



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**LAILA ALONSO**

**ÓLEOS ESSENCIAIS COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA A**  
**CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS**

PATOS DE MINAS - MG

2022

**LAILA ALONSO**

**ÓLEOS ESSENCIAIS COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA A  
CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leticia Rocha Guidi.

PATOS DE MINAS – MG

2022



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Química

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1K - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
Telefone: (34) 3239-4285 - secdireq@feq.ufu.br - www.feq.ufu.br



### HOMOLOGAÇÃO Nº 78

LAILA ALONSO

#### Óleos essenciais como alternativa natural para a conservação de alimentos

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado nesta data para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - *campus* Patos de Minas (MG) pela banca examinadora constituída por:

**Prof.ª Dr.ª Letícia Rocha Guidi**

Orientadora - UFU

**Prof.ª Dr.ª Michelle Andriati Sentanin**

UFU

**Prof. Dr. Rodrigo Aparecido Moraes de Souza**

UFU

Patos de Minas, 26 de novembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Letícia Rocha Guidi, Presidente**, em 29/11/2022, às 09:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Michelle Andriati Sentanin, Professor(a) do Magistério Superior**, em 29/11/2022, às 09:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Aparecido Moraes de Souza, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/11/2022, às 16:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4076059** e o código CRC **6D9A6ECD**.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre guiar e iluminar o meu caminho durante toda minha jornada.

Agradeço imensamente aos meus pais, Fernando e Ligia, que sempre com muito amor e brilho nos olhos, nunca mediram esforços para tornar meus sonhos realidade. Gratidão e amor incondicional por vocês, meus pais. A cada oração, cada conselho, cada longas ligações, e até mesmos os momentos de saudades, pois sei que isso foi fundamental para meu crescimento e amadurecimento durante todo este período.

Aos meus irmãos Nuria, Murilo e Renan, que estiveram sempre ao meu lado me aconselhando, incentivando e torcendo por minha vitória. Amor imenso por vocês, meus amorzinhos.

Ao meu namorado por vivenciar a distância durante todo este processo, por sempre torcer por minhas conquistas e por todo amor e carinho.

À minha cachorrinha Lolita, que foi um presente especial, como uma luz nessa minha trajetória, me trazendo companhia e boas risadas.

Às minhas amigas de faculdade, por cada angústia e alegria compartilhadas. Vocês, com toda certeza, fizeram minha passagem pela faculdade um pouco mais leve e tranquila. Irei levá-las pra minha vida, sempre!

Aos professores, que sempre com muito zelo, comprometimento e paciência, compartilharam dos seus conhecimentos para minha formação, em especial à minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Letícia Rocha Guidi, que com todo seu conhecimento, profissionalismo, dedicação e calma, me auxiliou para que este trabalho fosse concluído. Gratidão por tudo, levarei como exemplo.

À banca examinadora, que foi escolhida com muito carinho, pela disposição e contribuição para o aprimoramento deste trabalho.

E por fim, a todos que de certa maneira estiveram comigo durante este ciclo da minha vida, que levarei pra sempre, com muita boas lembranças e saudades. Gratidão por tudo.

“Na natureza nada se cria e nada se perde, tudo se  
transforma.”

(Antoine Laurent Lavoisier)

## RESUMO

Os óleos essenciais são misturas complexas oriundas de matrizes vegetais obtidas através de diferentes métodos de extração. Os óleos essenciais têm sido amplamente estudados e aplicados como conservantes naturais de alimentos devido às suas potenciais ações antimicrobianas e antioxidantes. A efetividade destes óleos essenciais está relacionada à composição, ao efeito sinérgico, à matriz alimentar e a quantidade de óleo adicionada. Além disso, os óleos essenciais podem apresentar algumas limitações como a suscetibilidade à oxidação, baixa solubilidade e alterações em características sensoriais. Tais limitações podem ser superadas com o uso da tecnologia de encapsulação. Neste contexto, esta revisão bibliográfica teve como objetivo definir e descrever as características dos óleos essenciais, apontar seus principais componentes, assim como os principais métodos de extração, suas ações antimicrobianas e antioxidantes, além de verificar a efetividade do uso da encapsulação para aplicação dos óleos essenciais em alimentos. Em suma, possibilitou a compreensão da importância e eficácia dos óleos essenciais como conservantes nos alimentos, apontando-se, portanto, que eles são uma alternativa ao uso dos conservantes sintéticos.

**Palavras-chave:** Óleo essencial. Conservante natural. Antimicrobianos. Antioxidantes. Encapsulação.

## **ABSTRACT**

Essential oils are complex mixtures from plant matrices obtained through different extraction methods. Essential oils have been widely studied and applied as natural preservatives due to their potential antimicrobial and antioxidant actions. The effectiveness of these essential oils is related to the composition, the synergistic effect, the food matrix and the amount of oil added, for example, in addition, essential oils may face some limitations such as susceptibility to oxidation, low solubility and changes in sensory characteristics, however, such limitations can be overcome with the use of encapsulation technology. In this context, this bibliographic review aimed to define and describe the characteristics of essential oils, point out their main components, as well as the main extraction methods, their antimicrobial and antioxidant actions, in addition to pointing out the use of encapsulation. In summary, it was possible to understand the importance and effectiveness of essential oils as preservatives in foods, pointing out, therefore, as an alternative to the use of synthetic preservatives.

**Keywords:** Essential oil. Natural preservative. Antimicrobial. Antioxidant. Encapsulation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura molecular do ácido sórbico.....	17
Figura 2 – Estrutura molecular do ácido benzoico.....	18
Figura 3 – Estrutura molecular do dióxido de enxofre.....	19
Figura 4 – Estrutura molecular do nitrito e nitrato.....	20
Figura 5 – Estrutura molecular da natamicina.....	20
Figura 6 – Estrutura molecular do ácido ascórbico.....	22
Figura 7 – Estrutura molecular do ácido cítrico.....	23
Figura 8 – Estrutura molecular do ácido fosfórico.....	23
Figura 9 – Estrutura molecular do ácido eritórbico.....	24
Figura 10 – Estrutura molecular do BHA.....	25
Figura 11 – Estrutura molecular do BHT.....	25
Figura 12 – Estrutura molecular da lecitina.....	26
Figura 13 – Estrutura molecular do tocoferol.....	27
Figura 14 – Estrutura molecular do terc-butilhidroquinona.....	28
Figura 15 – Estruturas químicas de componentes dos óleos essenciais.....	37
Figura 16 – Estruturas químicas de componentes dos óleos essenciais.....	38
Figura 17 – Processo de encapsulação.....	48
Figura 18 – Encapsulação por extrusão.....	50
Figura 19 – Encapsulação por fluidização.....	50
Figura 20 – Encapsulação por liofilização.....	51
Figura 21 – Encapsulação por <i>spray dryer</i> .....	52
Figura 22 – Encapsulação por fluido supercrítico.....	53
Figura 23 – Encapsulação por inclusão por complexação molecular.....	54
Figura 24 – Encapsulação por coacervação.....	55
Figura 25 – Encapsulação por gelificação iônica.....	56
Figura 26 – Encapsulação por lipossomas.....	56
Figura 27 – Avaliação das amostras de bolos com e sem tratamento de óleo essencial encapsulado.....	58
Figura 28 – Comparação do fruto de jujuba com e sem a aplicação de óleo essencial encapsulado.....	59



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aditivos permitidos e utilizados como conservantes em alimentos no Brasil.....	16
Tabela 2 – Aditivos permitidos e utilizados como antioxidantes em alimentos no Brasil.....	21
Tabela 3 – Óleos essenciais geralmente reconhecidos como seguros pela <i>Food and Drug Administration</i> (FDA).....	35
Tabela 4 – Aplicação direta dos óleos essenciais em alimentos com efeito antimicrobiano....	40
Tabela 5 – Aplicação direta dos óleos essenciais em alimentos com efeito antioxidante.....	44

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVOS .....	14
3. METODOLOGIA.....	14
3.1. Caracterização do trabalho .....	14
3.2. Obtenção e seleção do material teórico .....	15
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
4.1. Conservação de alimentos pelo uso de aditivos sintéticos .....	15
4.1.1. Antimicrobianos .....	16
4.1.1.1. Ácido sórbico e seus sais .....	17
4.1.1.2. Ácido benzoico e seus sais de cálcio e potássio .....	18
4.1.1.3. Dióxido de enxofre e seus derivados .....	18
4.1.1.4. Nitritos e nitratos .....	19
4.1.1.5. Natamicina.....	20
4.1.1.6. Propionato.....	21
4.1.1.7. P-hidroxibenzoato de metila, propila, etila e seus sais sódicos .....	21
4.1.2. Antioxidantes .....	21
4.1.2.1. Ácido Ascórbico .....	22
4.1.2.2. Ácido cítrico .....	23
4.1.2.3. Ácido fosfórico .....	23
4.1.2.4. Ácido Isoascórbico ou Eritórbico .....	24
4.1.2.5. Butil Hidroxianisol (BHA) .....	24
4.1.2.6. Butil Hidroxitolueno (BHT) .....	25
4.1.2.7. Lecitinas .....	26
4.1.2.8. Tocoferóis .....	26

4.1.2.9. Terc-butil hidroquinona .....	27
4.2. Conservação de alimentos pelo uso de aditivos naturais .....	28
4.3. Óleos essenciais .....	29
4.3.1. Definição .....	29
4.3.2. Formas de Obtenção .....	29
4.3.2.1. Métodos convencionais .....	30
4.3.2.1.1. Hidrodestilação .....	30
4.3.2.1.2. Arraste por vapor de água .....	30
4.3.2.1.3. Extração por solvente .....	31
4.3.2.1.4. Prensagem a frio .....	31
4.3.2.2. Métodos inovadores .....	32
4.3.2.2.1. Extração com fluido supercrítico .....	32
4.3.2.2.2. Extração assistida por ultrassom .....	33
4.3.2.2.3. Extração por micro-ondas sem solvente .....	33
4.3.2.2.4. Hidrodifusão e gravidade por micro-ondas .....	33
4.3.2.2.5. Extração por queda de pressão controlada instantânea .....	34
4.4. Aplicação de óleos essenciais em alimentos .....	34
4.5. Princípios ativos dos óleos essenciais .....	37
4.5.1. Terpenos e terpenóides .....	38
4.5.2. Compostos aromáticos .....	39
4.6. Óleos essenciais com potencial ação antimicrobiana .....	39
4.7. Óleos essenciais com potencial ação antioxidante .....	43
4.8. Encapsulação como alternativas para aplicação dos óleos essenciais .....	47
4.8.1. Técnicas de encapsulação .....	48
4.8.1.2. Métodos químicos .....	54
4.8.1.2.1. Coacervação .....	55
4.8.1.2.2. Gelificação iônica .....	55

4.8.1.2.3. Lipossomas .....	56
4.8.2. Encapsulação de óleos essenciais aplicados nos alimentos.....	57
5. CONCLUSÃO .....	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61

## 1. INTRODUÇÃO

A deterioração dos alimentos é um dos principais desafios encarados pelas indústrias alimentícias, principalmente aquela relacionada à deterioração por ações microbiológicas ou enzimáticas, uma vez que podem se fazer presentes nas diversas etapas de produção como no processamento, acondicionamento, estocagem, impactando não só na perda de qualidade e prejuízos econômicos, mas também podendo expor o consumidor às doenças transmitidas por alimentos (FAVA et al., 2012; RAJKOVIC, 2014).

Dessa forma, para minimizar e/ou inibir a deterioração dos alimentos, as indústrias alimentícias utilizam diferentes tipos de aditivos sintéticos, como os conservantes e os antioxidantes, uma vez que proporcionam significativa eficiência (BRASIL, 2008; GUTIÉRREZ-DEL-RÍO; FERNÁNDEZ; LOMBÓ, 2018; RAMALHO; JORGE 2006).

Contudo, tais aditivos têm gerado preocupação aos consumidores devido aos longos ciclos de degradação, à toxicologia e aos riscos potenciais envolvidos, como o de carcinogênese e teratogênese para humanos e animais (BASAK; GUHA, 2018 ; BAUER et al., 2001; FALLEH et al., 2020; YESILYURT et al., 2008). Desta forma, a demanda dos consumidores por alimentos considerados saudáveis e com apelo natural tem se intensificado e, portanto, a indústria alimentícia vem buscando intensivamente novas tecnologias para realizar a diminuição, ou até mesmo a substituição, dos aditivos sintéticos (EL-ASBAHANI et al., 2015; BURT, 2004; DIAS; FERREIRA; BARREIRO, 2015; DONSI; FERRARI, 2016; MAYAUD et al., 2008).

Os conservantes de origem natural, como os óleos essenciais, assim como seus componentes ativos, têm se destacado atualmente, principalmente devido às propriedades biológicas como antibacterianas, antifúngicas, antimicotoxigênicas e antioxidantes de amplo espectro, além de serem reconhecidos como seguros e com isenção de toxicidade em mamíferos pela *Food and Drug Administration* (FDA) dos Estados Unidos (BHAVANIRAMYA et al., 2019; CHAUDHARI et al., 2020a; PISOSCHI et al., 2018).

Os óleos essenciais, em síntese, são substâncias voláteis obtidas de uma matriz de origem vegetal através de processo físico, por diferentes métodos de extração. Eles são conhecidos e utilizados há mais de 2 mil anos devido aos benefícios proporcionados ao bem-estar e à saúde (GONÇALVES; GUAZZELLI, 2014).

Entretanto, os óleos essenciais apresentam dificuldades quanto à sua incorporação e aplicação nos alimentos devido a suas características hidrofóbicas, possibilidade de alterações, além de caracterizar um aroma e sabor intenso, nem sempre desejáveis sensorialmente ao

alimento, limitando sua aplicação (CARNEIRO et al., 2013; HYLDGAARD; MYGIND; MEYER, 2012; KALEMBA; KUNICKA, 2005).

Por sua vez, com o avanço constante das tecnologias, a encapsulação de óleos essenciais pode ser aplicada para superar as desvantagens apontadas, já que a encapsulação proporciona uma melhora quanto à estabilidade, solubilidade, aos aspectos sensoriais e reduz possíveis reações (AMIRI et al., 2020; DELSHADI et al., 2020; LIU et al., 2019; PISOSCHI et al., 2018; TOURÉ et al., 2011).

Diante do exposto, nota-se a importância de se fazer um levantamento das propriedades dos diversos óleos essenciais e suas possíveis aplicações na indústria de alimentos, a fim de compilar o que foi pesquisado e o que foi efetivo ou não para fins de conservação dos alimentos e, assim, estimular o uso desses compostos como conservantes naturais em alimentos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivos gerais**

Este trabalho tem como principal objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre a aplicação dos óleos essenciais como alternativa natural para a conservação de alimentos, a fim de reunir informações importantes para posteriores elucidaciones.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Discorrer sobre o uso de aditivos para a conservação de alimentos;
- Abordar a legislação vigente sobre o uso de aditivos para conservação de alimentos;
- Realizar a caracterização dos óleos essenciais, assim como suas possíveis formas de obtenção;
- Discorrer sobre as ações, as aplicações e os princípios ativos dos óleos essenciais e seu potencial uso como conservantes em alimentos;
- Demonstrar a possibilidade de microencapsulação e nanoencapsulação como alternativa para a aplicação dos óleos essenciais na conservação de alimentos.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1. Caracterização do trabalho**

Este trabalho é caracterizado como revisão da literatura, a qual visa elucidar a aplicação dos óleos essenciais como alternativa natural para a conservação de alimentos. Os meios utilizados como fontes de consultas para elaboração deste trabalho são constituídos de artigos,

livros e textos científicos que dissertam e abordam os conceitos gerais e específicos relacionados aos óleos essenciais.

### **3.2. Obtenção e seleção do material teórico**

A busca pelo material teórico foi feita por meio de buscas em plataformas *onlines* como Periódicos CAPES; *Science Direct* (*Elsevier, Meat Science, LWT e Journal of Food Engineering, etc.*); *PubMed*; *Springer Link*; *Scholar Google*; *World Wide Science*; *Wiley Online Library*; *Science Gov* e Repositórios Universitários, dentre outros.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. Conservação de alimentos pelo uso de aditivos sintéticos**

Os alimentos são extremamente suscetíveis a deteriorações e alterações indesejáveis, e isso pode ser justificado devido aos fatores microbiológicos, físicos, químicos e enzimáticos. Tais deteriorações e alterações comprometem a integridade do alimento quanto a sua qualidade, quanto ao seu valor nutricional, quanto a sua segurança e quanto aos aspectos sensoriais (INANLI et al. 2020; LUCERA et al., 2012).

Desta forma, a conservação resume-se em preservar a estabilidade do alimento, envolvendo tanto os aspectos físicos, quanto os aspectos químicos e biológicos (FOOD INGREDIENTS BRAZIL, 2012; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2015; LUCERA et al., 2012).

