobrevivendo a temperaturas superiores a 70°C. Ela se divide em apenas duas espécies, *S. entérica* e *S. bongori*, a *S. entérica* é de maior relevância para a saúde pública, dividindo-se em mais seis subespécies, sendo todas elas patogênicas ao homem (BOPP et al., 2011).

A *Salmonella* está entre os patógenos alimentares que mais causam DTA's, podendo causar dois tipos de doença dependendo do seu sorotipo, como a salmonelose não tifóide e a febre tifóide. A sua transmissão se dá por meio da ingestão de alimentos contaminados por fezes de animais, sendo encontrada principalmente em aves, ovos, porcos, vacas, dentre outros. A salmonelose é considerada uma infecção do trato gastrointestinal de origem alimentar tendo altas taxas de incidência (BRASIL, 2020).

A má higienização das mãos e o contato com animais de estimação infectados são algumas das rotas de contaminação. Quando doses infecciosas são ingeridas, o patógeno causa doenças ao colonizar o trato intestinal. Um exemplo disso foi o surto de *Salmonella* que ocorreu na Eslováquia, Espanha e Polónia, que resultou em 1.581 casos e estava diretamente ligado a ovos infectados (MUNCK et al, 2020).

### 3.1.2 *Escherichia coli*

A *Escherichia coli* é uma bactéria da família *Enterobacteriaceae*, Gram-negativa, não formadora de esporos, possui a forma de bastonetes, podendo ser imóveis ou móveis, devido a existência de flagelos peritríqueos. Algumas cepas de *E. coli* são comensais no trato intestinal, por isso normalmente não é uma bactéria patogênica, porém alguns fatores genéticos contribuem para a sua virulência, fazendo com que a *E. coli* se torne um microrganismo adaptado ao meio e causador de doenças. A presença de *E. coli* na água e alimentos indica contaminação fecal, seu principal habitat é o trato intestinal humano e de animais, podendo causar uma grande disseminação por meio da excreção de fezes, podendo sobreviver por meses no meio ambiente (TORTORA, 2017).

Entre os anos de 2003 a 2021, foram notificados 14.590 surtos de DTAs no Brasil, envolvendo 266.247 casos confirmados e 212 óbitos, sendo o maior número de casos em 2004 (21.781) e os menores em 2020 (4.600) e 2021 (4.385), sendo a *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella spp.* os principais agentes etiológicos responsáveis por esses surtos, podendo estar relacionados à má manipulação de alimentos, como armazenamento inadequado, cozimento incorreto, má higienização dos manipuladores e de utensílios (MARQUES, 2022).

### 3.1.3 *Staphylococcus aureus*

O *Staphylococcus aureus* é uma bactéria da família *Micrococcaceae*, Gram-positiva, aeróbios ou anaeróbio facultativo e não formador de esporos (MADIGAN, 2006). Cresce em ampla faixa de temperatura, de 7 °C a 47 °C, sendo entre 35 °C - 37 °C a temperatura à qual a taxa específica de crescimento é máxima, além da sua resistência ao calor ainda toleram uma alta concentração de sal. Portanto, alimentos processados de forma inadequada e dispostos a temperatura ambiente, correm grande risco de contaminação (FUEYO et al., 2005).

Em humanos, a bactéria *Estafilocócica* pode ser encontrada na pele, narinas, faringe, garganta, trato gastrointestinal, genital e urinário, e por consequência podem causar a contaminação dos alimentos por meio da manipulação (CATÃO et al., 2012). As infecções causadas pelo *S. aureus* podem ir desde uma infecção simples até uma infecção grave, ocorrendo por meio do contato direto, de pessoa para pessoa, ou pelo contato com alimentos contaminados com o patógeno (SANTOS, 2000; SILVA et al., 2012).

A bactéria *Estafilocócica* causa intoxicação alimentar devido à produção de enterotoxinas, e isso poderá ser agravado pelo fato de serem termoestáveis, ou seja, podem permanecer no alimento mesmo quando este for submetido a processos térmicos (BRESOLIN; STELLA; SILVA, 2005).

## 3.2 Antimicrobianos

Os antimicrobianos são substâncias naturais ou sintéticas que agem sobre microrganismos inibindo o seu crescimento ou causando a sua morte. Portanto, no intuito de aumentar a segurança dos alimentos e seu tempo de prateleira, aditivos alimentares sintéticos são amplamente utilizados pelas indústrias de alimentos (SILVA et al., 2019). Aditivos como o Eritorbato de sódio e Butil hidroxitolueno, são compostos sintéticos permitidos pela legislação brasileira nº 740, de 9 de agosto de 2022, e utilizados na indústria que podem inibir a oxidação lipídica.

Atualmente os antimicrobianos possuem formulações sintéticas, que normalmente compreende um ingrediente ativo, no entanto, eles estão relacionados a preocupações ambientais e a segurança do consumidor, pois quando ingeridos em

excesso, podem causar danos à saúde do consumidor causando doenças crônicas como o câncer. Por esse motivo, a procura por métodos alternativos e mais naturais tem crescido cada vez mais, e o uso OE's como conservantes tornou-se bastante empregada nesses últimos tempos, visto que indústrias buscam a possibilidade de substituir os aditivos sintéticos por compostos naturais, posto que são extraídos de plantas medicinais como a árvore caneleira e *suzugium aromaticum*, de onde se extrai a canela e o cravo-da-índia (OLIVEIRA, 2021).

### 3.3 Óleo essencial

Estudos relatam que os OE's podem ser alternativas viáveis para inibição de microrganismos patogênicos, pois possuem atividade biológicas capazes de inativar essas bactérias, possibilitando garantir alimentos saudáveis. Os OE's são metabólitos aromáticos derivados de diversas partes das plantas, como a folha, caule, casca, folha e semente. (FALLEH et al., 2020; PATEIRO et al., 2021).

Os compostos presentes no OE's como os ácidos fenólicos, terpenos, aldeídos, terpenóides e cetonas possuem a capacidade de inibir o crescimento de microrganismos, se tornando fortes candidatos para conservação de alimentos ou prevenir a oxidação de óleos (CALO et al., 2015; DHIMAN; KUMAR, 2020). Esses compostos têm a capacidade de interagir com moléculas alvo e interferirem nas funções das células de microrganismos com mecanismos antimicrobianos, principalmente gerando modificações nas propriedades da membrana citoplasmática e no metabolismo energético, além de inibirem a síntese de ácido nucleico (BARBOSA, et al., 2015).

Sua bioatividade é determinada a partir da sua composição, que varia de acordo com o método de extração, parte da planta que está sendo utilizada, época do ano e o tipo de processamento (SIVAMARUTHI et al., 2022). Apesar de óleos essenciais apresentarem inúmeras propriedades, o uso deles com antimicrobianos nas indústrias de alimentos não é comum devido à sua volatilização, aromas fortes e instabilidade química (MUKURUMBIRA et al., 2022).

### 3.3.1 Canela (*Cinnamomum cassia*)

A canela é uma especiaria proveniente de diferentes partes da árvore caneleira, pertence à família *Lauraceae* e possui conjuntos de hidrocarbonetos em proporções variadas. É uma especiaria amplamente consumida, podendo ser encontrada pelo tipo canela do Ceilão ou do Sri Lanka (*Cinnamomum verum* ou *Cinnamomum zeylanicum*) e cássia (*Cinnamomum cassia* ou *Cinnamomum aromaticum*) (CANTARELLI et al., 2020).

A canela cássia vem principalmente da China, América do Sul, Vietnã, Sumatra e Indonésia (CANTARELLI et al., 2020). Seu óleo essencial possui o eugenol como componente majoritário, e mostrou ser eficaz na inibição de fungos e de algumas bactérias patogênicas, tendo a atividade antibacteriana mais eficaz do que alguns antibióticos comerciais, como ampicilina, cloranfenicol e estreptomicina (Y. El ATKI et al., 2019).

### 3.3.2 Cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllus*)

O cravo-da-índia é uma especiaria pertencente à família *Myrtaceae*, obtido de flores verdes amareladas da árvore *Suzugium aromaticum*, sendo originalmente da Indonésia. Possui aroma e sabor muito característicos, devido ao eugenol, um composto fenólico volátil (OLIVEIRA et al., 2007; AFFONSO et al., 2012).

O óleo essencial é utilizado na odontologia como anestésico, em receitas de ervas como conservantes, possui atividades antimicrobianos, efeitos carminativos, cicatrizantes e ainda pode auxiliar no tratamento da diabetes. Todas essas características relacionadas ao seu composto majoritário, o eugenol (RANASINGHE et al., 2013).

### 3.3.3 Capim limão (*Cymbopogon flexuosus*)

O capim limão, que também é conhecido como erva cidreira ou capim santo, é uma erva nativa da Índia e distribuída por diversos países tropicais pertencente à família *Poaceae*. O aroma advindo das folhas se dá pelo óleo essencial presente na planta chamado *Cymbopogon flexuosus*. O óleo essencial é composto por vários

metabólitos secundários, sendo alguns deles o citral, isovaleraldeído e decilaldeído, também podem ser encontrados, além de cetonas e álcoois, como geraniol, nerol, metil heptenol e farnesol. O citral e o geraniol, seus componentes majoritários, são responsáveis pela atividade antibacteriana e antifúngica, a quantidade de citral é usada para avaliar a qualidade do óleo essencial de capim-limão, quanto maior o citral, mais puro é o óleo essencial (SANTOS, 2021; KPOVIESSI et al., 2014).

Os OEs possuem uma grande importância na conservação de alimentos pelo seu efeito antimicrobiano, o OE *Cymbopogon flexuosus* se mostra mais eficiente frente a bactérias Gram-positivas do que em bactérias Gram-negativas, apresentando eficiência a espécies e gêneros bacterianos, como *Listeria monocytogenes*, *Yersinia*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus*, *Salmonella Typhimurium*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus subtilis* e *Enterococcus faecalis* (DO et al., 2021; GUIMARÃES et al., 2019).

Vivian (2020) analisou o efeito antibacteriano do óleo essencial de orégano aplicado na massa base de embutidos cárneos em 3 concentrações, 0,5%, 1,0% e 1,5%, durante 72 horas, frente a *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes*. O óleo essencial apresentou eficácia apenas contra *Salmonella entérica*, na concentração de 1,5%, porém as amostras não foram bem aceitas na análise sensorial.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Óleo essencial

#### 4.1.1 Obtenção dos óleos essenciais

Os OE's de *Cinnamomum cassia*, *Eugenia caryophyllus* e *Cymbopogon flexuosus* foram adquiridos na Bioessência®, São Paulo, Brasil.

#### 4.1.2 Análise dos óleos essenciais e identificação química

A caracterização da composição química dos OE's foi realizada na Central Analítica da Universidade de São Paulo (USP) por meio da técnica de cromatografia gasosa associada à espectrometria de massa (CG-EM). A identificação dos picos foi realizada pela comparação dos espectros de massas com os espectros existentes na literatura (ADAMS, 2007) e com espectros do banco de dados do cromatógrafo.