Os conservantes alimentares são utilizados com a função de reduzir e/ou inibir alterações ocasionadas por microrganismos e/ou enzimas e, conseqüentemente, retardam a deterioração do alimento, garantindo, sobretudo, o oferecimento de um alimento sem alterações químicas indesejáveis e com as características sensoriais preservadas, além de proporcionar o aumento de sua vida de prateleira (*shelf life*) (ADITIVOS & INGREDIENTES N°123, 2015; ARIAS, 2019; RODRIGUES et al., 2013; SILVA, 2013; VASCONCELOS; MELO, 2016).

Atualmente, há diversas possibilidades para que se possa realizar a conservação dos alimentos, sendo as principais a aplicação de altas ou baixas temperaturas, secagem, aplicação de irradiações e adição de aditivos químicos, por exemplo (FREITAS; FIGUEREDO, 2000; MODANEZ, 2012; VASCONCELOS; MELO, 2016).

Quando se realiza a conservação dos alimentos pelo uso de aditivos, esta resume-se à adição intencional de substâncias naturais ou sintéticas aos alimentos com a exclusiva finalidade de preservar as características físicas, químicas, biológicas e sensoriais do alimento,

proporcionando, portanto, um aumento significativo na vida de prateleira do mesmo (BRASIL, 1997; FILHO; VASCOLCELOS, 2010).

Dessa forma, para realizar a escolha ideal do conservante a ser adicionado ao alimento, deve-se atentar a alguns fatores como os possíveis agentes microbianos atuantes, as características físico-químicas e os métodos de armazenamento do alimento em questão (SOUZA et al., 2019; GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

Dentre os aditivos alimentares, pode-se citar os antioxidantes e os antimicrobianos. Os antioxidantes possuem a função de retardar e/ou inibir possíveis alterações oxidativas nos alimentos; já os antimicrobianos possuem o objetivo de retardar ou inibir o desenvolvimento de microrganismos patógenos e deteriorantes (BRASIL, 1997; TAJKARIMI; IBRAHIM; CLIVER, 2010).

A legislação brasileira permite o uso limitado de aditivos em alimentos específicos, todavia, estes aditivos devem ser adicionados em quantidades mínimas que alcancem o efeito desejado, seguindo o limite máximo permitido pela legislação para aquele alimento específico (KRAEMER, 2000). A aplicação de conservantes nos alimentos é especificada por meio de legislações, o que pode variar de país para país.

#### 4.1.1. Antimicrobianos

Na Tabela 1, pode-se observar os antimicrobianos mais utilizados e permitidos no Brasil, assim como seus respectivos códigos INS (Sistema Nacional de Identificação) (BRASIL, 1988).

Tabela 1 – Aditivos permitidos e utilizados como antimicrobianos em alimentos no Brasil.

Conservantes	INS
Ácido sórbico e seus sais sódio, cálcio e potássio	200 - 203
Ácido benzóico e seus sais de sódio, cálcio e potássio	210 - 213
Dióxido de Enxofre: metabissulfito de sódio, metabissulfito de potássio, metassulfito de cálcio, sulfito de sódio, sulfito de potássio, sulfito de cálcio, bissulfito de sódio, bissulfito de cálcio e bissulfito de potássio	220 - 228



Tabela 1 – Aditivos permitidos e utilizados como antimicrobianos em alimentos no Brasil.  
(Continuação).

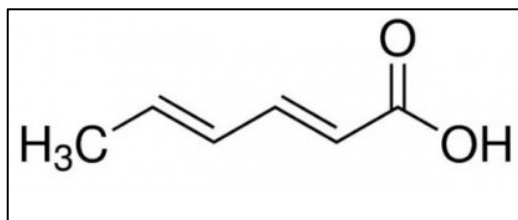
Nitrito de sódio ou potássio, nitrato de sódio ou potássio	249 - 252
Natamicina	235
Propionato de sódio, cálcio ou potássio	281- 283
P-hidroxibenzoato de metila, propila, etila e seus sais sódicos	214 - 219

Fonte: (BRASIL, 1988).

#### 4.1.1.1.Ácido sórbico e seus sais

O ácido sórbico, ilustrado na Figura 1, é amplamente utilizado como conservante pela indústria de alimentos, uma vez que apresenta capacidade de inibir ou reduzir o crescimento de leveduras, bolores e bactérias (GONZÁLEZ-FANDOS; DOMINGUEZ, 2007; LIU, WANG, YOUNG, 2014; RODRIGUES et al., 2013; SILVA; LIDON, 2016; THOMAS, 2000).

Figura 1 – Estrutura molecular do ácido sórbico.



Fonte: (SILVA; LIDON, 2016).

Estes conservantes possuem aplicabilidade em produtos panificados, carnes e lácteos, por exemplo, e normalmente sua adição ocorre na forma direta, por pulverização, sova, imersão ou incorporação à embalagem do alimento (FREITAS; FIGUEIRO, 2000; SILVA; LIDON, 2016; VINCENZI; MENDES; MOTA, 2021).

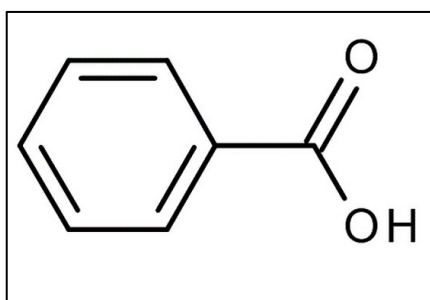
Embora estes conservantes apresentem menor toxicidade em relação aos demais e sejam considerados como seguros, estudos apontam que o uso em quantidades elevadas pode promover riscos à saúde dos consumidores, como casos de alergias, urticárias e asma (ABDULMUMEEN; RISIKAT; SURURAH, 2012; SOUZA et al., 2019; SILVA; LIDON, 2016; VOSS, 2002).

Sendo assim, a ingestão diária aceitável (IDA) recomendada pelo JECFA (Comitê Conjunto FAO/OMS de Peritos em Aditivos Alimentares) de ácido sórbico e seus sais são de 0-25 mg/kg de peso corpóreo (WHO, 2022).

#### 4.1.1.2. Ácido benzoico e seus sais de cálcio e potássio

O ácido benzoico, ilustrado na Figura 2, assim como seus sais, apresenta funções antibacterianas e antifúngicas e garante maior efetividade quando aplicado em alimentos de pH baixo (CHIPLEY, 2005; DAVIDSON; JUNEJA; BRANEN, 2005; OGBADU, 2014; RODRIGUES et al., 2013; SILVA; LIDON, 2016; VIOLETA; TRANDAFIR; IONICA, 2007).

Figura 2 – Estrutura molecular do ácido benzoico.



Fonte: (MERC, 2022).

Estes conservantes são amplamente utilizados pelas indústrias alimentícias, já que apresentam baixo custo de produção e facilidade de incorporação ao alimento. Contudo, devido ao seu sabor característico, sua aplicação torna-se limitada, restringindo-se a bebidas gaseificadas, margarinas, geleias, molhos e doces (CHIPLEY, 2005; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2011; RANDHAWA; BAHNA, 2009).

A toxicidade do ácido benzoico e de seus sais é maior quando comparada a dos demais conservantes. Estudos apontam que o uso destes conservantes podem gerar reações alérgicas, distúrbios neurológicos, hiperatividade, asma e irritação gástrica (ABDULMUMEEN et al., 2012; INETIANBOR; YKUBU; EZEONU, 2015; TUORMAA, 1994; VOSS, 2002). Dessa forma, a ingestão diária aceitável é de 0-5 mg/kg de peso corpóreo para o ácido benzoico e seus sais (WHO, 2022).

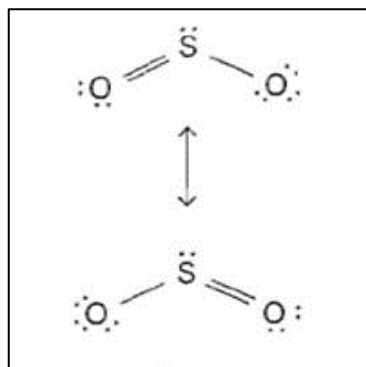
#### 4.1.1.3. Dióxido de enxofre e seus derivados

O dióxido de enxofre, ilustrado na Figura 3, assim como seus derivados, é amplamente empregado para realizar a inibição de bolores, leveduras e bactérias, além de prevenirem o

escurecimento enzimático e não enzimático (SILVA; LIDON, 2016; VINCENZI; MENDES; MOTA, 2021; RANDHAWA; BAHNA, 2009).

Destacam-se com aplicação para produção de vinhos, já que possuem capacidade antimicrobiana seletiva para bactérias acéticas, além de serem aplicados em frutas e hortaliças (RODRIGUES, et al., 2013; VOSS, 2002).

Figura 3 – Estrutura molecular do dióxido de enxofre.



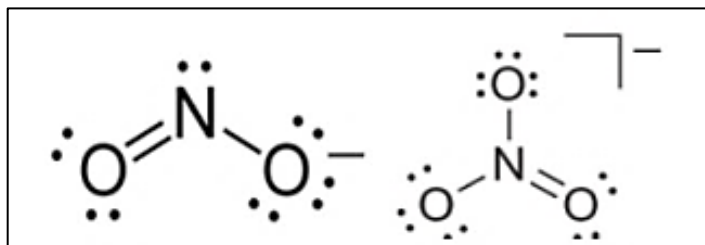
Fonte: (ATKINS, 1999).

Estes conservantes apresentam baixa toxicidade, todavia podem ocasionar problemas em relação à diminuição na absorção da vitamina B1 (tiamina), além disso, reações como asma, dores de cabeça, irritação do estômago ou da pele, eczema, náuseas, urticária e angioedema podem ocorrer em indivíduos que sejam sensíveis a estes conservantes (ATKINS; OVERTON, 2010; INETIANBOR; YKUBU; EZEONU, 2015; RANDHAWA; BAHNA, 2009; VOSS, 2002). A ingestão diária aceitável do dióxido de enxofre e seus sais é de 0-0,7 mg/kg de peso corpóreo (WHO, 2022).

#### 4.1.1.4. Nitritos e nitratos

Nitritos e nitratos, ilustrados na Figura 4, possuem como função a ação antimicrobiana e/ou ação anti-enzimática. Suas maiores aplicações são em produtos curados com a finalidade de inibir o *Clostridium botulinum* causador do botulismo, além de proporcionar alterações positivas na cor, textura e sabor de produtos cárneos (AZEREDO, 2012; FOOD INGREDIENTES BRASIL 2011; SILVA; LIDON, 2016).

Figura 4 – Estrutura molecular do nitrito e nitrato.



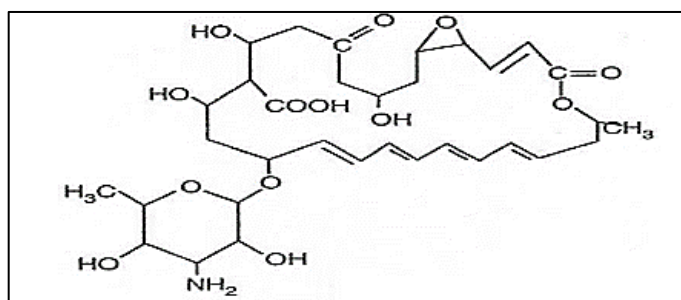
Fonte: (ATKINS, 1999).

Embora tais conservantes apresentem importantes funções, seu consumo pode levar a efeitos deletérios à saúde devido à formação endógena de composto n-nitrosos que apresentam efeitos carcinogênicos, teratogênicos e mutagênicos (BEDALE; SINDELAR; MILKOWSKI, 2016; MARTINS; MÍDIO, 2000). Portanto, a ingestão diária aceitável de nitratos é de 0-3,7 mg/kg peso corporal, já de nitritos são de 0-0,07 mg/kg de peso corpóreo (WHO, 2022).

#### 4.1.1.5. Natamicina

A natamicina, ilustrada na Figura 5, é aplicada com finalidade antifúngica e tem sido empregada em alimentos sólidos, cuja casca ou película envolvente do alimento não é ingerida, como por exemplo queijos e embutidos secos (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2015; RODRIGUES, et al., 2013; SILVA; LIDON, 2016; VENTURINI, 2012).

Figura 5 – Estrutura molecular da natamicina.



Fonte: (CÉ, 2009).

A ingestão diária aceitável para a natamicina é de 0-0,3 mg/kg de peso corpóreo (WHO, 2022). Todavia, o uso deste conservante em excesso pode levar à ocorrência de náuseas, vômitos e diarreias (LAURINDO, 2017).

#### 4.1.1.6. Propionato

Os propionatos são aplicados como conservantes com ação antifúngica. Sua aplicação está associada principalmente às indústrias de panificação (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2015; VOSS, 2002). Os propionatos não possuem uma recomendação de ingestão diária aceitável. Quanto a toxicidade do propionato, não há estudos que apontam efeitos adversos ao longo de sua aplicação e consumo (VINCENZI; MENDES; MOTA, 2021; WHO, 2022).

#### 4.1.1.7. P-hidroxibenzoato de metila, propila, etila e seus sais sódicos

Os parabenos, de forma geral, possuem grande atuação contra fungos e bactérias, sendo, portanto, utilizados como conservantes nos alimentos, principalmente em bebidas fermentadas e não carbonatadas (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2015; CASTELAIN; CASTELAIN, 2012; FRANSWAY et al., 2019b; GREIGE-GERGES et al., 2013).

Com relação a toxicidade destes conservantes, estudos apontam que os parabenos apresentam efeitos no sistema endócrino, além de apresentar potencial risco carcinogênico (FERREIRA, 2019). Com isso, a ingestão diária aceitável dos parabenos é de 0-10 mg/kg de peso corpóreo (WHO, 2022).

Portanto, ressalta-se que a aplicação destes conservantes nos alimentos ainda gera dúvidas quanto à factíveis complicações e danos à saúde dos consumidores (VINCENZI; MENDES; MOTA, 2021).

#### 4.1.2. Antioxidantes

Os antioxidantes permitidos e mais utilizados pelas indústrias brasileiras encontram-se listados na Tabela 2, assim como seu respectivo INS (CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2017; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009; TAKEMOTO; TEIXEIRA; GODOY, 2009).

Tabela 2 – Aditivos permitidos e utilizados como antioxidantes em alimentos no Brasil.

Conservantes	INS
Ácido Ascórbico	300
Ácido cítrico	330
Ácido fosfórico	338
Butil hidroxianisol (BHA)	320
Butil hidroxitolueno (BHT)	321

Tabela 2 – Aditivos permitidos e utilizados como antioxidantes em alimentos no Brasil.  
(Continuação).

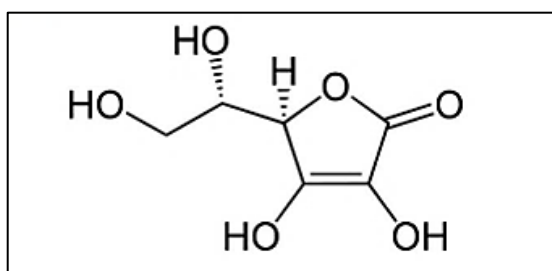
Galato de propila (PG)	310
Lecitinas	322
Terc-butil hidroquinona (TBHQ)	319
Tocoferóis	307

Fonte: (BRASIL, 1988).

#### 4.1.2.1. Ácido Ascórbico

O ácido ascórbico, ilustrado na Figura 6, é um antioxidante muito utilizado pelas indústrias alimentícias, uma vez que, além de apresentar um alto poder de antioxidante, atuando contra a peroxidação lipídica e a autoxidação molecular, também estabelece outras funções para o organismo humano, tais como a prevenção de escorbuto, a atuação na síntese das proteínas, colágeno e elastina, além disso apresenta importante função no combate a infecções e auxilia na manutenção das paredes dos vasos sanguíneos, por exemplo, sendo essencial na alimentação (CAPPELLI; VANNUCCHI, 2009; CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2017; CERUTTI, 2006; WHITNEY; ROLFES, 2008).

Figura 6 – Estrutura molecular do ácido ascórbico.



Fonte: (GAVA; DA SILVA; FRIAS, 2009).

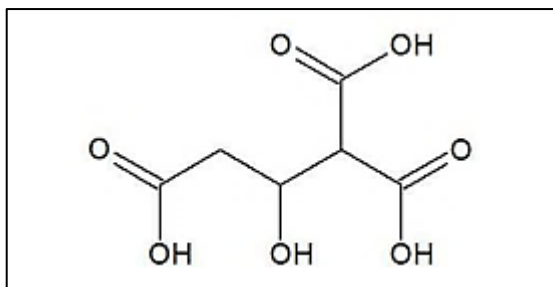
O ácido ascórbico não apresenta indício de riscos à saúde humana, portanto, não possui uma recomendação de ingestão diária aceitável, devendo ser adicionado aos alimentos em quantidades suficientes para atingir o efeito desejado (WHO, 2022).