#### 4.1.3 Preparação das amostras

A concentração de uso dos OE's foi realizada por meio de diluição em solução estéril de Tween 80 a 0,01% conforme preconizado por Nguetack et al. (2009), para se obter a concentração de 16000 µg/mL para os OE's.

### 4.2 Microorganismos

As cepas das bactérias *Salmonella*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* foram adquiridas no laboratório de microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) campus Medianeira. Para avaliar a atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Cinnamomum cassia*, *Caryophyllus caryophyllus* e *Cymbopogon flexuosus*, as cepas foram cultivadas por 24 horas na estufa a 35 °C e posteriormente diluídas em meio *Brain Heart Infusion* (BHI) (NCCLS, 2003).

### **4.3 Determinação da atividade antibacteriana dos óleos essenciais**

#### *4.3.1 Concentração inibitória mínima (CIM) e Concentração bactericida mínima (CBM)*

A CIM dos OE's foi determinada utilizando a técnica de microdiluição em meio de cultura de acordo com o método CLSI M2-A8 (NCCLS, 2003). Em uma microplaca de 96 poços foram realizadas diluições seriadas da concentração de 16000 µg/mL a 31,25 µg/mL, com 100 µg/mL do meio de cultura, 100 µg/mL do óleo essencial preparado e 5 µg/mL da suspensão de bactérias. Além disso, foi realizado o controle positivo contendo meio de cultura e suspensão bacteriana, e o controle negativo contendo apenas meio de cultura. Logo após, as placas foram incubadas em estufas por 24 horas a 35 °C. Após as 24 horas, foi observado qual o último poço que não apresentou turbidez

A determinação da CBM foi realizada em placa de petri contendo ágar nutriente, adicionando 10 µg/mL do poço que não apresentou turbidez, incluindo o controle positivo e negativo. As placas foram incubadas em estufas por 24 horas a 35 °C. Todos os experimentos foram realizados em triplicata. Portanto, a CIM foi definida por meio da menor concentração que não apresentou turbidez, e a CBM pelo não crescimento bacteriano nas placas de petri.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Composição química dos Óleos Essenciais

As composições químicas dos óleos essenciais foram determinadas por CG-EM, sendo possível analisar os componentes presentes, os compostos majoritários e suas porcentagens, como mostra na tabela 1.

**Tabela 1 - Composição química (%) dos compostos identificados nos óleos por CG/EM.**

Composto	<i>E. caryophyllus</i>		<i>C. cassia</i>		<i>C. flexuosus</i>	
	TR (min.) *	AR (%) *	TR (min.) *	AR (%) *	TR (min.) *	AR (%) *
Eugenol	25,182	91,28				
Cariofileno	27,500	7,62				
$\alpha$ -cariofileno	28,859	0,89				
Patchoulano	33,940	0,21				
Cinamaldeído			20,03	71,26		
Metoxicinamaldeído			30,57	11,41		
Acetal dimetil			29,99	4,66		
Cinnamil			27,16	3,87		
Geranial					30,017	42,41
Neral					28,170	29,48
Geraniol					33,76	8,63
Acetato geranila					30,659	4,61

\*TR: Tempo de rotação; AR: Área relativa.

Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com os resultados obtidos nas análises cromatográficas do óleo de *Eugenia caryophyllus*, é possível observar que o composto majoritário é o eugenol (91,28%) indo em concordância com o estudo de Sohilit, Kainama e Nindatu (2013) que identificou 75,30% de eugenol o óleo.

O eugenol é um composto fenólico, presente no OE de canela e em outros óleos, ele tem apresentado diversas propriedades biológicas contra fungos, bactérias e parasitas, além de atuar como antioxidantes e anti-inflamatórios (PINTO et al. 2019).

O mecanismo de ação do eugenol se dá por meio da indução da lise celular das bactérias, que ocasiona a danificação da parede celular e a ruptura da membrana plasmática, liberando o conteúdo proteico e lipídico (SANTANA et al., 2021).

O OE *Cinnamomum cassia* apresentou o cinamaldeído (71,26%) em maior quantidade, que é seu composto majoritário, conforme descrito na tabela 1. O cinamaldeído é o composto responsável pelo odor característico do óleo, além disso, Firmino et al. (2018) relata em seu estudo que, esse composto possui a capacidade de inibir o crescimento de bactérias Gram positivas e Gram negativas, pois ele pode inibir a produção da enzima essencial para as bactérias (enzima de restrição) ou até mesmo afetar a sua parede celular.

Os dados obtidos para o OE *Cymbopogon flexuosus*, mostram que os compostos majoritários são geranial (42,41%) e neral (29,48%). O estudo realizado por Vukic et al. (2022) corrobora com os dados encontrados neste estudo, pois os valores e compostos encontrados são semelhantes. Esses compostos são monoterpenos, o que caracteriza o forte odor do óleo, além disso, são responsáveis pelas características antimicrobianas, anticancerígenas, anti-inflamatórias e analgésicas.

## 5.2 Determinação da atividade antibacteriana dos óleos essenciais

Os valores da CIM encontrados estão apresentados na tabela 2.

**Tabela 2 - Valores de CIM e CBM dos OE's frente as bactérias patogênicas avaliadas.**

Óleo essencial	<i>Salmonella</i>		<i>Escherichia coli</i>		<i>Staphylococcus aureus</i>	
	CIM*	CBM*	CIM*	CBM*	CIM*	CBM*
<i>Eugenia caryophyllus</i>	1000	1000	2000	2000	1000	2000
<i>Cinnamomum cassia</i>	250	500	1000	1000	500	2000
<i>Cymbopogon flexuosus</i>	SI	SI	2000	2000	1000	1000

\*Resultados expressos em µg/mL. CIM: Concentração Inibitória Mínima; CBM: Concentração Bactericida Mínima; SI: Sem inibição nas concentrações testadas (16000 µg/mL a 31,25 µg/mL).

**Fonte: A autoria própria (2023).**

Ji et al. (2021) descrevem que os OEs são classificados de acordo com seus valores de CIM, sendo alta eficiência ( $CIM \leq 625 \mu\text{g/mL}$ ), média eficiência ( $625 < CIM \leq 2500 \mu\text{g/mL}$ ) e baixa eficiência ( $CIM > 2500 \mu\text{g/mL}$ ). Com base nos valores encontrados, é notório a eficiência antibacteriana dos OE's estudados de forma isolada, pois apresentaram eficiência de alta a média, exceto para o óleo

*Cymbopogon flexuosus* frente a *Salmonella*, pois não apresentou inibição em nenhuma concentração testada.

O efeito antibacteriano dos OE's de *Eugenia caryophyllus* e *Cinnamomum cassia* frente a bactérias Gram positivas e Gram negativas, está relacionado aos compostos fenólicos presentes nos óleos, que são os principais responsáveis pelo seu mecanismo de ação, e a atividade microbiológica está relacionada a posição do grupo hidroxila e a concentração utilizada (PATEIRO et al., 2021). Isso explica os resultados encontrados para o óleo *Cinnamomum cassia*, que apresentou efeito bacteriostático (CIM) entre 250 µg/mL e 1000 µg/mL, e efeito bactericida (CBM) entre 500 µg/mL e 2000 µg/mL, enquanto os outros óleos ficaram entre 1000 µg/mL e 2000 µg/mL.

Quando comparado a eficiências dos OE's, o *Cinnamomum cassia* apresentou um CIM e CBM melhor que os outros dois óleos frente as três bactérias, sendo mais eficiente para *S. entérica*. Sanla-ead et al., (2012) realizaram um estudo do Cinamaldeido de forma isolada frente a 13 bactérias, incluindo *E. coli*, *S. aureus* e *Salmonella*, que apresentou uma boa atividade antibacteriana para todos os microrganismos, portanto, a eficiência encontrada neste estudo pode estar relacionada a elevada concentração de cinamaldeido no OE.

O OE de *Cymbopogon flexuosus* não foi eficiente para a *Salmonella*, apresentando inibição apenas para a *E. coli* em uma concentração maior e para o *S. aureus* em uma concentração menor. Este resultado já foi previsto no estudo realizado por Penteado et al. (2021), em que mostra que o OE de *Cymbopogon flexuosus* não é tão eficiente para a *Salmonella*. Além disso, o estudo de Silva Rodrigues et al. (2020), corrobora com os resultados encontrados para *E. coli* e *S. aureus*, onde o OE apresentou uma melhor inibição para o *S. aureus*, sendo necessário uma concentração de OE maior para inibir a *E. coli*.

## 6 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos por meio dos experimentos, foi possível concluir que os OE's estudados possuem eficiência de média a alta, exceto para o óleo de capim-limão (*Cymbopogon flexuosus*) frente a *Salmonella*, não apresentou inibição em nenhuma das concentrações de 16000 µg/ml a 31,25 µg/mL, sendo necessário realizar outros experimentos com concentrações diferentes. O óleo essencial que apresentou maior eficiência foi o de canela (*Cinnamomum cassia*), apresentando CIM na concentração de 250 µg/mL para a *Salmonella*, 1000 µg/mL para *Escherichia coli* e 500 µg/mL para *Staphylococcus aureus*. Portanto, os resultados mostram a possibilidade de uso dos óleos essenciais de cravo, canela e capim-limão como antibacterianos de forma isolada em alimentos.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil by gas chromatography / mass spectrometry**. 2007. Allured Publishing, Carol Stream, Illinois. 4th Edition, 804.

AFFONSO, R. da S., Rennó, M. N., Slana, G. B. C. A., & Franca, T. C. C. Chemical and Biological Aspects of the Essential Oil of Indian Cloves. **Revista Virtual de Química**, 4(2), 146–161. 2012. <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20120012>

BARBOSA, L. N et al. Propriedades antibacterianas e químicas in vitro de óleos essenciais incluindo plantas nativas do Brasil contra Bactérias Patogênicas e Resistentes. **Diário de Óleo Ciência**, v. 64, n. 3, pág. 289–298, 2015.

BARBOZA GR, ALMEIDA JM, SILVA NCC. Use of natural substrates as an alternative for the prevention of microbial contamination in the food industry. **J. Food Sci. Technol**. 2021. <https://doi.org/10.1590/fst.05720>.

BARRETO NSE, VIEIRA RHSF. Salmonella versus manipuladores de alimentos: um fator de risco para os consumidores. **Hig Aliment**. 2002;16(101):15

BATIHA, G. E-S.; HUSSEIN, D. E.; ALGAMMAL, A. M.; GEORGE, T. T.; JEANDET, P. Application of natural antimicrobials in food preservation: Recent views. **Food Control**, v. 126, 108066, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108066>.