Este antioxidante pode ser aplicado em diversos tipos de alimentos, como molhos, hortaliças frescas e em conserva, bebidas, alimentos infantis, dentre outros (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

#### 4.1.2.2. Ácido cítrico

O ácido cítrico, representado pela Figura 7, é considerado um antioxidante, pois proporciona a quelação de íons metálicos (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009; OETTERER; DÁRCE; SPOTO, 2006).

Figura 7 – Estrutura molecular do ácido cítrico.



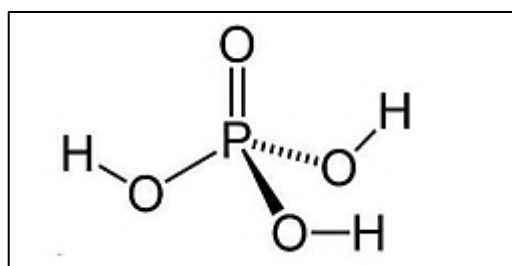
Fonte: (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

Quanto a sua toxicidade, não foi encontrado na literatura sobre possíveis efeitos a longo prazo e em altas quantidades. Em relação à recomendação de ingestão diária aceitável, o ácido cítrico deve ser adicionado aos alimentos em quantidades suficientes para atingir o efeito desejado (WHO, 2022). Este tipo de antioxidante é aplicado para alimentos como coco ralado, leite de coco, produtos de fruta e em óleos e gorduras, por exemplo.

#### 4.1.2.3. Ácido fosfórico

O ácido fosfórico, conforme ilustrado na Figura 8, é caracterizado como um antioxidante devido sua capacidade de sequestrar metais (GAVA; DA SILVA; FRIAS, 2009).

Figura 8 – Estrutura molecular do ácido fosfórico.



Fonte: (GAVA; DA SILVA; FRIAS, 2009).

Este antioxidante é aplicado em óleos, gorduras e margarinas (GAVA; DA SILVA; FRIAS, 2009). Não foi encontrado na literatura casos de toxicidade a longo prazo e em altas

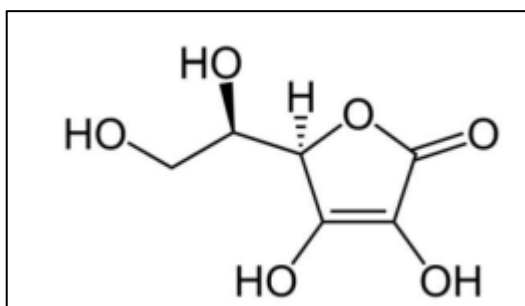
quantidades quanto ao uso de ácido fosfórico. A sua ingestão diária aceitável é de 70 mg/kg de peso corpóreo (WHO, 2022).

#### 4.1.2.4. Ácido Isoascórbico ou Eritórbico

O ácido eritórbico, ilustrado na Figura 9, é aplicado frequentemente como antioxidante para alimentos como frutas e carnes que passam por processo de cura, a fim de estabilizar a cor destes produtos (SHAHIDI; SMISH; HONG-SHUM, 2003).

A toxicidade do ácido eritórbico não foi encontrada nos artigos e literatura disponíveis. A quantidade de ingestão diária aceitável não consta especificada, entretanto, o ideal é que se adicione a quantidade mínima suficiente para atingir o efeito desejado (WHO, 2022).

Figura 9 – Estrutura molecular do ácido eritórbico.



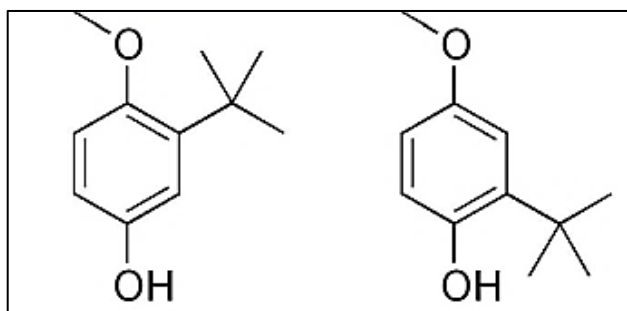
Fonte: (GAVA; DA SILVA; FRIAS, 2009).

#### 4.1.2.5. Butil Hidroxianisol (BHA)

O Butil hidroxianisol, demonstrado na Figura 10, trata-se de um antioxidante largamente utilizado em alimentos e revestimentos para alimentos, todavia demonstra algumas restrições quanto à sua baixa solubilidade em água e seu forte odor fenólico. Este antioxidante apresenta uma efetividade para o controle de oxidação de gorduras, porém o mesmo resultado não é encontrado para óleos vegetais. Além disso, o BHA pode atuar de forma sinérgica com outros antioxidantes como o BHT (3,5-di-terc-butil-4-hidroxitolueno), onde o BHA atua como sequestrante de radicais peróxidos (BRASIL, 2009; CAROCHO, MORALES; FERREIRA, 2015).



Figura 10 – Estrutura molecular do BHA.



Fonte: (ARAÚJO, 2015).

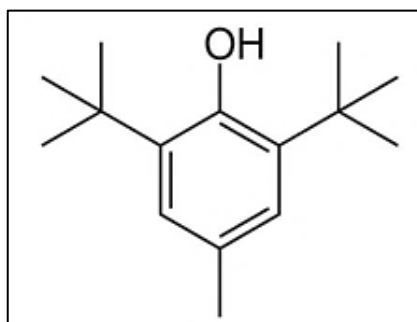
A ingestão diária aceitável do BHA é de 0-0,5 mg/kg de peso corpóreo (WHO, 2022). Estudos apontam que o consumo de BHA pode proporcionar danos e mutações no DNA, proporcionando a ocorrência de neoplasia. Além disso, o BHA pode ocasionar o aumento da excreção urinária de ácido ascórbico, o retardo de crescimento infantil e a elevação da mortalidade perinatal (LEDEVER, 1991 apud ALBUQUERQUE et al., 2012). Também está associado a transtorno de déficit de atenção, hiperatividade em crianças, danos no estômago, cólon, bexiga e cérebro (SASAKI et al., 2002).

Ademais, o uso desse antioxidante pode proporcionar odor desagradável em alimentos que são submetidos a altas temperaturas por longos tempos (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009).

#### 4.1.2.6. Butil Hidroxitolueno (BHT)

O butil hidroxitolueno, ilustrado na Figura 11, trata-se de um antioxidante importante nas indústrias de alimentos. Este tem como características a insolubilidade em água, a solubilidade em gorduras e a estabilidade quando submetidos a altas temperaturas (CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2015).

Figura 11 – Estrutura molecular do BHT.



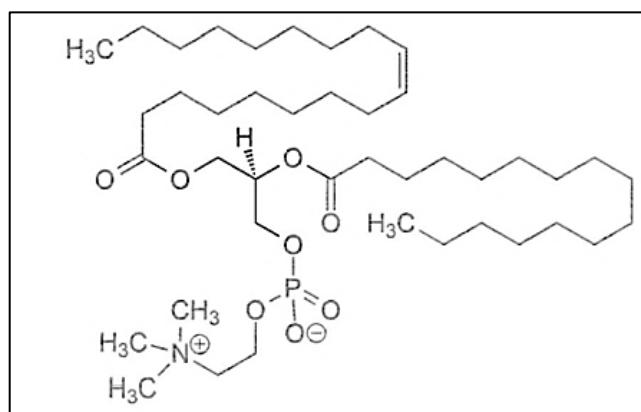
Fonte: (ARAÚJO, 2015).

O BHT pode atuar em sinergismo ou como regenerador de radicais do BHA (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009). Sua aplicação consiste em alimentos que apresentam óleos e gorduras em suas composições. A ingestão diária aceitável do BHT é de 0-0,3 mg/kg de peso corpóreo (WHO, 2022). Entretanto, assim como o BHA, estudos apontam que o BHT pode ocasionar danos ao ácido desoxirribonucleico, problemas hepáticos, danos ao estômago, cólon, bexiga e cérebro (LEDEVER, 1991 apud ALBUQUERQUE et al., 2012; SASAKI et al., 2002).

#### 4.1.2.7. Lecitinas

A lecitina, ilustrada na Figura 12, trata-se de um composto emulsificante com propriedades antioxidantes reconhecidas (JUDDE et al., 2003).

Figura 12 – Estrutura molecular da lecitina.



Fonte: (GAVA; DA SILVA; FRIAS, 2009).

As lecitinas têm sido amplamente utilizadas pelas indústrias devido às suas propriedades funcionais e nutricionais, além de serem de origem natural com significativo baixo custo-benefício. Podem ser aplicadas em margarinas, biscoitos, óleos e gorduras por exemplo (GAVA; DA SILVA; FRIAS, 2009).

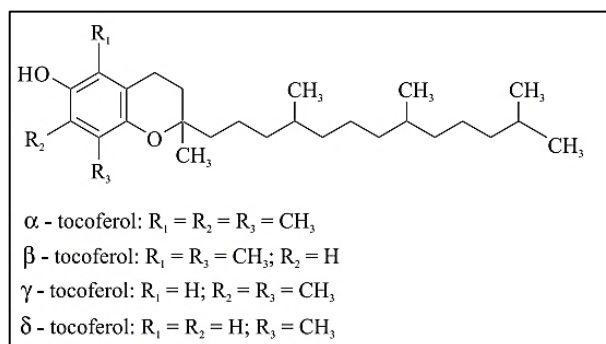
Embora na literatura os possíveis efeitos deletérios à saúde devido ao consumo deste antioxidante não estejam relatados, e sua ingestão diária aceitável não seja estipulada, o ideal é que se faça a adição deste antioxidante até que se alcance o efeito desejável (WHO, 2022).

#### 4.1.2.8. Tocoferóis

Os tocoferóis, representados pela Figura 13, são naturais e possuem ação antioxidante, onde sua principal função é prevenir ou inibir as reações de auto oxidação de gorduras, sendo

estes antioxidantes solúveis em gorduras, apresentando, portanto, poderosa ação (CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2015).

Figura 13 – Estrutura molecular do tocoferol.



Fonte: (RAMALHO; JORGE 2006).

Sua atividade como antioxidante se dá devido à capacidade de doar hidrogênios fenólicos aos radicais livres lipídicos, de forma a interromper a propagação em cadeia (RAMALHO; JORGE, 2006).

Sua aplicação é ampla, podendo ser adicionados a alimentos à base de cereais processados, cremes vegetais, óleos e gorduras, sopas e caldos, dentre outros (FERNANDES, 2019). Estudos demonstram que se ministrado em doses elevadas podem provocar toxicidade hemorrágica (TAKAHASHI, 1995). Sendo assim, a ingestão diária aceitável estipula o valor de 0-2 mg/kg de peso corpóreo (WHO, 2022).

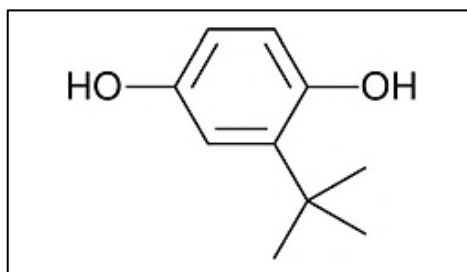
#### 4.1.2.9. Terc-butil hidroquinona

O terc-butilhidroquinona, ilustrado na Figura 14, é considerado uns dos mais efetivos para a estabilização de alimentos ricos em óleos e gorduras, principalmente para aqueles que possuem óleos vegetais polinsaturados, já que apresenta resistência a altas temperaturas e menor volatilidade quando comparado aos antioxidantes BHA e o BHT (ARAÚJO, 2008; ESKANDANI; HAMISHEHKAR; DOLATABADI, 2014; OETTERER; DÁRCE; SPOTO, 2006).

Estudos tem demonstrado riscos de toxicológicos associados ao consumo de antioxidantes como o terc-butilhidroquinona. Tem-se avaliado efeitos carcinogênicos e redução de níveis de hemoglobina e hiperplasia de células basais (BOTTERWECK, et al., 2000; MADHAVI, et al., 1995 apud. RAMALHO; JORGE 2006).

A ingestão diária aceitável do terc-butil hidroquinona é de 0-0,7 mg/kg de peso corpóreo (WHO, 2022).

Figura 14 – Estrutura molecular do terc-butilhidroquinona.



Fonte: (ARAÚJO, 2015).

Dessa forma, nota-se que o emprego de antioxidantes nos alimentos possui importante ação, uma vez que inibem as alterações oxidativas nos alimentos. Em contrapartida, o uso de antioxidantes, principalmente os sintéticos, deve ser realizado com cautela devido ao possível risco de toxicidade a quem os consomem, sendo o uso dos compostos com propriedades naturais cada vez mais preferidos pelos consumidores (BAUER et al., 2001; MELO; GUERRA, 2002; MELO; VILAS BOAS, 2006).

#### 4.2. Conservação de alimentos pelo uso de aditivos naturais

Aditivos sintéticos com funções antimicrobianas, antifúngicas e antioxidantes, por exemplo, têm sido utilizados como conservantes alimentícios e, embora exista legislações que estipulam e controlam as quantidades adequadas a serem utilizadas, seu uso tem sido limitado devido ao risco de toxicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade, lentos períodos para sua degradação e também à existência de possíveis interações com demais aditivos, que nem sempre são desejáveis (DAVIDSON; CRITZER; TAYLOR, 2013; FAI; STAMFORD; STAMFORD, 2008; VIATOR, et al., 2015).

Sendo assim, sabe-se que para utilização de um aditivo alimentar, o mesmo deve passar por avaliações e testes de segurança de forma a garantir que qualquer efeito ou risco à saúde humana seja detectado e potencialmente reduzido ou evitado (TOMASKA ; THARWA, 2014).

Devido a esses fatores, tem-se preferido o uso de aditivos naturais, os quais podem ser encontrados e extraídos de plantas, fungos, microrganismos e de alguns tecidos animais. Uma vez que estes aditivos proporcionam, muitas vezes, a adição de benefícios à saúde, como propriedades bioativas, tornando-se uma alternativa promissora para as indústrias alimentícias, pois possuem a aprovação e preferência dos consumidores atuais, que buscam por produtos

alimentícios saudáveis e naturais (CALEJA et al., 2016a; CALEJA, et al., 2016b; CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2015a).

Estudos de aplicações de substâncias de origem natural, como os óleos essenciais, têm se intensificado e demonstrado resultados promissores, uma vez que apresentam resultados satisfatórios com relação à conservação dos alimentos, sem gerar prejuízo à segurança do consumidor (ARABSHAHI- DELOUEE; DEVI; UROOJ, 2007; CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2015; SAKKAS et al., 2016; ZHANG et al., 2016).

### **4.3. Óleos essenciais**

#### **4.3.1. Definição**

Os óleos essenciais caracterizam-se por serem misturas complexas, naturais, aromáticas, normalmente incolores, voláteis, lipossolúveis e de densidade menor que a da água, oriundos do metabolismo secundário das diferentes partes de espécies vegetais aromáticas, como por exemplo raízes, folhas, flores, caules, cascas e frutos, normalmente encontrados em países de clima temperado, quente ou tropical. Além disso, os óleos essenciais são caracterizados por serem instáveis, principalmente quando expostos a luz, oxigênio, temperaturas elevadas, umidade e metais (ARIDOGAN et al., 2002; BAKKALI et al., 2008; BANDONI; CZEPAK, 2008; BURT, 2004).

Estes óleos encontram-se armazenados em estruturas histológicas como as papilas epidérmicas, tricomas glandulares, canais secretores, bolsas secretoras e células secretoras intracelulares (BAKKALI et al., 2008; BURT, 2004). Todavia, os óleos essenciais podem ser acumulados em qualquer órgão da planta e suas composições poderão variar de acordo com sua localização (LOUZEIRO et al., 2011; SIMÕES et al., 2007a).

Ademais, outros fatores que podem causar influência em sua composição química, assim como em sua qualidade é a composição do solo, a temperatura, o clima do cultivo, a presença de agrotóxico, a época de plantio e colheita, a espécie e a idade botânica e também o método utilizado para sua extração (HUSSAIN et al., 2008; KHAJEH et al., 2005; LASZLÓ, 2008; NASCIMENTO et al., 2007; NEGI, 2012; RIAHI et al., 2013).

#### **4.3.2. Formas de Obtenção**

A obtenção dos óleos essenciais é realizada a partir de uma matéria-prima vegetal através de diferentes métodos extração (STARMANS; NIJHUIS, 1996; WANG; WELLER,

2006). Tais métodos, podem ser divididos em duas categorias: métodos convencionais e métodos avançados (KUZEY, 2021).

#### **4.3.2.1. Métodos convencionais**

Os métodos convencionais são muito utilizados pelas indústrias, uma vez que se utiliza de tecnologia simples para a extração dos óleos essenciais. Entre os métodos convencionais mais aplicados atualmente estão a hidrodestilação, arraste de vapor d'água, extração por solvente e prensagem a frio (RASSEM; NOUR; YUNUS, 2016).