BERTINI, LUCIANA MEDEIROS; PEREIRA, ALEXSANDRA FERNANDES; OLIVEIRA, CARLA LOANE DE LIMA; MENEZES, EVERARDO ALBUQUERQUE; MORAIS, SELENE MAIA DE; CUNHA, FRANCISCO AFRÂNIO; CAVALCANTI, EVELINE SOLON BARREIRA. Perfil de sensibilidade de bactérias frente a óleos essenciais de algumas plantas do nordeste do Brasil. **Sensibilidade bacteriana, Infarma**, v. 17, ed. 3-4, p. 80-83, 2005. Disponível em: [https://cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/17/perfil\\_bacterias.pdf](https://cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/17/perfil_bacterias.pdf). Acesso em: 3 set. 2023.

BOPP, CHERYL A.; NATARO, JAMES P. NATARO; FIELDS, PATRÍCIA I.; KAPER, JAMES B.; STROCKBINE, NANCY A. *Escherichia, Shigella e Salmonella*. **Manual de Microbiologia Clínica**, [s. l.], ed. 10, p. 162-166, 16 maio 2011. DOI <https://doi.org/10.1128/9781555816728.ch35>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1128/9781555816728.ch35>. Acesso em: 15 nov. 2022

BRASIL. Ministério da saúde. **Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA)**. 21/10/2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha>. Acesso em: 15 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da saúde. **Salmonella (Salmonelose)**. Gov.br, 15 set. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/salmonella-salmonelose>. Acesso em: 22 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Doenças transmitidas por alimentos**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/doencas-transmitidas-por-alimentos>. Acesso em: 28 mai. 2024

BRESOLIN, B. M. Z.; STELLA, J.K. D.; SILVA, S. E. F. Pesquisa sobre a bactéria *Staphylococcus aureus* na mucosa nasal e mãos de manipuladores de alimentos em Curitiba/Paraná/Brasil. **Estudos de Biologia**. v. 27, n. 59, p. 2-3, 2005. DOI:10.5777/ambiencia.2013.02.12.

CALO, J. R.; CRANDALL, P. G.; O'BRYAN, C. A.; RICKE, S. C. Essential oils as antimicrobials in food systems - A Review. **Food Contr**, 2015. doi: 10.1016/j.foodcont.2014.12.040.

CANTARELLI, MIGUEL Á. CANTARELLI; MOLDES, CARLOS A.; MARCHEVSKY, EDUARDO J.; AZCARATE, SILVANA M.; CAMIÑA, JOSÉ M. Low-cost analytic method for the identification of Cinnamon adulteration. **Elsevier**, v. 159, 1 dez. 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105513>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X2032539X>. Acesso em: 16 nov. 2022.

CATÃO, RAISSA MAYER RAMALHO; BELÉM, LINDOMAR DE FARIAS; SILVA, PATRÍCIA MARIA DE FREITAS; LUIZA, FABIANA PEREIRA; NUNES, LUANNE EUGÊNIA; FERNANDES, COSTA, ANNA FLÁVIA. Avaliação da colonização nasal por *Staphylococcus aureus* em funcionários de um serviço de saúde em Campina Grande – PB. **Revista de Biologia e Farmácia**, v. 7, n. 1, p. 10-17, 1 mar. 2012. Disponível em: <https://docplayer.com.br/36929762-Avaliacao-da-colonizacao-nasal-por-staphylococcus-aureus-em-funcionarios-de-um-servico-de-saude-em-campina-grande-pb.html>. Acesso em: 3 dez. 2022.

CHANDRASHEKAR, K. & PRASANNA, K. **Atividades analgésicas e antiinflamatórias do óleo essencial de *Cymbopogon flexuosus***. *Farmacogn. Mag.* 2, 23–25, 2010.

DHIMAN, R.; KUMAR, A. N. Efficacy of Plant Antimicrobials as Preservative in Food. **Food Preservation and Waste Exploitation**, 2020. doi:10.5772/intechopen.83440.

DO, DINH NHAT *et al.* Fracionamento de óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) por destilação fracionada a vácuo. **Cymbopogon citratus**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 593, 29 mar. 2021. DOI <https://doi.org/10.3390/pr9040593>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/9/4/593>. Acesso em: 3 maio 2024

EMBRAPA. Publicação aborda uso de antimicrobianos de plantas em alimentos. **Potencial uso de antimicrobianos de plantas na conservação de alimentos**, [s. l.], 19 set. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/73694324/publicacao-aborda-uso-de-antimicrobianos-de-plantas-em-alimentos>. Acesso em: 18 jun. 2024.

FALLEH, H.; JEMAA, M. B.; SAADA, M.; KSOURI, R. Essential oils: A promising ecofriendly food preservative. **Food Chemistry**, v. 330, 2020.

FIRMINO, Diego F.; CAVALCANTE, Theodora T. A.; GOMES, Geovany A.; FIRMINO, Nairley C. S.; ROSA, Lucas D.; CARVALHO, Mário G. de; JR, Francisco E. A. Catunda. Antibacterial and Antibiofilm Activities of Cinnamomum Sp. Essential Oil and Cinnamaldehyde: Antimicrobial Activities. **The scientific world journal**, [s.

l.], 6 jun. 2018. DOI <https://doi.org/10.1155/2018/7405736>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2018/7405736/>. Acesso em: 7 maio 2024.

FUEYO, JOSÉ M.; MENDOZA, M. CARMEN; MARTÍN, M. CRUZ. Enterotoxins and toxic shock syndrome toxin in *Staphylococcus aureus* recovered from human nasal carriers and manually handled foods: epidemiological and genetic findings. **Microbes and Infection**, 2005, v. 7, ed. 2, p. 187-194. DOI <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2004.10.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1286457904003533>. Acesso em: 4 dez. 2022.

GARCEZ BISPO, VITÓRIA et al. Principais agentes etiológicos envolvidos em surtos de doenças veiculadas por alimentos nos últimos anos. **Ciências da Saúde: desafios e potencialidades em pesquisa**, [s. l.], v. 1, p. 279 -0, 2022. DOI DOI: 10.37885/220909926. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220909926.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2024.

GUIMARÃES, ALINE CRISTINA et al. **Atividade antibacteriana de terpenos e terpenóides presentes em óleos essenciais**. [S. l.], v. 24, n. 13, p. 2471, 5 jul. 2019. DOI <https://doi.org/10.3390/molecules24132471>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/13/2471>. Acesso em: 3 maio 2024.

JI, J.; SHANKAR, S.; FERNANDEZ, J.; JUILLET, E.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. A rapid way of formulation development revealing potential synergic effects on numerous antimicrobial combinations against foodborne pathogens. **Microbial Pathogenesis**, v. 158, set. 2021. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0882401021003193?casa\\_token=ef-6el9ZulwAAAAA:y1dw5kBihkdPU8ZR9Ch3jFEcrhDqi692OfRLx8ZpLInqCbbrTjxF7tLrtoNjJpJCuKnImedzE#bib14](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0882401021003193?casa_token=ef-6el9ZulwAAAAA:y1dw5kBihkdPU8ZR9Ch3jFEcrhDqi692OfRLx8ZpLInqCbbrTjxF7tLrtoNjJpJCuKnImedzE#bib14). Acesso em: 02 mai. 2021.

KPOVIESSI, SALOMÉ *et al.* Composição química, citotoxicidade *in vitro* atividade antitripanossômica e antiplasmodial dos óleos essenciais de quatro espécies de *Cymbopogon* do Benin. **Cymbopogon**, [S. l.], v. 151, n. 1, p. 652-659, 10 jan. 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.027>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874113008210>. Acesso em: 3 maio 2024.

LENTZ, S.A.M. et al. *Bacillus cereus* as the main casual agent of foodborne outbreaks in Southern Brazil: data from 11 years. **Cad Saude Publica**, v.34, n.4, p.e00057417, 2018.

MADIGAN, M. T. **Brock Biology of Microorganisms**. 12. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2006.

MARQUES, P. R. C.; TRINDADE, R. V. R. Panorama Epidemiológico Dos Surtos De Doenças Transmitidas Por Alimentos Entre 2000 E 2021 No Brasil. **Revista Multidisciplinar em Saúde**, v. 3, n. 3, 2022. <https://doi.org/10.51161/rem/3477>.

MUKURUMBIRA, AR; SHELLIE, RA; KEAST, R.; PALOMBO, EA; JADHAV, SR. Encapsulation of essential oils and their application in antimicrobial active

packaging. **Food control**, [S. l.], v. 136, p. 0-0, 12 fev. 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108883>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713522000767>. Acesso em: 4 maio 2024.

MUNCK, N.; SMITH, J.; BATES, J.; VIDRO, K.; HALD, T.; KIRK, MD. Source attribution of Salmonella in macadamia nuts to animal and environmental reservoirs in Queensland, Australia. **Foodborne pathogen**. 2020, 17, 357–364. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/fpd.2019.2706>

NCCLS. Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; **Approved Standard**—Sixth Edition. NCCLS document M7-A6 [ISBN 1-56238-486-4]. NCCLS, 940 West Valley Road, Suite 1400, Wayne, Pennsylvania 19087-1898 USA, 2003.

OLIVEIRA, C. D. et al. Utilização dos óleos essenciais nos alimentos: uma revisão. 17 f. Inovação, Gestão e Sustentabilidade na Agroindústria. **Congresso Internacional de Agroindústria (CIAGRO)**, II, 2021. Anais [...], Recife. 2021.

OLIVEIRA, F.Q; GOBIRA, B; GUIMARÃES, C; BATISTA, J; BARRETO, M; SOUZA, M. Espécies vegetais indicadas na odontologia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s. l.], v. 17, ed. 3, p. 466-476, 2007. DOI <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2007000300022>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10https://www.scielo.br/j/rbfar/a/bzyBYxPF3xZTHpTpw9gJp6n/.1080/0972060X.2021.1941278?scroll=top&needAccess=true&role=tab>. Acesso em: 1 dez. 2022.

Organização Mundial de Saúde. **Segurança alimentar**. 2022. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>.

PATEIRO, M.; MUNEKATA, P. E.; SANT'ANA, A. S.; DOMÍNGUEZ, R.; RODRÍGUEZLÁZARO, D.; LORENZO, J. M. Application of essential oils as antimicrobial agents against spoilage and pathogenic microorganisms in meat products. **International Journal of Food Microbiology**, v. 337, 2021.

PINTO, S. M. L., RIVERA, Y., SANDOVA, L. V. H., LIZARAZO, J. C., RINCÓN, J. J., MÉNDEZ, L. Y. V. 2019. Semisynthetic eugenol derivatives as antifungal agents against dermatophytes of the genus *Trichophyton*. **Journal of Medical Microbiology**. 68:1109–1117.