##### **4.3.2.1.1. Hidrodestilação**

Na hidrodestilação, a matéria-prima vegetal é totalmente submersa em água no extrator e submetida a aquecimento até sua ebulição. Assim, a vapor pressiona a abertura das paredes celulares e permite a evaporação do óleo contido nas células da matriz vegetal. Sequencialmente, o vapor, que contém a mistura de água e óleo, passa por um condensador e sofre resfriamento e, uma vez que são imiscíveis, há a formação de duas fases que podem ser facilmente separadas por decantação simples (BIASI; DESCHAMPS, 2009; LEAL, 2008; SARTOR, 2009; SILVEIRA et al., 2012; WOLFFENBUTTEL, 2010).

Este método apresenta como vantagem a simplicidade, a facilidade de implementação e a eficiência, sendo amplamente aplicado em laboratórios. Além disso, este método proporciona menores perdas de compostos sensíveis a elevadas temperaturas, entretanto torna-se um processo lento e com baixo rendimento (SILVEIRA et al., 2012).

Ressalta-se que este método é amplamente utilizado para extração de óleos essenciais de flores e pétalas, uma vez que evita a aglomeração da matéria-prima vegetal (PINHEIRO, 2003).

##### **4.3.2.1.2. Arraste por vapor de água**

O método de arraste por vapor de água, utiliza o mesmo princípio do método de hidrodestilação, ou seja, trata-se de um método que separa substâncias imiscíveis através de diferença de volatilidade. Para isso, há a geração de vapor d'água que entra em contato com a matéria-prima vegetal, forçando a quebra intramolecular e ocasionando o arraste dos compostos voláteis. Em seguida, os vapores são resfriados e liquefeitos nos condensadores e, por fim, há a separação do óleo e da água residual (hidrolato) (EL-ASBAHANI et al., 2015; LEAL, 2008; SILVA, 2016; STEFANI, 2003).

Consiste em um método amplamente utilizado por indústrias para extrações de óleos essenciais, já que se apresenta como simples e economicamente viável quando comparado aos demais métodos (ROMDHANE; TIZAOUI, 2005; SARTOR, 2009). Normalmente este método é empregado para a obtenção de óleos de plantas condimentares medicinais e aromáticas (LEAL, 2018).

#### **4.3.2.1.3. Extração por solvente**

O método de extração por solvente, consiste na utilização de solventes orgânicos como hexano, benzeno, metanol, etanol, acetona, dentre outros, para extrair os óleos essenciais das fontes vegetais. Inicialmente, há a mistura do solvente com a matéria-prima vegetal e, em seguida, esta mistura é submetida a aquecimento até que atinja a temperatura de ebulição. Ao atingi-la, ocorre a ruptura dos tecidos vegetais e há a liberação do óleo essencial. O vapor do solvente é então arrastado até o condensador onde, sequencialmente, efetua-se a obtenção do óleo por evaporação do solvente (FILIPPIS, 2001; STEFFANI, 2003; STRATAKOS; KOIDIS, 2016; WOLFFENBUTTEL, 2010).

A extração por solvente requer alguns cuidados, como por exemplo a escolha ideal do solvente para que não haja possibilidade de reações que possam causar danos e interferências à qualidade do produto (PINHEIRO, 2003). Além disso, este método apresenta como aspecto negativo o custo envolvido para a remoção do solvente residual e a extração dos compostos não voláteis, tornando a sua aplicação restrita, normalmente sendo utilizado para determinados tipos de óleos instáveis quando submetidos a altas temperaturas (FILIPPIS, 2001).

#### **4.3.2.1.4. Prensagem a frio**

O método de prensagem a frio é caracterizado por realizar a prensa mecânica da matéria-prima vegetal a baixa temperatura, a fim de extrair o “suco” e o óleo essencial, que sequencialmente são separados por decantação, centrifugação ou destilação fracionada (BOUSBIA et al., 2009; FERHAT; MEKLATI; CHEMAT, 2007; LUPE, 2007; PINHEIRO, 2003; RASSEM; NOUR; YUNUS, 2016; REAL COMPANY, 2020; SILVEIRA et al., 2012; SIMÕES et al., 2003).

A prensagem a frio apresenta como vantagem a ausência de calor ou tratamento químico em sua operação, além de ser considerado como um método rápido, simples e com baixo custo de aplicação (SOVRANI; PEROSA; NOGUEIRA, 2015).

Geralmente este método é aplicado para a extração de óleos essenciais presentes em cascas e frutos cítricos, como mexerica, limão e laranja (STRATAKOS; KOIDIS, 2016; PINHEIRO, 2003).

#### **4.3.2.2. Métodos inovadores**

Os métodos convencionais, como visto anteriormente, apresentam desvantagem durante a extração de óleos essenciais, principalmente quanto às alterações químicas devido ao tempo de exposição a temperaturas elevadas, obtendo-se um produto de qualidade indesejada. Sendo assim, os novos métodos de extração são aplicados para que se obtenha um produto de qualidade desejada, com redução no tempo de extração e com menor impacto ambiental, uma vez que reduz o consumo energético, o uso de solvente e a emissão de CO<sub>2</sub> (EL-ASBAHANI et al., 2015; RASSEM; NOUR; YUNUS, 2016).

##### **4.3.2.2.1. Extração com fluido supercrítico**

O método de extração com fluido supercrítico, baseia-se na utilização e reciclagem de fluidos e sistemas de compressão/descompressão, ou seja, tem como princípio a solubilidade dos componentes orgânicos em fluidos supercríticos em relação à solubilidade dos mesmos em fluidos na fase vapor (FORNARI et al., 2012; SERAFINI et al., 2002).

Diferentes tipos de solventes supercríticos podem ser utilizados neste método, como metano, etano, etileno, contudo, o mais usual é o CO<sub>2</sub> já que apresenta como característica a facilidade de separação do soluto, além de ser atóxico, não inflamável, ser de tecnologia limpa e apresentar um custo relativamente baixo (LEAL, 2008; POURMORTAZAVI; HAJIMIRSADEGHI, 2007; ROZZI et al., 2002; STEFFANI, 2003).

Este método apresenta como vantagem a obtenção de óleos essenciais de qualidade elevada, já que seus compostos termos-sensíveis são preservados devido à aplicação de baixas temperaturas, além de não promover resíduos de solvente e sólidos no produto sendo, portanto, largamente utilizado nas indústrias alimentícias e farmacêuticas (LEAL, 2008; PINHEIRO, 2003; SARTOR, 2009; SERAFINI et al., 2002)

Todavia, nota-se algumas desvantagens quanto ao seu uso, já que necessita-se de investimentos significativos em equipamentos, instalações e manutenções, como também o evidente grau de risco quanto às altas pressões aplicadas no processo (CAO; XIAO; XU, 2007; FORNARI et al., 2012; GENG et al., 2007; GOMES; MATA; RODRIGUES, 2007; GUAN et al., 2007; KOTNIK; ŠKERGET; KNEZ, 2007; SARTOR, 2009 SERAFINI et al., 2002).



#### **4.3.2.2.2. Extração assistida por ultrassom**

O método de extração assistida por ultrassom possibilita a extração seletiva dos óleos essenciais e acelera sua extração quando combinado a outros métodos, como por exemplo a hidrodestilação e a extração com solvente (ASSAMI et al., 2012; SERESHTI et al., 2012). Neste método, a matéria-prima vegetal é submersa em água ou solvente e, simultaneamente, passa pela ação das ondas do ultrassom (20 kHz -1 MHz), o que induz as paredes e membranas da matéria-prima vegetal a serem facilmente destruídas e liberarem os óleos essenciais, os quais são facilmente extraídos por difusão e lavagem (VINATORU, 2001; CAMERON; MCMASTER; BRITZ, 2009).

Este método, embora apresente-se com custo de investimento alto quando comparado aos demais métodos, tem como vantagem a elevação no rendimento, a redução do tempo de operação, assim como reduções no uso de solventes orgânicos e de efeitos nos compostos extraídos (VILKHU et al., 2008; VINATORU, 2001; STRATAKOS; KOIDIS, 2016). Além disso, ele tem sido aplicado para extração de óleos essenciais de sementes (ASSAMI et al., 2012; SERESHTI et al., 2012).

#### **4.3.2.2.3. Extração por micro-ondas sem solvente**

O método de extração por micro-ondas sem solvente é caracterizado por realizar a destilação a seco da matéria-prima vegetal através de micro-ondas à pressão atmosférica (BAYRAMOGLU; SAHIN; SUMNU, 2008; FILLY et al., 2014; LUCCHESI; CHEMAT; SMADJA, 2004). Dessa forma, o aquecimento da matéria-prima vegetal faz com que o seu tecido extravase e se rompa liberando os óleos essenciais ali existentes, sendo evaporados e destilados junto da água já existente no vegetal (LI et al., 2013).

Este método proporciona a redução do tempo de extração frente aos métodos convencionais, maior rendimento e seletividade e baixo custo operacional (CHAN et al., 2011; EL-ASBAHANI, 2015; FARHAT et al., 2010; LOPEZ-AVILA; YOUNG; BECKERT, 1994; TOMANIOVA et al., 1998).

#### **4.3.2.2.4. Hidrodifusão e gravidade por micro-ondas**

Neste método, a matéria-prima vegetal é disposta em um reator de micro-ondas reverso sem que haja adição de água ou solvente. Dessa forma, com o aquecimento da matéria-prima vegetal, há o aquecimento da água nela contida e, conseqüentemente, há a distensão das células

levando ao rompimento e à liberação dos óleos essenciais e água, que sob ação da gravidade, são movidos até o sistema de resfriamento (VIAN et al., 2008).

Este método apresenta como vantagem a redução do tempo de extração, o menor impacto ambiental, uma vez que não há a geração de resíduos e não se faz uso de água ou solvente, além de ser econômico (CHEMAT et al., 2006; VIAN et al., 2008).

#### **4.3.2.2.5. Extração por queda de pressão controlada instantânea**

O método de extração por queda de pressão controlada instantânea principia-se na queda significativa da pressão a vácuo, ocasionando um fenômeno rápido de autovaporização das partículas voláteis. A matéria vegetal é colocada inicialmente sob vácuo e, em seguida, há a aplicação de banho de vapor sob temperatura e pressão estabelecidas. Sequencialmente, há a aplicação do vácuo e a aplicação da pressão atmosférica. Os óleos essenciais são então recuperados como óleos estáveis em emulsão aquosa (ALLAF et al., 2012).

Este método pode proporcionar maior rendimento, qualidade e rapidez, além de minimizar os níveis de energia e uso de água (BERKA-ZOUGALI et al. 2010; REZZOUG, BOUTEKEDJIRET; ALLAF, 2005).

Dessa forma, nota-se que para a extração dos óleos essenciais há uma variedade de métodos disponíveis, todavia, estes métodos devem ser escolhidos de acordo com a matéria-prima vegetal utilizada, a quantidade de óleo que se deseja extrair, a matriz da qual se extrairá o óleo, o composto que se pretende obter e também o custo envolvido (SIMÕES et al., 2003; STRATAKOS; KOIDIS, 2016). Além disso, ressalta-se que, para uma matéria-prima vegetal, a utilização de diferentes tipos de método de extração podem resultar em um extrato com composição química diferente (CASSEL et al., 2009; WOLFFENBUTTEL, 2010).

Sendo assim, a escolha equivocada sobre o método de extração do óleo essencial pode interferir significativamente em sua qualidade, proporcionando alterações químicas, como por exemplo a perda de bioatividade e alterações na coloração, odor, sabor e viscosidade dos mesmos (TONGNUANCHAN; BENJAKUL, 2014).

#### **4.4. Aplicação de óleos essenciais em alimentos**

A aplicação dos óleos essenciais como conservantes naturais tem ganhado destaque para a realização do controle microbiológico, uma vez que reduz o uso de aditivos, controla a contaminação dos alimentos contra patógenos e deteriorantes e proporciona aumento da vida de prateleira (OUSSALAH et al. 2004; PROESTOS; SERELI; KOMAITIS, 2006;

TAJKARIMI; IBRAHIM; CLIVER, 2010; ZINOVIADOU; KOUTSOUMANIS; BILIADERIS, 2009).

Sabe-se que alimentos estão propensos a sofrerem alterações, sejam elas causadas por microrganismos, os quais proporcionam alterações químicas, físicas e biológicas, além de ocasionar potenciais riscos à saúde da população, ou por ações oxidativas, as quais ocasionam alterações indesejáveis quanto a cor, sabor, aroma e textura do alimento (FRANCO, LANDGRAF, 2006; RIBEIRO, SERAVALLI, 2007).

Atualmente existem inúmeros antimicrobianos e antioxidantes sintéticos disponíveis no mercado, todavia, eles são alvos de questionamento quanto à sua inocuidade. Sendo assim, há uma crescente busca em relação aos aditivos naturais (CACHO et al. 2016; CAMPOS et al., 2016; MALLETT, 2011; MATHAVI et al., 2013; SOUZA et al., 2007; WURTZEN, 1990).

Portanto, espécies vegetais ricas em óleos essenciais são alvos de estudos e aplicações na indústria de alimentos como uma alternativa promissora para substituição dos conservantes sintéticos nos alimentos, pois podem conferir sabor e aroma, possibilitar efeitos conservantes devido às propriedades antioxidantes e antimicrobianas, além de serem considerados seguros pela *Food And Drug Administration* (FDA) (CACHO et al. 2016; OUSSALAH et al. 2007; PETER, 2004; ZINOVIADOU; KOUTSOUMANIS; BILIADERIS, 2009; SALGADO et al., 2013; SILVESTRI et al., 2010).

Aproximadamente 3.000 óleos essenciais são conhecidos, embora apenas cerca de 300 são importantes a nível comercial (FALLEH et al., 2020). Os óleos geralmente reconhecidos como seguros (GRAS) pela *Food And Drug Administration* (FDA) encontram-se descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Óleos essenciais geralmente reconhecidos como seguros pela *Food and Drug Administration* (FDA).

<b>Nome popular</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Família</b>
Alecrim	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae
Baga de zimbros	<i>Juniperus communis</i>	Cupressaceae
Camomila romana	<i>Anthemis nobilis</i>	Asteraceae
Canela chinesa	<i>Cinnamomum cassia</i>	Lauraceae
Canela verdadeira	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Lauraceae
Capim limão	<i>Cymbopogon flexuosus</i>	Poaceae
Coentro	<i>Coriandrum sativum</i>	Apiaceae
Cominho	<i>Cuminum cyminum</i>	Apiaceae

Tabela 3 – Óleos essenciais geralmente reconhecidos como seguros pela *Food and Drug Administration* (FDA). (continuação).

<b>Nome popular</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Família</b>
Cravo da Índia	<i>Eugenia caryophyllata</i>	Myrtaceae
Erva cidreira	<i>Melissa officinalis</i>	Lamiaceae
Erva doce	<i>Foeniculum vulgare</i>	Apiaceae
Gengibre	<i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae
Hortelã pimenta	<i>Mentha piperita</i>	Lamiaceae
Hortelã verde	<i>Mentha spicata</i>	Lamiaceae
Ilangue ilangue	<i>Cananga odorata</i>	Annonaceae
Laranja azeda	<i>Citrus aurantium</i>	Rutaceae
Laranja bergamota	<i>Citrus bergamia</i>	Rutaceae
Laranja doce	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae
Limão siciliano	<i>Citrus limon</i>	Rutaceae
Limão tahiti	<i>Citrus aurantifolia</i>	Rutaceae
Malva cheirosa	<i>Pelargonium graveolens</i>	Geraniaceae
Manjeriço	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae
Manjerona	<i>Origanum majorana</i>	Lamiaceae
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	Lamiaceae
Pimenta preta	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae
Sálvia	<i>Salvia sclarea</i>	Lamiaceae
Tangerina	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae
Tomilho	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae
Toranja	<i>Citrus paradisi</i>	Rutaceae

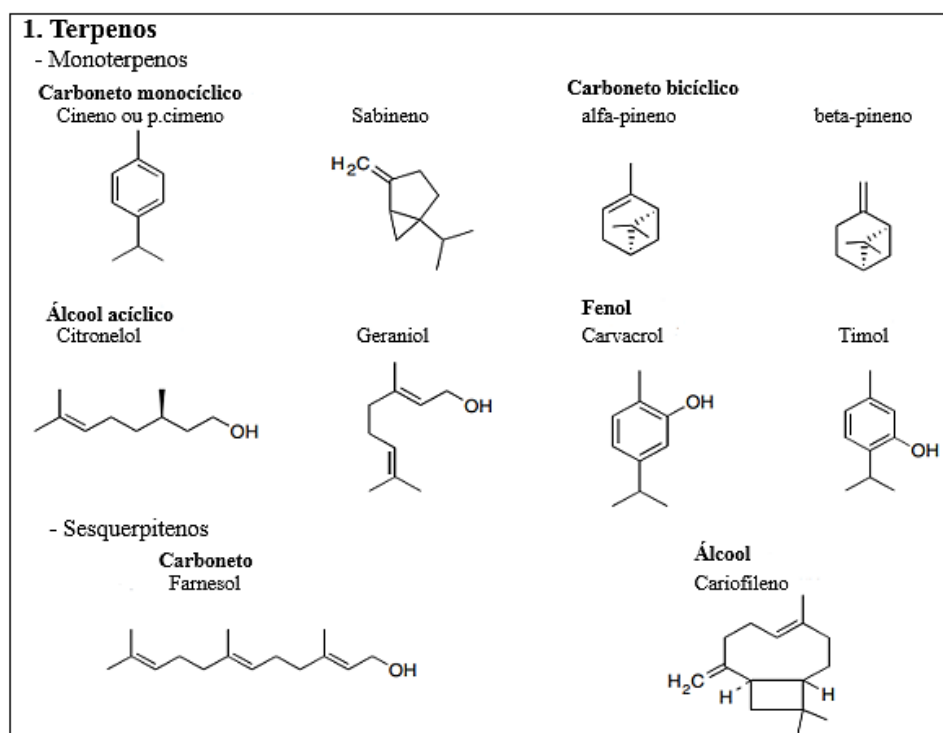
Fonte: (FDA, 2022).