PRADO-SILVA, L., BRANCINI, G. T.P., BRAGA, G. Ú.L., LIAO, X., DING, T., SANT'ANA A.S. Antimicrobial photodynamic treatment (aPDT) as an innovative technology to control spoilage and pathogenic microorganisms in agri-food products: An updated review. **Food Control**, v.132, (2022) 108527.

PRINS, CLÁUDIA LOPES. et al. Efeitos de confinamento do sistema radicular sobre capim-limão (*Cymbopogon citratus*). **Revista Ciência Agronômica**, ano 2008, v. 39, ed. 3, p. 416-421, 8 set. 2008. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/80/75>. Acesso em: 10 out. 2022.

RAHMAN, A.; KANG, S. inhibition of foodborne pathogens and spoiling bacteria by essential oil and extracts of *Erigeron ramosus* (walt.) B.S.D. **Journal of Food Safety**, v. 29, p. 176–189, 2009.

RANASINGHE, PRIYANGA; PIGERA, SHEHANI; SIRIMAL PREMAKUMARA, GA; GALAPPATHTHY, PRIYADARSHANI; CONSTANTINO, GODWIN R; KATULANDA, PRASAD. **Medicinal properties of ‘true’cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*): a systematic review**. *Complemento BMC Altern Med*, NLM National Library of Medicine, ano 2013, v. 13, n. 275, p. 0-0, 22 out. 2013. DOI 10.1186/1472-6882-13-275. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24148965/>. Acesso em: 18 out. 2023.

RAO, P.V.; GAN, S. H.; Cinnamon: A Multifaceted Medicinal Plant. Cinnamon: a multifaceted medicinal plant. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2014, 2015.

ROMA, Raquel Marujo. **Atividades biológicas de *Cymbopogon citratus* (DC.)** Stapf. Universidade de Coimbra, [s. l.], p. 53-67, setembro 2020. Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/93106/1/documento%20final.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2022.

SAEED, S.; TARIQ, P. **In vitro antibacterial activity of clove against gram negative bacteria**. *Pak. J. Bot. Karachi*, v.40, p. 2157-2160, 2008.

SÁEZ-LLORENS, XAVIER MD; et al. Impacto de uma política de restrição de antibióticos nos gastos hospitalares e na suscetibilidade bacteriana: uma lição de uma instituição pediátrica em um país em desenvolvimento. **The pediatric infectious disease journal**, [S. l.], ano 2000, v. 19, n. 3, p. 200-206, 9 mar. 2000. Disponível em: [https://journals.lww.com/pidj/Abstract/2000/03000/Impact\\_of\\_an\\_antibiotic\\_restriction\\_policy\\_on.5.aspx](https://journals.lww.com/pidj/Abstract/2000/03000/Impact_of_an_antibiotic_restriction_policy_on.5.aspx). Acesso em: 9 dez. 2022.

SANLA-EAD, N. et al. antimicrobial activity of cinnamaldehyde and eugenol and their activity after incorporation into cellulose-based packaging films. **Packaging Technology and Science**, v. 25, n. 1, p. 7-17, 2012.

SANTANA, MERIELLY SAELI DE; MACHADO, ERILANE CASTRO DE LIMA; STAMFORD, THAYZA CHRISTINA MONTENEGRO; STAMFORD, TÂNIA LÚCIA MONTENEGRO. Propriedades funcionais do eugenol e sua aplicação em alimentos. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], v. 4, p. 66, 1 abr. 2021. DOI 10.37885/210303527. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/210303527.pdf>. Acesso em: 27 maio 2024.

SANTOS, BRANCA MARIA DE OLIVEIRA. Monitoring the colonization by *Staphylococcus aureus* in students from a nursing auxiliary program during the professional formation. **Latin American Nursing Journal**, [s. l.], p. 67-73, jan. 2000. DOI <https://doi.org/10.1590/S0104-11692000000100010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/zv8ktnbGZp6XGMFRDtThnnH/?lang=pt>. Acesso em: 9 dez. 2022.

SANTOS, C. H. DA S. et al. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais e compostos isolados frente aos agentes patogênicos de origem clínica e

alimentar. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, [s. l.], v. 76, p. 1–8, 2017. DOI: 10.53393/rial.2017. v 76.33539. Disponível em: <https://periodicos.saude.sp.gov.br/RIAL/article/view/33539>. Acesso em: 8 out. 2022.

SANTOS, C.H.S.; PICCOLI, R.H.; TEBALDI, V.M.R. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais e compostos isolados frente aos agentes patogênicos de origem clínica e Revista Higiene Alimentar, 35 (293): 1060. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**. 2017;76:e1719:1-8. Disponível em: [http://www.ial.sp.gov.br/resources/insitutoadolfolutz/publicacoes/rial/10/rial76\\_completa/artigos-separados/1719.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/insitutoadolfolutz/publicacoes/rial/10/rial76_completa/artigos-separados/1719.pdf). Acesso: em 17 abril de 2024.

SANTOS, JULIANA CANTALINO; FILHO, CELSO DUARTE CARVALHO; BARROS, TÂNIA FRAGA; GUIMARÃES, ALAÍSE GIL. In vitro antimicrobial activity of essential oils from oregano, garlic, clove and lemon against pathogenic bacteria isolated from *Anomalocardia brasiliana*. **Repositorio institucional da UFBA**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 1557-1564, outubro 2021. DOI 10.5433/1679-0359.2011v32n4p1557. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/14659/1/Juliana%20Cantalino%20Santos.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2022.

SILVA, E. de S et al. **Conservação de Alimentos pelo Uso de Aditivos: Uma Revisão**. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, Paraná, v. 37, n. 2, p. 18-29, 2019.

SILVA RODRIGUES, GABRIELLA *et al.* Antimicrobial activity of the essential oil of *Cymbopogon citratus* (D. C.) Stapf. (Capim-Santo) on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. **Revista tacta**, [s. l.], v. 10, 24 out. 2020. DOI <https://doi.org/10.4322/2359-6643.10177>. Disponível em: <https://www.revistacta.ufscar.br/index.php/revistacta/article/view/177/96>. Acesso em: 13 abr. 2024.

SILVA, EDUARDO CAETANO BRANDÃO FERREIRA DA; SAMICO, THAMMY MOURA; CARDOSO, RODRIGO ROSA; RABELO, MARCELLE AQUINO; NETO, ARMANDO MONTEIRO BEZERRA; MELO, FÁBIO LOPES DE; LOPES, ANA CATARINA DE SOUZA; ACA, IVANIZE DA SILVA; MACIEL, MARIA AMÉLIA VIEIRA. Colonização pelo *Staphylococcus aureus* em profissionais de enfermagem de um hospital escola de Pernambuco. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, [s. l.], v. 46, ed. 1, p. 132-137, fevereiro 2012. DOI <https://doi.org/10.1590/S0080-62342012000100018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reeusp/a/dPg5DSqbtXzmm4YpZmyhQjn/?lang=pt>. Acesso em: 9 dez. 2022.

SILVESTRI, JANDIMARA DONINELLI FIOR; PAROUL, NATALIA; CZYEWski, ELIANE; LERIN, LINDOMAR; ROTAVA, IEDA; CANSIAN, ROGÉRIO LUIS; MOSSI, ALTEMIR; TONIAZZO, GECIANE; OLIVEIRA, DÉBORA DE; TREICHEL, HELEN. Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). **Revista Ceres**, vol. 57, n. 05, set-out, 2010, p. 589- 594.

SOHILAIT, HANOCH JULIANUS; KAINAMA, HEALTHY; NINDATU, MARIA. Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oils from Different Parts of *Eugenia caryophyllata*, Thunb Grown in Amboina Island, **International Journal of Organic Chemistry**, ano 2018, v. 8, p. 229-239, 20 jun.

2013. DOI 10.4236/ijoc.2018.82017. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/journal/paperinformation.aspx?paperid=85346](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/journal/paperinformation.aspx?paperid=85346). Acesso em: 19 out. 2023.

STOJKOVIC, D. et al. **Investigation on antibacterial synergism of *Origanum vulgare* and *Thymus vulgaris* essential oils**. Arch biol sci, Belgrade. 2013;65(2):639-643. Disponível em: <https://doi.org/10.2298/ABS1302639S>

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 12º ed, Porto Alegre, Artmed, 2017.

VANGALAPATI, N.; SREE-SATYA, D.; SURYA-PRAKSH; S. AVANIGADDA, “A review on pharmacological activities and clinical effects of cinnamon species”. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**, v. 3, n. 1, p. 653–663, 2012.

VANIN, A. B. 2014. **Produção, propriedades biológicas, antioxidantes e toxicidade do bioaromatizante obtido via esterificação enzimática de óleo essencial do cravo-da-índia (*Caryophyllus aromaticus*)**. 139f. Tese de Doutorado (Engenharia de Alimentos) Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – UR, Erechim, 2014.

VIVIAN, P. G. **Atividade antimicrobiana de óleos essenciais de *origanum vulgare* (orégano) e *ocimum basilicum* (manjeriçao) e sua aplicação em massa para embutido cárneo**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Pelotas, 2020.

VUKIC, MILENA et al. **Óleo Essencial de *Cymbopogon citratus*: Sua Aplicação como Agente Antimicrobiano na Conservação de Alimentos**, [s. l.], v. 12, n. 155, ed. 1, 8 jan. 2022. DOI <https://doi.org/10.3390/agronomy12010155>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/1/155>. Acesso em: 4 abr. 2024

Y. ELATKI, I. AOUM, F. ELMARI, A. TAROQ, K. NAYME, M. TIMINOUNI, A. ABDE LLAOUI. Antibacterial activity of cinnamon essential oils and their synergistic potential with antibiotics. **Journal of advanced pharmaceutical technology e research**, [s. l.], v. 10, p. 63-67, 12 abr. 2019. DOI 10.4103/japtr.JAPTR\_366\_18. Disponível em: <https://www.japtr.org/article.asp?issn=2231-4040;year=2019;volume=10;issue=2;spage=63;epage=67;aualast=El>. Acesso em: 9 dez. 2022.

ZHANG, Y.; WANG, Y.; ZHU, X.; CAO, P.; WEI, S.; LU, Y. Antibacterial and antibiofilm activities of eugenol from essential oil of *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L. M. Perry (clove) leaf against periodontal pathogen *Porphyromonas gingivalis*. **Microbial Pathogenesis**, v. 113, p. 396, dez. 2017. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0882401017311956?casa\\_token=82JcxlcWtwAAAAA:zVsOUlrgPC6Prkc8NRBELxpqqCkZq6Lafh9BWX920jXCNKtqAQtf67Z3c7OIWfnp7GKmYJq4e](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0882401017311956?casa_token=82JcxlcWtwAAAAA:zVsOUlrgPC6Prkc8NRBELxpqqCkZq6Lafh9BWX920jXCNKtqAQtf67Z3c7OIWfnp7GKmYJq4e). Acesso em: 19 out. 2023.