Os óleos essenciais podem ser aplicados nos alimentos de diferentes maneiras, como, por exemplo, a aplicação direta como ingrediente da fórmula, nas embalagens que o compõe com ação de componente ativo e funcional e também como revestimentos comestíveis (JU et al., 2018; JU et al., 2019).

#### 4.5. Princípios ativos dos óleos essenciais

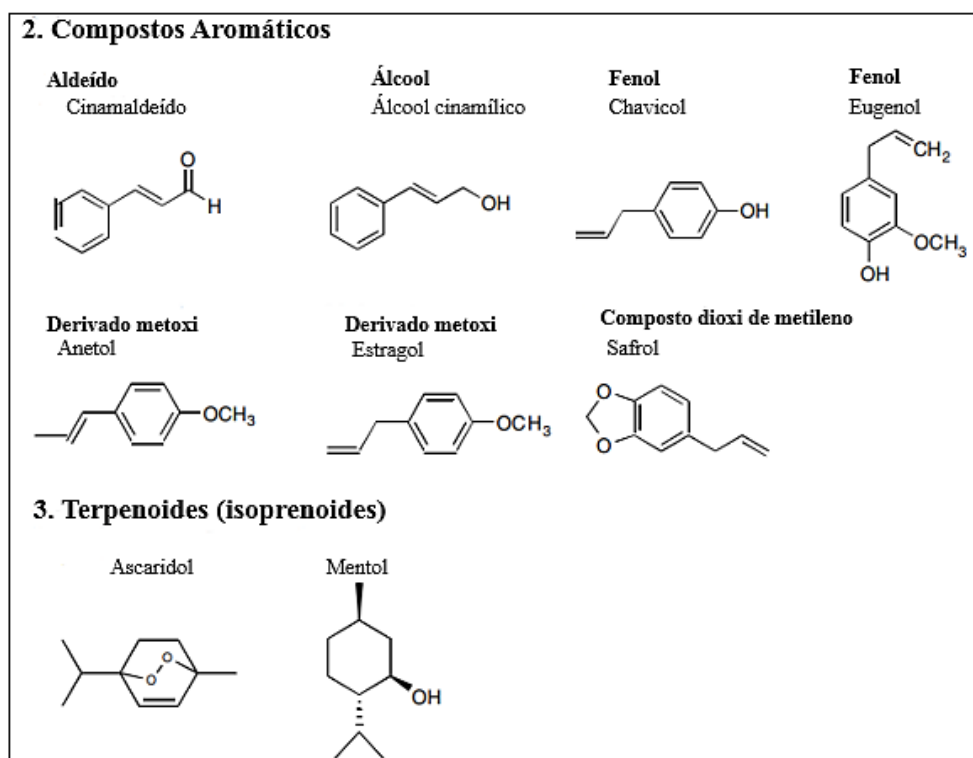
Os compostos dominantes nos óleos essenciais abrangem dois grupos, os quais possuem origem biosintética distinta, sendo o principal grupo composto pelos terpenos e terpenóides e o outro grupo constituído por compostos aromáticos e alifáticos, conforme ilustrado na Figura 15 e na Figura 16 (BAKKALI et al., 2008; BETTS, 2001; BOWLES, 2003; CROTEAU; KUTCHAN; LEWIS, 2000; TONGNUANCHAN; BENJAKUL, 2014).

Figura 15 – Estruturas químicas de componentes dos óleos essenciais.



Fonte: (BAKKALI et al., 2008).

Figura 16 – Estruturas químicas de componentes dos óleos essenciais.



Fonte: (BAKKALI et al., 2008).

Os óleos essenciais podem conter de 20 a 60 componentes químicos em concentrações distintas, sendo a proporção de componentes majoritários entre 20 a 70% (BAKKALI et al., 2008; OUSSALAH et al., 2007). Normalmente, tais componentes majoritários determinam as propriedades biológicas dos óleos essenciais, todavia, efeitos sinérgicos entre vários componentes que os constituem também podem ser responsáveis por suas propriedades biológicas (BAKKALI, et al., 2008; DORMAN; DEANS 2000).

#### 4.5.1. Terpenos e terpenóides

Os terpenos apresentam em sua estrutura a combinação de unidades com 5 carbonos e uma dupla ligação entre carbonos, o que os caracterizam como hidrocarbonetos insaturados (KITAOKA et al., 2015; MCMURRY; MATOS, 2011). Quando os terpenos apresentam em sua estrutura um oxigênio, passam para a denominação de terpenóides, apresentando, por consequência, diferentes funções como ácidos, álcoois, aldeídos, cetonas, éteres, fenóis ou epóxidos terpênicos, por exemplo (BAKKALI et al., 2008; FELIPE; BICAS, 2017).

Estes compostos podem estar presentes em espécies vegetais como bergamota, citronela, coentro, eucalipto, zimbro, capim-limão, hortelã, laranja, hortelã-pimenta, alecrim, sálvia, tomilho, dentre outros (BAKKALI et al., 2008).

#### **4.5.2. Compostos aromáticos**

Os compostos aromáticos ocorrem com menor frequência quando comparados aos terpenos e terpenóides. Estes compostos são oriundos dos fenilpropanos e podem apresentar funções orgânicas distintas como funções de álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos, fenóis, éteres e ésteres (BAKKALI et al., 2008; PAVELA, 2015).

Estes compostos são encontrados em fontes vegetais como anis, canela, cravo, erva-doce, noz-moscada, salsa, dentre outras (BAKKALI et al., 2008).

#### **4.6. Óleos essenciais com potencial ação antimicrobiana**

Os óleos essenciais possuem amplo espectro microbiano, possuindo ação contra bactérias Gram positivas, Gram negativas, bolores e leveduras (BERTINI et al., 2005; SILVA; SÁ; PASSOS, 2012).

A atividade antimicrobiana presente nos óleos essenciais relaciona-se à presença de compostos como álcoois, aldeídos e fenóis, e também ao sinergismo de seus diferentes componentes (BASSOLÉ; JULIANI, 2012; BAKKALI et al., 2008; CEYLAN; FUNG, 2004; FALLEH et al., 2020; PANDEY et al., 2017; RAHMAN; KANG, 2009; RAUT; KARUPPAYIL 2014; RUNYORO et al., 2010).

Entretanto, a efetividade antimicrobiana poderá variar, uma vez que dependem de fatores como a espécie botânica de extração, a concentração utilizada, o tipo e a concentração do microrganismo alvo e, até mesmo, a composição do substrato (MARINO; BERSANI; COMI, 2001; OZCAN; ERKMEN, 2001; RIBEIRO-SANTOS et al., 2018; SPISNI et al., 2020).

A aplicação dos óleos essenciais como antimicrobianos naturais tem ganhado destaque para realização do controle microbiológico, uma vez que reduz o uso de aditivos, controla a contaminação dos alimentos contra patógenos e deteriorantes e também proporciona um aumento da vida de prateleira (LIU et al., 2017; TAJKARIMI; IBRAHIM; CLIVER, 2010).

Suas atividades antimicrobianas são reconhecidas, todavia, o mecanismo de ação ainda não está totalmente elucidado. Estudos apontam que o mecanismo de ação dos óleos essenciais frente às bactérias relaciona-se à sua natureza hidrofóbica que promove a degradação e/ou

alteração da permeabilidade e integridade da membrana celular e, conseqüentemente, comprometem as funções celulares, como a regulação metabólica e a manutenção energética (BECERRIL; NERÍN; SILVA, 2020; DORMAN; DEANS,2000; LAMBERT et al., 2001; NAZZARO et al., 2013; PETER, 2004).

Em relação aos fungos, os óleos essenciais afetam as barreiras de proteção dos esporos ou impem a sua formação, o que, conseqüentemente, promove o desenvolvimento anormal e/ou o rompimento dos tubos germinativos (BECERRIL; NERÍN; SILVA, 2020; DANTIGNY; NANGUY; KRYACHKO; VANQUICKENBORNE, 2009).

O antimicrobiano considerado como ideal deve apresentar amplo espectro de ação, baixa ou nula toxicidade, além de baixo custo e baixo índice de resistência bacteriana (ALVARENGA et al., 2007).

A partir de análises de estudos, a aplicação dos óleos essenciais nos alimentos tem se demonstrado eficaz quanto aos seus efeitos antimicrobianos em diferentes matrizes alimentares e para diferentes tipos de microrganismos, conforme contemplado na Tabela 4.

Tabela 4 – Aplicação direta dos óleos essenciais em alimentos com efeito antimicrobiano.

Matriz	Óleo essencial	Nome científico	Local de obtenção	Concentração de óleo essencial	Propriedade biológica	Inibição	Referência
Queijo fresco	Orégano; gengibre	<i>Origanum vulgare</i> ; <i>Zingiber officinale</i>	N.I	20 µg/100 g	Antimicrobiana	Microrganismos mesófilos aeróbios	(PRESENT E, 2015)
Queijo minas frescal	Orégano	N.I	Goiânia	0,01% e 0,02%	Antimicrobiana	Coliformes totais, mesófilos, psicrotróficos e <i>Salmonella</i>	(FARIAS; RESENDE; PINTO, 2017)
Carne de ovino	Alfavacão ; cravo da índia	<i>Syzygium aromaticum</i> L.; <i>Ocimum gratissimum</i> L.	N.I	400 µL/g	Antimicrobiana	<i>Staphylococcus aureus</i>	(ALMEIDA et al., 2013)
Filmes ativos em maçãs minimamente processadas	Canela; Noz-moscada	<i>Cinnamomum Cassia</i> ; <i>Myristica fragrans</i>	Ferquima ® Ind. e Com. Ltda	0,15% e 0,30%	Antimicrobiana e antioxidante	<i>Escherichia coli</i> e <i>Penicillium commune</i>	(SANTOS, 2016)



Tabela 4 – Aplicação direta dos óleos essenciais em alimentos com efeito antimicrobiano. (Continuação).

Hambúrguer de carne bovina	Estragão	<i>Artemisia dracunculus</i>	Shahrekor d, Irã	0,062%, 0,125% e 0,25%	Antimicrobiana	<i>Staphylococcus aureus</i>	(SHARAF ATI CHALESH TORI, et al., 2014)
Bolo recheado com creme	Canela	<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	Zardband Company ®, Teerã, Irã	1 µL/g de bolo	Antimicrobiana	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Candida albicans</i> e <i>Bacillus cereus</i>	(VAZIRIAN, et al., 2015)

N.I – Não informado.

Fonte: A autora.

Presente (2015) relatou que, com apenas o uso individual de óleos essenciais de orégano e gengibre em queijos frescos, promoveu-se um aumento de vida de prateleira de até uma semana a mais, uma vez que esta adição proporcionou o efetivo controle de microrganismos mesófilos aeróbios. O autor também relatou que a adição do óleo essencial de orégano apresentou boa aceitação sensorial, diferentemente do ocorrido para o óleo essencial de gengibre puro ou misturado. Dessa forma, nota-se que a adição de óleo essencial de orégano ao queijo frescal pode ser aplicada para uma melhor conservação do produto.

Farias, Resende e Pinto (2017) também realizaram estudos sobre a aplicação de óleo essencial de orégano em queijo frescal. Eles avaliaram que as contagens de coliformes totais e psicrotróficos se mantiveram dentro dos padrões estipulados pela legislação durante todo tempo de estudo (21 dias). Para as amostras com adição de óleo essencial, foi possível observar uma menor contagem para coliformes totais, mesófilos e psicrotróficos quando comparados à amostra controle, que não apresentava adição de óleo essencial. Isso indicou, portanto, que a adição do óleo essencial em queijos frescos apresenta-se com importante potencial de conservação natural.

Almeida et al. (2013) observaram que a adição de óleo essencial de cravo da Índia e óleo essencial de alfavacão em carne moída de ovino proporcionou atividade antimicrobiana contra o *Staphylococcus aureus*. Além disso, foi possível observar que os efeitos antimicrobianos foram potencializados durante a progressão do tempo de exposição. Os autores também relataram que óleo de cravo da Índia obteve maior efetividade do que quando utilizado o óleo essencial de alfavacão.

Os óleos essenciais também podem ser adicionados a filmes incorporados aos alimentos, conforme observado no estudo de Santos (2016). Neste estudo, foi possível verificar a efetividade da adição de óleo essencial de canela e também de noz moscada na produção de filmes ativos comestíveis aplicados em maçãs minimamente processadas. Notou-se que a partir do 4º dia de armazenamento, houve a redução da contaminação por *Escherichia coli* para valores dentro dos permitidos pela legislação. Além disso, Santos (2016) relatou que no decorrer de nove dias de armazenagem, os filmes com adição de óleo essencial de canela e noz moscada demonstraram uma redução quanto à contagem de *Penicillium commune*.

Outro ponto importante relatado pelo autor foi a potencial ação antioxidante ocasionada pela adição dos óleos essenciais, uma vez que reduziram a velocidade de reação de escurecimento enzimático, ao proporcionarem sua liberação gradual na superfície do produto. Portanto, nota-se que a aplicação dos óleos essenciais para filmes ativos comestíveis proporciona o aumento da vida útil, qualidade e segurança dos minimamente processados.

Sharafati Chaleshtori et al., (2014) avaliaram a adição de 0,25% e de 0,125% de óleo essencial de estragão em hambúrgueres de carne bovina e relataram que, após o período de 24 horas, houve a redução na contagem de células viáveis. Além disso, observaram que após 6 dias de armazenagem registrou-se uma diminuição de *Staphylococcus aureus*, o que foi relatado e confirmado por outros trabalhos.

A adição do óleo essencial de estragão a 0,125% foi a que demonstrou melhor aceitabilidade sensorial; em contrapartida, a adição de 0,25% de óleo essencial de estragão obteve maior redução de *Staphylococcus aureus*, mas sua aceitabilidade sensorial se demonstrou inferior, sendo, portanto, um fator limitante para sua aplicação.

No estudo realizado por Vazirian et al. (2015), utilizou-se o óleo essencial de canela em bolos recheados com creme para avaliar a ação antimicrobiana por difusão em disco contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Bacillus cereus* e *Salmonella typhimurium*. Pôde ser observado que, com a adição de 0,5 µL/mL de óleo essencial de canela houve ação antimicrobiana contra todos os microrganismos testados, com exceção do *Staphylococcus aureus*. Além disso, com a adição de 1 µL/mL do óleo essencial de canela, os autores verificaram a redução de 99,9% na contagem microbiana de todos os microrganismos (exceto para *Staphylococcus aureus*).

Vazirian et al. (2015) relataram que 3 dias após o cozimento, os bolos com adição de óleo essencial de canela não apresentaram colônias de microrganismo observáveis; contudo, para a amostra controle foi possível realizar a contagem de patógenos. Dessa forma, tais

resultados apontam que o uso de óleo essencial de canela é uma alternativa para o uso na conservação de bolos recheados com creme prolongando a sua vida de prateleira.

Dessa forma, nota-se através dos estudos apresentados que há um grande potencial envolvido na utilização dos óleos essenciais para realizar a inibição de crescimento microbiano nos alimentos, sendo, portanto, um campo vasto para pesquisas, pouco elucidado, indicando a possibilidade de desenvolvimento de inúmeros estudos de aplicações de diferentes óleos essenciais em diferentes alimentos.

#### **4.7.Óleos essenciais com potencial ação antioxidante**

As alterações dos alimentos acontecem geralmente devido à presença de microrganismos, todavia, elas podem também ocorrer devido à oxidação lipídica, onde há a interação dos ácidos graxos insaturados dos alimentos com o oxigênio presente tanto em sua matriz quanto no ambiente, resultando na formação de radicais peróxidos, que são radicais livres que vão oxidar outras moléculas de lipídeos. Ocorre, portanto, uma diminuição na qualidade nutricional, o surgimento de efeitos indesejáveis quanto aos aspectos sensoriais como a cor, o sabor, o aroma e a textura, e a formação de moléculas potencialmente tóxicas, uma vez que são formados radicais livres que, quando em excesso, podem ocasionar efeitos danosos ao organismo. Com isso, para realizar a redução deste processo oxidativo, faz-se o uso de substâncias antioxidantes sintéticas ou naturais (RIBEIRO, SERAVALLI, 2007; FERRARI, 1998; FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2010; FRANKEL 2014; MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007; MÁRQUEZ-RUIZ; GARCÍA-MARTÍNEZ; HOLGADO, 2008; MCCLEMENTS; DECKER, 2000; PRAKASH et al., 2015).

Os antioxidantes são substâncias capazes de inibirem e/ou reduzirem a oxidação nos alimentos através da suspensão das reações em cadeia de oxidação, ou seja, quando os antioxidantes são submetidos a interações com os radicais livres, os quais são formados por um ou mais elétrons desemparelhados, independentes e altamente reativos, os antioxidantes transferem um átomo de hidrogênio aos radicais livres e, conseqüentemente, os estabiliza, tornando-os de baixa reatividade e, por conseqüência, há a interrupção da cadeia lipoperoxidativa (ANDRÉ et al. 2010; AMORATI; FOTI; VALGIMIGLI, 2013; FELLEBERG; SPEISKY, 2006; ROY et al., 2015; ALI *et al.*, 2008; VALENZUELA et al., 2003).

Vários óleos essenciais, assim como seus compostos isolados, apresentam atividade antioxidante natural reconhecida na literatura, uma vez que tal atividade proporciona alimentos protegidos da oxidação, sendo, portanto, possível prolongar a estabilidade dos alimentos, além

de apresentarem baixa toxicidade, tornando-se substitutos promissores aos antioxidantes sintéticos (BOZIN, et al., 2006; DJABOU et al., 2013; HUSSAIN et al., 2008; KHAJEH et al., 2005; MIMICA-DUKIC et al., 2004; RUBERTO; BARATTA, 2000; SADEGHI et al., 2015).

O potencial antioxidante dos óleos essenciais pode variar, principalmente em relação à concentração e ao tipo de composição química que os constituem (BURT 2004; KOH et al., 2002, KORDALI et al., 2005). Entretanto, outro fator que pode interferir na capacidade da atividade antioxidante são os métodos de extração e os solventes utilizados (SARIKURKCU et al., 2010).

Os principais agentes com atividade antioxidante presentes nos óleos essenciais são os compostos fenólicos como o timol, eugenol e carvacrol, uma vez que estes podem doar átomos de hidrogênio aos radicais livres e estabilizá-los. Outros compostos dos óleos essenciais, como álcoois, éteres, cetonas, aldeídos e monoterpenos (linalol, 1,8-Cineol, geranial/neral, citronelal, isomentona, mentona), também possuem atividade antioxidante (SOUZA et al., 2019; RODRÍGUEZ-GARCIA et al., 2016; KUMAR et al., 2005; NGUYEN; KRYACHKO; VANQUICKENBORNE, 2003). Além disso, a ação antioxidante dos óleos essenciais pode ocorrer devido aos efeitos sinérgicos entre seus compostos ativos (KELEN; TEPE, 2008).

Na Tabela 5, pode-se observar estudos onde houve a aplicação dos óleos essenciais nos alimentos com efeitos antioxidantes em diferentes matrizes alimentares.

Tabela 5 – Aplicação direta dos óleos essenciais em alimentos com efeito antioxidante.

Matriz	Óleo essencial	Nome científico	Local de obtenção	Concentração de óleo essencial	Propriedade biológica	Referência
Linguça fresca de frango	Cravo-da-índia; pimenta-da-jamaica	<i>Eugenia caryophyllata</i> ; <i>Pimenta dioica</i>	N.I	10 µL/g e 40 µL/g	Antioxidante	(OLIVEIRA, 2017)
Carne moída	Tomilho; cravo da índia	<i>Thymus sp</i> ; <i>Syzygium aromaticum</i>	Departamento de Engenharia de Alimentos, Instituto de Tecnologia de Izmir, Urla, Turquia	N.I	Antioxidante	(ZENGIN; BAYSAL, 2015)

Tabela 5 – Aplicação direta dos óleos essenciais em alimentos com efeito antioxidante. (Continuação).

Bebida láctea fermentada	Cravo-da-índia	<i>Syzygium aromaticum</i>	N.I	2 µl/ml	Antioxidante	(GONÇALVES et al., 2018)
Carne picada	Alecrim; sálvia e orégano	<i>Rosmarinus officinalis;</i> <i>Salvia officinalis</i> e <i>Origanum vulgare</i>	Konya, Turquia	2%(p/p)	Antioxidante	(ÜNAL; BABAÖGLU; KARAKAYA, 2014)
Carne de peito de frango moída	Orégano	<i>Origanum vulgare subsp. Hirtum</i>	Turquia	100 ppm, 300ppm e 400 ppm	Antioxidante	(AL-HIJAZEEN et al., 2016)
Bolo	Coentro	<i>Coriandrum sativum L</i>	Karaj, Irã	0,01 e 0,02% (p/p de óleo)	Antioxidante e antifúngica	(DARUGHE; BARZEGAR; SAHARI, 2012)

N.I – Não informado.

Fonte: A autora.

Oliveira (2017) realizou a adição do óleo essencial de pimenta-da-jamaica e cravo-da-índia em linguiça frescal de frango. Notou-se que a adição destes óleos essenciais proporcionou às amostras menores níveis de oxidação lipídica, além de uma redução da oxidação durante 21 dias de armazenamento, garantindo a estabilidade do alimento. Portanto, o autor relatou que os óleos essenciais de pimenta-da-jamaica e cravo-da-índia apresentam potencial ação antioxidante em linguiça frescal de frango, sendo esta, portanto, uma alternativa natural para conservação de produtos cárneos.

Para carne moída, o estudo realizado por Zengin e Baysal (2015) mostrou que os óleos essenciais de cravo e tomilho adicionados ao produto ajudaram a reduzir o índice de oxidação lipídica secundária em relação ao controle, durante os nove dias de armazenamento. Sendo assim, os autores relataram que a incorporação de óleo essencial de cravo e de tomilho à carne moída é efetiva para a inibição da oxidação lipídica durante o armazenamento a 4°C.

Segundo Gonçalves et al. (2018), a adição de óleo essencial de cravo-da-índia em bebida láctea fermentada demonstrou efetiva atividade antioxidante. O óleo essencial conferiu ao produto elevada atividade antioxidante durante o período de duas semanas, permitindo, portanto, a conservação e a estabilidade da bebida láctea fermentada, de forma a estender sua vida de prateleira.

Ünal, Babaoglu e Karakaya (2014) demonstraram que a adição de óleos essenciais de orégano, sálvia e alecrim aumentaram a atividade antioxidante em carne picada. Os autores também constataram que o tratamento com o óleo essencial de orégano apresentou maior atividade antioxidante que os demais óleos no 10º dia e, além disso, demonstrou valores de índice de oxidação lipídica secundária reduzidos nas amostragens do 1º, 4º, 7º e 10º dia. Constatou-se que de forma geral, os óleos essenciais de orégano, alecrim e sálvia demonstraram-se promissores quanto à sua atividade antioxidante, uma vez que reduziram a oxidação lipídica e prolongaram a vida de prateleira da carne picada durante o armazenamento sob refrigeração.

Al-Hijazeen et al. (2016) observaram a potencial ação do óleo essencial de orégano em carne moída de frango crua e cozida. No experimento foi possível observar que a adição do óleo essencial proporcionou a redução dos valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), concordando com os demais estudos. Adições acima de 100 ppm proporcionou uma melhora na estabilidade da cor da carne crua e a diminuição de voláteis desagradáveis em carne cozida. Todavia, os autores observaram que o uso de 300 a 400 ppm proporcionou melhor efeito antioxidante, sendo que níveis acima destes podem potencializar seu efeito antioxidante, em contrapartida, valores acima de 400 ppm podem acarretar danos sensoriais. Sendo assim, os autores apontaram o uso de óleo essencial de orégano como potencial substituto dos antioxidantes sintéticos para carnes cruas e cozidas durante seu armazenamento.

Darughe, Barzegar e Sahari (2012) avaliaram a adição de óleo essencial de coentro para massas de bolos. Neste estudo, a adição de óleo essencial à massa de bolo proporcionou alterações nos valores primários de oxidação lipídica e nos valores de índice de oxidação lipídica secundária (TBA), sendo sua atividade antioxidante significativa. Seu efeito foi comparado à atividade de um antioxidante sintético como o BHA a 0,02%. Além disso, o óleo essencial de coentro na concentração de 0,15% apresentou a melhor atividade antifúngica, o que pode ser justificado devido a sua composição de terpenos e compostos terpenóides. Além disso, os autores relataram que a adição de 0,05% de óleo essencial à massa de bolo foi sensorialmente aceita, todavia, concentrações de 0,10 e 0,15% não obtiveram aceitabilidade. Portanto, os autores apontaram que o óleo essencial de coentro adicionado à massa de bolo como um potencial antioxidante e antifúngico natural para alimentos, são promissores, principalmente para alimentos com elevados teores de lipídios.

Desta maneira, torna-se possível perceber que assim como a ação antimicrobiana, os óleos essenciais possuem promissoras ações antioxidantes em diferentes tipos de alimentos que ainda podem ser exploradas e desenvolvidas.

#### **4.8. Encapsulação como alternativas para aplicação dos óleos essenciais**

A aplicação dos óleos essenciais aos alimentos, embora se demonstre promissora, se depara com alguns fatores limitantes. Um destes fatores relaciona-se à sua composição, pois, uma vez que se caracterizam por serem formados por misturas complexas de substâncias voláteis, podem sofrer dissipação facilmente, resultando em uma significativa perda de função. Outro fator limitante relaciona-se à significativa perda de função devido à possibilidade de sofrerem oxidação quando expostos a fatores como luz, oxigênio e temperaturas elevadas (BENJEMAA et al., 2018; BARROS FERNANDES; BORGES; BOTREL, 2014; EL-ASBAHANI et al., 2015; GONÇALVES et al., 2017; TUREK; STINTZING, 2013).

Além disso, os óleos essenciais podem apresentar interações indesejáveis com o alimento, baixa solubilidade em água e alterações quanto aos aspectos sensoriais como cor e sabor, o que, por sua vez, podem gerar dificuldades na aceitabilidade do produto pelos consumidores, contribuindo como um fator limitante de seu uso (BUSATTA et al., 2008; GHOSH; MUKHERJEE; CHANDRASEKARAN, 2013; SI et al., 2006; SMITH – PALMER; STEWART; FYFE, 2001; WEISS; SCHERZE; MUSCHIOLIK, 2005).

Dessa forma, para o emprego dos óleos essenciais como ingredientes nos alimentos, torna-se, muitas das vezes, necessária a aplicação de tecnologias que permitam a estabilidade das características iniciais e desejáveis do alimento, assim como as atividades e funções bioativas desejáveis dos óleos essenciais. Sendo assim, uma alternativa utilizada atualmente para alcançar esses objetivos é o uso das várias formas de encapsulação dos óleos essenciais (CHAMPAGNE; FUSTIER, 2007; FANG; BHANDARI, 2010).

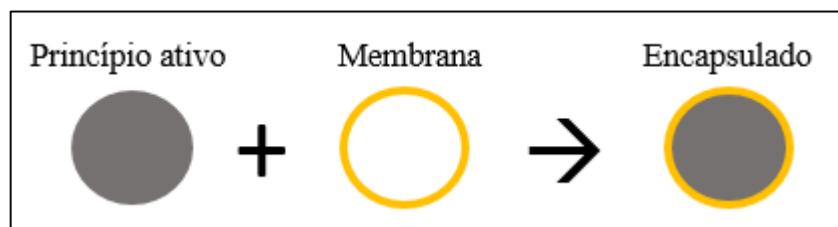
A encapsulação é caracterizada por ser um processo onde há o aprisionamento de uma substância em uma matriz carreadora, seja ela natural ou sintética, concedendo às substâncias aprisionadas a capacidade de se estabilizarem na presença de oxigênio, luz, temperaturas elevadas e umidade, liberarem gradualmente a substância encapsulada no alimento, reduzirem a volatilização, facilitarem a solubilidade, aumentarem a biodisponibilidade e protegerem ou mascararem características indesejáveis (BLANCO-PADILLA et al., 2014; CHAMPAGNE; FUSTIER, 2007; EL-ASBAHANI et al., 2015; FANG; BHANDARI, 2010; FAVARO-TRINDADE; PINHO; ROCHA, 2008; JINGOU et al., 2011; LIU et al., 2019; OZKAN et al.,

2019; PASUKAMONSET; KWON; ADISAKWATTANA, 2016; RAILEANU et al., 2013; SANTOS, 2016; TOURÉ et al., 2011; ZHANG et al., 2014).

A encapsulação também possibilita a melhora no aspecto visual e atribui valor agregado ao produto encapsulado (JEYAKUMARI; ZYNUDHEEN; PARVATHY, 2016; MISHRA, 2015).

No processo de encapsulação, a substância ativa é denominada como núcleo e este é envolvido por uma membrana fina, designada como agente encapsulante, normalmente formado por material polimérico, o qual permite a passagem do princípio ativo e proporciona a proteção do mesmo, conforme ilustrado na Figura 17 (BANSODE; BANARJEE; THORAT, 2010; UMER et al., 2011).

Figura 17 – Processo de encapsulação.



Fonte: A autora.

Geralmente, a encapsulação é realizada por meio de microencapsulação e nanoencapsulação, uma vez que o tamanho da partícula se trata de um fator de relevância, pois tem a capacidade de interferir nas características funcionais da encapsulação (FERY; WEINKAMER, 2007). A diferença entre a microencapsulação e a nanoencapsulação está no tamanho da cápsula, sendo que na microencapsulação as partículas apresentam o tamanho entre 1 a 100  $\mu\text{m}$  e no processo de nanoencapsulação as partículas variam seu tamanho entre 0,01 a 0,2  $\mu\text{m}$ , garantindo maior superfície de contato, levando a vantagens como maior biodisponibilidade, solubilidade e adsorção (BAHRAMI et al., 2020; ESFANJANI; JAFARI, 2016; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2013; JURIC, 2020).

#### 4.8.1. Técnicas de encapsulação

A encapsulação dos óleos essenciais tem se demonstrado como uma avançada tecnologia para proporcionar maior efetividade dos óleos essenciais aplicados aos alimentos (KUMARI et al., 2010; MAHAPATRO; SINGH, 2011; SILVA et al., 2020). Atualmente há diversos métodos disponíveis para realização da encapsulação destes óleos essenciais podendo



ser classificados conforme seu mecanismo de formação, sendo ele físico e químico (OZKAN et al., 2019; SAIFULLAH et al., 2019; TYAGI et al., 2011).

#### **4.8.1.1. Métodos físicos**

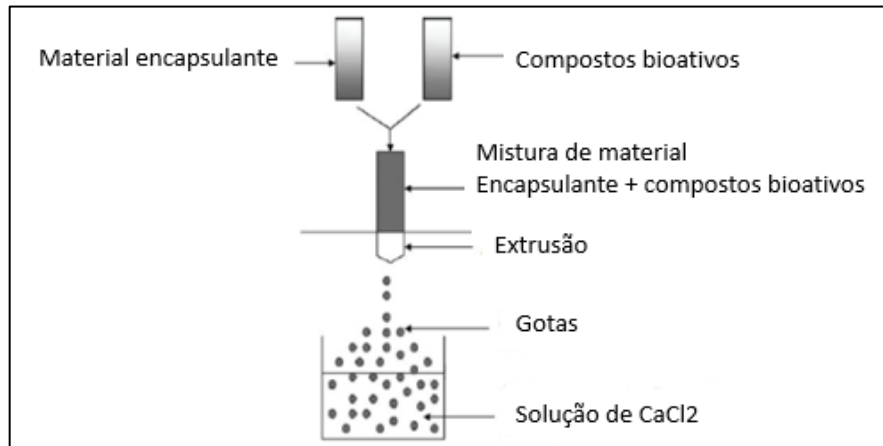
Neste método não há a reação de polimerização, uma vez que os materiais utilizados já são caracterizados como polímeros. Dessa forma, neste processo há apenas a formação da encapsulação de forma mecânica. Dentre os principais métodos de encapsulação física, pode-se citar os métodos de extrusão, fluidização, liofilização, *spray dryer*, tecnologia de fluido supercrítico e inclusão por complexação molecular, por exemplo (MARTINS et al., 2014; TYAGI et al., 2011).

##### **4.8.1.1.1. Extrusão**

A extrusão, exemplificada na Figura 18, é uma técnica caracterizada por envolver a dispersão do material do núcleo em uma fusão. Sequencialmente, essa mistura passa forçadamente por uma matriz em direção ao líquido desidratante, como o isopropanol, que irá gelificar e conseqüentemente, produzir um sistema de encapsulação rígida e densa (LEE et al., 2019; LIAO et al., 2021).

Esta técnica é amplamente aplicada para a encapsulação de compostos instáveis, voláteis e orgânicos como o caso dos óleos essenciais, uma vez que evitam a degradação dos compostos. Em contrapartida, há a formação de partículas grandes e uma limitada quantidade de materiais para o uso na formação de paredes (ABBAS et al., 2012; BURGAIN et al., 2011; CHEW; NYAM, 2016; DOLÇA et al., 2015; LÚCIA et al., 2017; RISCH, 1988; TACKENBERG; KLEINEBUDDÉ, 2015; TROJANOWSKA et al., 2017).

Figura 18 – Encapsulação por extrusão.

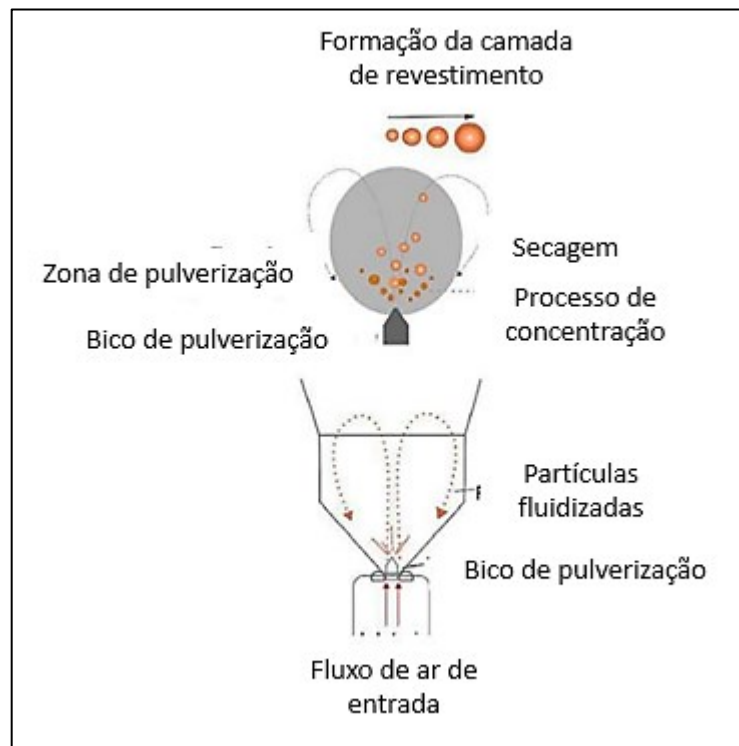


Fonte: (DE ARAÚJO ETCHEPARE et al., 2015).

#### 4.8.1.1.2. Fluidização

A fluidização, conforme pode ser observada na Figura 19, é caracterizada por um fluxo ascendente de um fluido através de um leito de partículas com velocidade suficiente para deixá-las suspensas sem serem expelidas da corrente de fluido. Para essa fluidização, utiliza-se ar quente em uma câmara de revestimento (KUSHAARI et al., 2006; PELLICER et al., 2019).

Figura 19 – Encapsulação por fluidização.



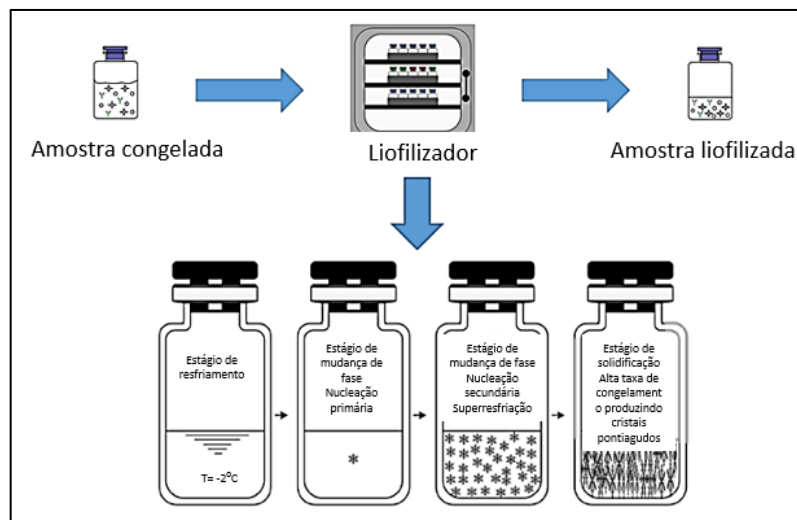
Fonte: (BARROSO, 2020).

Esta técnica é efetiva para partículas sólidas hidrossolúveis, apresenta baixo custo e uso de temperaturas amenas. Ela permite um maior controle sobre as propriedades de liberação do núcleo. Quanto às desvantagens, há a perda do encapsulado se a temperatura for acima do ponto de fusão do material de revestimento e apresenta-se como uma técnica complexa e de difícil controle (DEWETTINCK; HUYGHEBAERT, 1999; GOUIN, 2004; NGAMAKEUE; CHITPRASERT, 2016; SRINIVAS et al., 2020; TRINDADE; GROSSO, 2000; WERNER et al., 2007).

#### 4.8.1.1.3. Liofilização

No método de liofilização, ilustrado na Figura 20, há o processo de congelamento, sublimação, dessorção e armazenamento, proporcionando, portanto, um produto seco (JAMSHIDI et al., 2020; OZKAN et al., 2019).

Figura 20 – Encapsulação por liofilização.



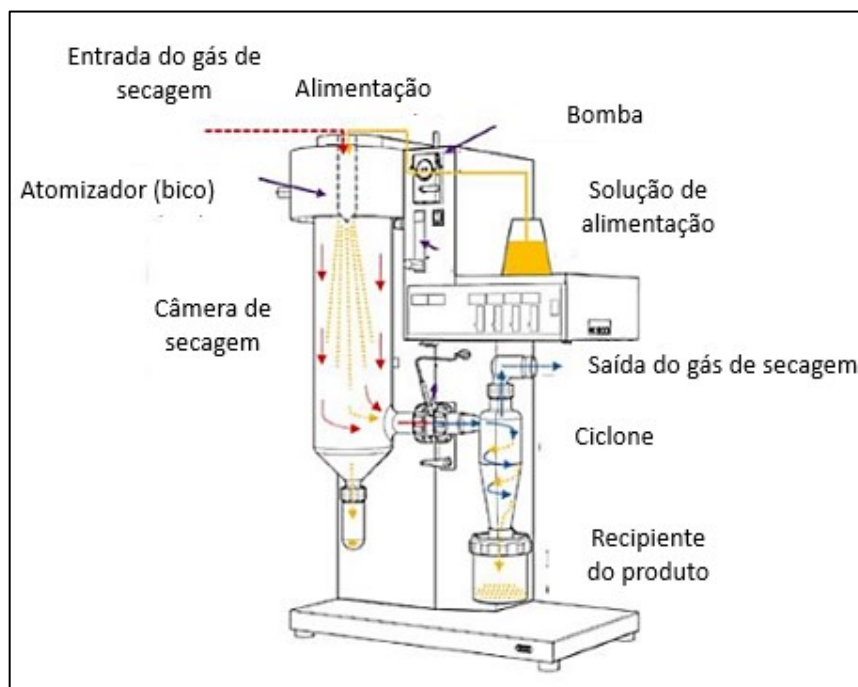
Fonte: (BARROSO, 2020).

Esta técnica é indicada para compostos instáveis, uma vez que apresentam como vantagem a preservação das características dos compostos. Todavia, trata-se de um procedimento demorado, com alto custo energético e com possibilidade de formação de porosidade e irregularidade no tamanho da matriz da partícula. (ORDÓÑEZ; MURAD, 2005; OZKAN et al., 2019).

#### 4.8.1.1.4. *Spray dryer*

O método do *spray dryer*, exemplificado na Figura 21, trata-se de um dos primeiros métodos aplicados para realizar a encapsulação de compostos. Nessa técnica há a necessidade da preparação de uma emulsão aquosa do material do núcleo e da parede. Esta emulsão é homogeneizada e direcionada para a atomização em uma câmara com fluxo de ar quente e, conseqüentemente, há a secagem do material e há a formação das micropartículas (AZEREDO, 2008; GHARSALLAOUI et al., 2007; JEDLIŃSKA et al., 2019; JYOTHI et al., 2010; MAKADIA; SIEGEL, 2011).

Figura 21 – Encapsulação por *spray dryer*.



Fonte: (BARROSO, 2020).

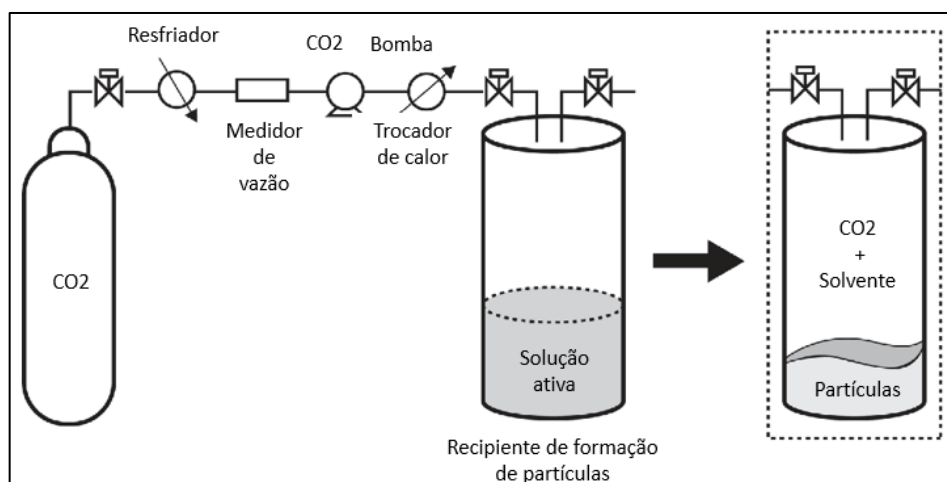
Para o método do *spray dryer* tem-se as vantagens de disponibilidade de equipamentos, grande eficiência quando comparado a outros métodos de encapsulação, estabilidade dos compostos encapsulados e trata-se de um processo rápido, fácil e que se adequa facilmente a escala industrial. Todavia, como desvantagem apresentam possibilidade de aglomeração e adesão do pó à parede do equipamento e exposição de compostos a altas temperaturas (BAJAC et al., 2022; BANSODE et al., 2010; CHEN et al., 2013; CHENG et al., 2008; DUBEY et al., 2009; GERANPOUR; ASSADPOUR; JAFARI, 2020; LIU et al., 2015; MAKADIA; SIEGEL,

2011; MARQUES et al., 2021; RAZOLA-DÍAZ et al., 2021; REZVANKHAH et al., 2020 SAIFULLAH et al., 2019).

#### 4.8.1.1.5. Tecnologia de fluido supercrítico

A técnica de fluido supercrítico, observada na Figura 22, consiste no uso de fluidos como o dióxido de carbono, alcanos ou óxido nitroso, os quais são submetidos a altas pressões. Este fluido possui o princípio ativo e o material de parede. Dessa forma, é submetido à passagem por um orifício estreito sob pressão atmosférica e, sendo assim, a queda de pressão de forma brusca ocasiona a dissolução e a deposição do material de parede à volta do princípio ativo, consequentemente formando as microcápsulas (DUBEY; SHAMI; RAO, 2009).

Figura 22 – Encapsulação por fluido supercrítico.



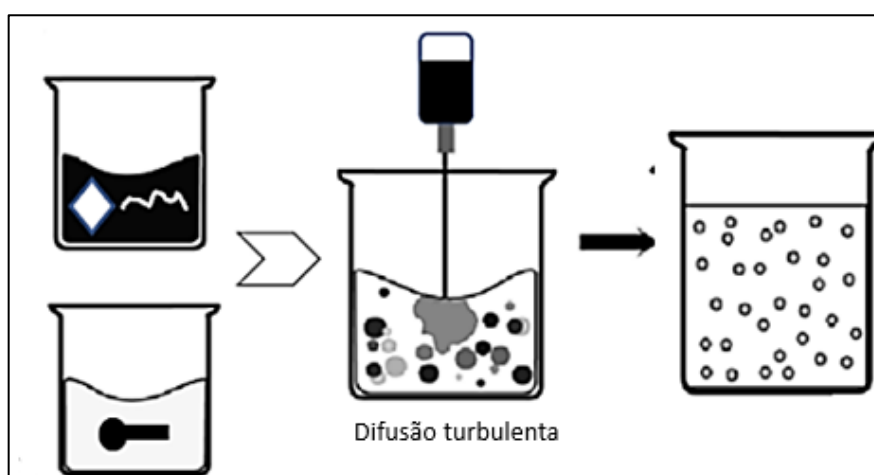
Fonte: (SILVA; MEIRELES, 2014).

A tecnologia de fluido supercrítico é considerada como uma operação complexa, porém efetiva, tem como vantagem a utilização de baixas temperaturas, atmosfera inerte, e proporciona baixa oxidação e degradação do óleo essencial, além disso este método possibilita a obtenção de partículas de tamanhos ideais (KALANI; YUNUS, 2011; MARTÍN et al., 2014; RAZOLA-DÍAZ et al., 2021; REVERCHON; CAPUTO; DE MARCO, 2003; REVERCHON; DE MARCO; TORINO, 2007).

#### 4.8.1.1.6. Inclusão por complexação molecular

A técnica de inclusão por complexação, ilustrada na Figura 23, baseia-se a nível molecular, e utiliza a ciclodextrina como matriz de encapsulação. A complexação é realizada pelo aprisionamento de óleos essenciais na cavidade do polímero por meio de forças como a ligação de hidrogênio e forças de Van der Waals (KFOURY et al., 2019).

Figura 23 – Encapsulação por inclusão por complexação molecular.



Fonte: (BARROSO, 2020).

Como vantagem, este método apresenta facilidade e custo baixo para manuseio dos equipamentos, estabilização oxidativa e das emulsões, reduzem sabores e odores, além de controlar a volatilidade e liberação do núcleo. Como desvantagem, há os custos elevados para adquirir as ciclodextrinas aplicadas como cápsula molecular (DEL VALLE, 2004; GUPTA et al., 2016; MATIOLI; RODRIGUEZ-AMAYA, 2003; USHA; POTHAKAMURY, 1995).

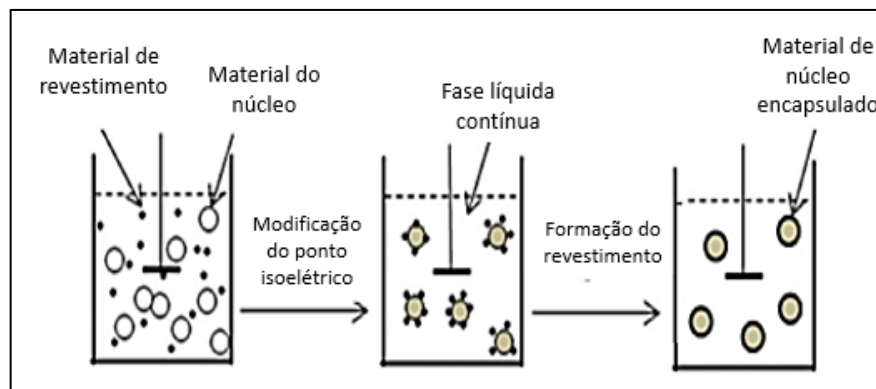
#### 4.8.1.2. Métodos químicos

Estes métodos baseiam-se na aplicação de reações de polimerizações para a obtenção de microcápsulas. Dentre os principais métodos de encapsulação química, pode-se citar os métodos de coacervação, gelificação iônica e lipossomas, por exemplo (GOUIN, 2004; POSHADRI; APARNA, 2010).

#### 4.8.1.2.1. Coacervação

Este método consiste na separação de fases entre um ou vários hidrocoloides, ou seja, há a separação da fase que contém o coacervado e o princípio ativo da fase aquosa (JAIN, 2000). Desta forma, este processo baseia-se em três etapas, sendo elas a formação de um sistema imiscível, a coalescência do material polimérico líquido e a realização da solidificação das cápsulas, conforme ilustrado na Figura 24 (DESAI; PARK, 2005; LUPO et al., 2014; MARTINS et al., 2014).

Figura 24 – Encapsulação por coacervação.



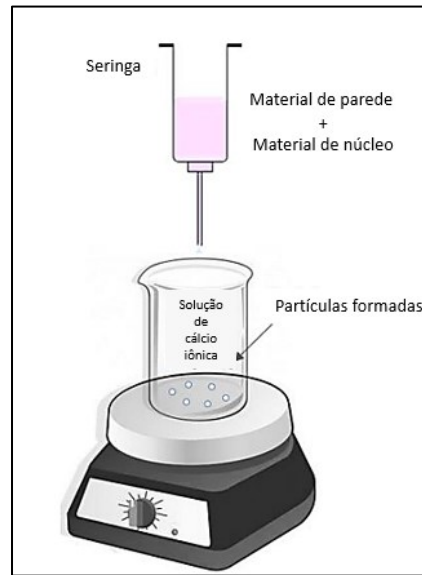
Fonte: (BARROSO, 2020).

Como vantagem, este método apresenta simplicidade no manuseio, elevada capacidade de carga, elevada reprodutibilidade, baixas temperaturas, liberação controlada dos compostos encapsulados. Por outro lado, como desvantagens apresentam custos elevados, necessidade de reajuste dos parâmetros de operação e a possibilidade de formação de aglomerados das cápsulas (CHEN et al., 2022; GOMEZ- ESTACA et al., 2016; JAIN et al., 2016; MENG et al., 2017; MUNERATTO; GALLO; NICOLETTI, 2021; QIU et al., 2022; TANEJA; SINGH, 2012; TROJANOWSKA et al., 2017).

#### 4.8.1.2.2. Gelificação iônica

O método de gelificação iônica, ilustrado na Figura 25, consiste na reticulação entre os polieletrólitos e contra os íons de óleos essenciais (GIRI et al., 2013). Sendo assim, durante este processo uma solução polimérica ou hidrocoloide, junto a um componente ativo de natureza hidrofóbica é gotejada sobre solução iônica submetida à agitação (PAQUES et al., 2014).

Figura 25 – Encapsulação por gelificação iônica.



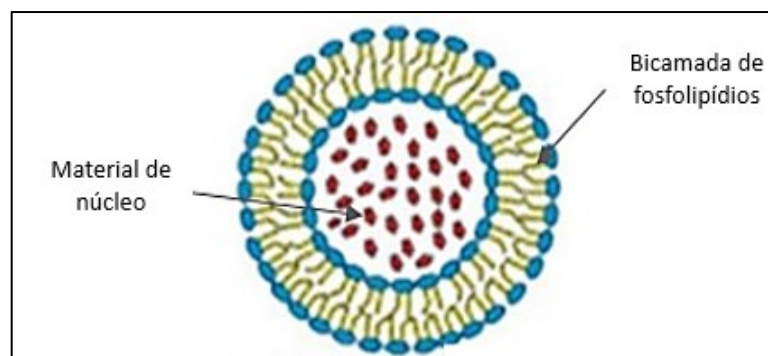
Fonte: (BARROSO, 2020).

Como vantagem, este método é considerado simples, de baixo custo econômico e de alta efetividade, todavia apresenta como desvantagem a possibilidade de gelificação heterogênea, ou seja, há apenas a formação de gel na superfície e não no núcleo, deixando-o aquoso (OZKAN et al., 2019).

#### 4.8.1.2.3. Lipossomas

A técnica de encapsulação por lipossomas baseia-se em um sistema formado por uma ou várias bicamadas de fosfolipídios que formam um ou vários compartimentos aquosos, conforme ilustrado na Figura 26 (SHERRY et al., 2013). São normalmente aplicados como carreadores de moléculas hidrofílicas quanto lipofílicas e anfífilas (YOSHIDA et al., 2010).

Figura 26 – Encapsulação por lipossomas.



Fonte: (BARROSO, 2020).



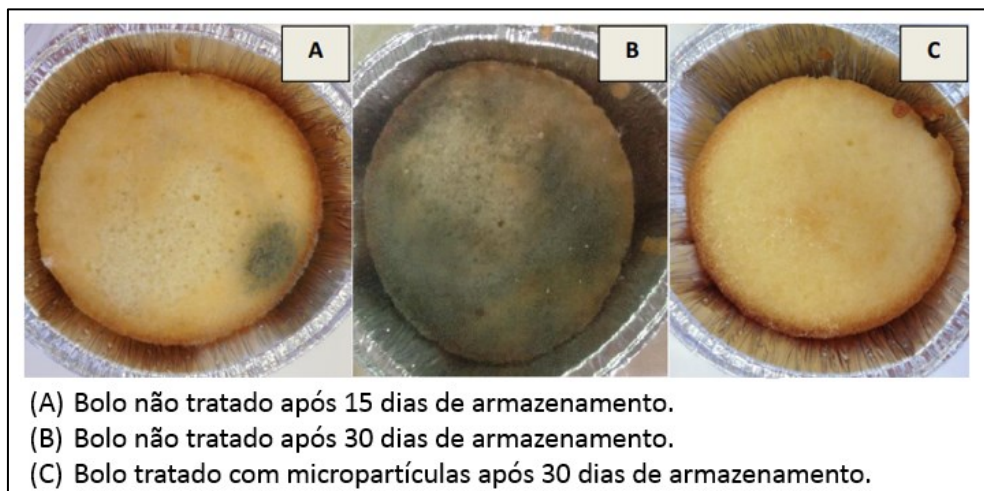
O método de lipossomas possui alta eficiência como protetores dos compostos hidrossolúveis e ótima propriedade de liberação, em contrapartida, este método apresenta como desvantagens o custo elevado, variação nos tamanhos das partículas e baixa estabilidade físico-química (AL -MOGHAZY et al., 2021; KAMKAR et al., 2021; LASIC, 1998; OZKAN et al., 2019; RAMON; DANINO, 2008; SHERRY et al., 2013; SLINGERLAND et al., 2012; TAN et al., 2014; TRUCILLO; CAMPARDELLI; REVERCHON, 2018).

Dessa forma, observa-se que há diferentes métodos para realização da encapsulação dos óleos essenciais e sua escolha ideal irá depender de alguns fatores como: as propriedades físicas e químicas que irão caracterizar o núcleo e a parede da encapsulação, a forma de aplicação no produto final, a escala de produção, a forma de liberação desejada e os custos envolvidos (SOUZA SIMÕES et al., 2017; RÉ, 1998). Dentre os métodos de encapsulação frequentemente aplicados estão os métodos de coacervação, *spray dryer* e liofilização (MENDES, 2018; SALVADORI et al., 2019)

#### **4.8.2. Encapsulação de óleos essenciais aplicados nos alimentos**

Diferentes estudos mostram o sucesso da encapsulação dos óleos essenciais para aplicação em alimentos. Gonçalves et al. (2017) realizaram o estudo da encapsulação do óleo de tomilho (*Thymus vulgaris*) e sua potencial ação conservante em bolos, através dos métodos de coacervação complexa. Sendo assim, foi possível observar que, ao realizar o teste *in vitro*, a microencapsulação proporcionou uma redução no valor da concentração inibitória mínima (CIM) em dez vezes, para todos os microrganismos estudados, em comparação ao óleo essencial não encapsulado. Além disso, testes em bolos permitiram a avaliação da encapsulação do óleo essencial de tomilho e notou-se que proporcionaram a proteção contra a volatilização do óleo assim como a redução em contaminação microbiana que consequentemente resultou em uma vida útil de 30 dias, conforme a Figura 27.

Figura 27 – Avaliação das amostras de bolos com e sem tratamento de óleo essencial encapsulado.

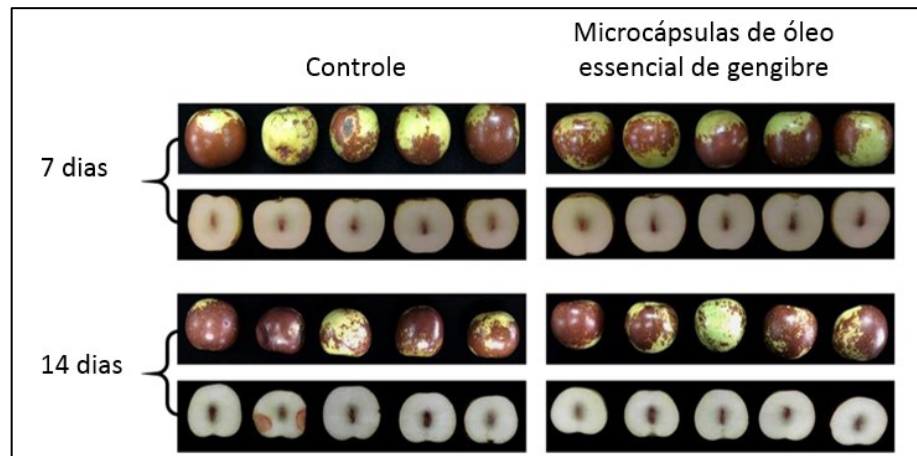


Fonte: (GONÇALVES et al., 2017).

Nahr et al. (2019) realizaram a encapsulação do óleo essencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum Maton*) através da técnica de nanolipossoma e demonstraram que a encapsulação deste óleo proporcionou a proteção da capacidade antimicrobiana e antioxidante durante seu período de um mês de armazenamento. Além disso, os autores demonstraram que a técnica de encapsulação proporcionou a aplicação do óleo essencial de cardamomo em alimentos de base aquosa e melhorou sua estabilidade. Portanto, os autores apontaram o uso do óleo essencial de cardamomo encapsulado como potencial conservante para alimentos.

Ban et al. (2020) demonstraram em suas pesquisas a aplicação da microencapsulação do óleo essencial de gengibre (*Zingiber officinale L.*) para melhoria da qualidade dos frutos de jujuba (*Ziziphus jujuba Mill.*). A microencapsulação foi realizada a partir da liofilização, e após 14 dias de armazenamento, os autores observaram que os frutos com microcápsulas de óleo essencial de gengibre proporcionaram um retardo na senescência mantendo a qualidade pós-colheita destes frutos, além de prolongar a vida útil e diminuir a taxa de deterioração dos frutos, conforme pode ser vista na Figura 28.

Figura 28 – Comparação do fruto de jujuba com e sem a aplicação de óleo essencial encapsulado.



Fonte: (BAN et al., 2020).

Os autores também notaram a apresentação de maior firmeza, maior suculência, maior concentração de sólidos solúveis e maior teor de acidez titulável. Sendo assim, a utilização de microcápsulas de óleo essencial de gengibre foi apontada pelos autores como forma de conservação de frutas pós colheita.

Homayonpour et al. (2021) mostraram em seus estudos a aplicação de revestimentos de quitosana sobre óleo essencial de cominho (*Cuminum cyminum* L.) nanoencapsulado a partir da técnica de nanolipossomas e dos óleos essenciais de cominho livres em sardinhas por 16 dias a 4°C e seus efeitos frente às propriedades microbianas, químicas e sensoriais. Mostrou-se que os revestimentos de quitosana sobre óleo essencial de cominho nanoencapsulado resultaram em uma maior estabilidade oxidativa e microbiana e também proporcionou uma boa qualidade sensorial com a apresentação admissível da cor vermelha e de seu desbotamento, além de adiar a formação de odores por 13 dias, durante o período de armazenamento sob 4°C, sendo assim, indicada pelos autores como embalagem ativa para a indústria alimentícia.

Vafania, Fathi e Soleimanian-Zad (2019) realizaram estudos sobre a nanoencapsulação de óleo essencial de tomilho (*Zataria multiflora* Boiss.) em nanofibras para salsichas. Foi possível observar que as propriedades microbianas, pH, cor, umidade e características sensoriais não apresentaram significativas diferenças quando comparados ao uso de 120 ppm de nitrito. Além disso, os autores ressaltaram que o uso da nanoencapsulação de óleo essencial de tomilho em nanofibras em salsichas promoveu efetivos resultados bactericidas contra o microrganismo *Clostridium perfringens* demonstrando-se promissor substituto aos nitritos para produtos cárneos.

Goktepe, Ocak, Ozdestan-Ocak (2021) estudaram o efeito do óleo essencial de tomilho (*Origanum onites* L.) encapsulado pelo método de coacervação em amostras de pasta de azeitonas durante 56 dias de armazenamento a uma temperatura de 4°C e 25°C. Notou-se que as amostras com a adição do óleo essencial de tomilho encapsulado a temperatura de 4°C foram as que apresentaram melhores resultados. Desempenhou maior proteção aos compostos bioativos durante o período de armazenamento, proporcionou aumento nas propriedades sensoriais, na manutenção das cores e aumento no teor de fenólicos totais, do teor de timol e carvacrol, além de proporcionar uma diminuição quanto ao valor de peróxidos e bactérias aeróbicas mesófilas totais. Além disso, os autores relataram o aumento da vida de prateleira em 30% de alimentos e destacaram que o óleo essencial de tomilho encapsulado é um conservante natural e se demonstrou como efetivo, uma vez que possibilitou a preservação das características físico-químicas e microbianas do produto.

Estudos realizados por Fernandes et al. (2018) apontaram o uso efetivo da microencapsulação do óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*) por *spray dryer* aplicado a queijo parmesão ralado. Neste estudo os autores relataram que a aplicação das microcápsulas proporcionou a liberação controlada dos compostos ativos do óleo essencial, proporcionando efeitos efetivos na inibição de desenvolvimento de bolores e leveduras no queijo parmesão ralado durante o período de armazenamento de 45 dias, confirmando o seu potencial uso pelas indústrias alimentícias como alternativa a outros tipos de conservantes.

Pabast et al. (2018) mostraram em suas pesquisas o uso de revestimentos de quitosana com óleo essencial de planta satureja (*Satureja khuzestanica Jamzad*) livre e nanoencapsulado sobre as características da qualidade da carne de cordeiro. Neste estudo, para a obtenção do óleo essencial encapsulado, aplicou-se a técnica dos nanolipossomas e a partir de então fez-se a comparação das carnes com o óleo essencial encapsulado e livre. Os autores observaram que as amostras encapsuladas proporcionaram menores contagens microbianas quando comparadas às amostras com óleo essencial livre. Além disso, ressaltaram que a encapsulação proporcionou a liberação controlada do óleo essencial, resultando portanto em uma atividade antimicrobiana de 20 dias a mais e uma maior atividade antioxidante. Ademais, a encapsulação do óleo essencial de satureja obteve retardo quanto ao desbotamento e odor, sendo portanto, resultados satisfatórios e indiciando o óleo essencial de satureja encapsulado como potencial conservante para indústria de alimentos.

## 5. CONCLUSÃO

Diante desta revisão bibliográfica, torna-se possível concluir que os óleos essenciais, em especial, o óleos essenciais de orégano, gengibre, cravo-da-índia, canela e tomilho detêm grande parte dos estudos e aplicações encontradas na literatura, sendo efetivos contra atividades de diversos microrganismos deteriorantes e patógenos como microrganismos mesófilos aeróbios, mesófilos, psicrotróficos, coliformes totais, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Penicillium commune*, *Salmonella typhimurium*, *Candida albicans* e *Bacillus cereus*, além de atuarem significativamente como antioxidantes, contribuindo efetivamente na qualidade do produto. Além disso, é possível observar que a aplicação dos óleos essenciais, sejam eles livres ou encapsulados, envolvem as matrizes alimentares de alta perecibilidade, como produtos cárneos, derivados lácteos, frutas e hortaliças, possibilitando aos mesmos um aumento significativo na vida de prateleira.

Entretanto, apesar dos óleos essenciais se depararem com algumas limitações quanto sua aplicação, observa-se que muitas destas limitações podem ser contornadas com a aplicação de técnicas como a encapsulação por coacervação, por nanolipossomas e por *spray dryer*, demonstrando uma alta efetividade segundo autores mencionados.

Dessa forma, tem-se em vista que o óleo essencial possui ampla potencialidade como aditivo aos alimentos, contudo, ainda é um campo pouco explorado, devido aos custos econômicos envolvidos, quantidade de produção e alterações de sabores.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, S.; DA WEI, C.; HAYAT, K.; XIAOMING, Z. Ascorbic acid: microencapsulation techniques and trends—a review. **Food Reviews International**, v. 28, n. 4, p. 343-374, 2012.

<https://doi.org/10.1080/87559129.2011.635390>.

ABDULMUMEEN, H. A.; RISIKAT, A. N.; SURURAH, A. R. Food: Its preservatives, additives and applications. **International Journal of Chemical and Biochemical Sciences**, v. 1, n. 2012, p. 36-47, 2012.

ADITIVOS & INGREDIENTES. Os Conservantes mais utilizados nos alimentos. Edição 123, 2015. Disponível em: <

[https://aditivosingredientes.com.br/upload\\_arquivos/201601/2016010485708001453470366.pdf](https://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201601/2016010485708001453470366.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2022.

AL-HIJAZEEN, M.; LEE, E. J.; MENDONCA, A.; AHN, D. U. Effect of oregano essential oil (*Origanum vulgare subsp. hirtum*) on the storage stability and quality parameters of ground chicken breast meat. **Antioxidants**, v. 5, n. 2, p. 18, 2016. <https://doi.org/10.3390/antiox5020018>.

AL-MOGHAZY, M.; EL-SAYED, H. S.; SALAMA, H. H.; NADA, A. A Edible packaging coating of encapsulated thyme essential oil in liposomal chitosan emulsions to improve the shelf life of Karish cheese. **Food Bioscience**, v. 43, p. 101230, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101230>

ALI, S. S.; KASOJU, N.; LUTHRA, A.; SINGH, A.; SHARANABASAVA, H.; SAHU, A.; BORA, U. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food research international**, v. 41, n. 1, p. 1-15, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.10.001>.

ALLAF, T.; TOMAO, V.; RUIZ, K.; CHEMAT, F. Instant controlled pressure drop technology and ultrasound assisted extraction for sequential extraction of essential oil and antioxidants. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 20, n. 1, p. 239-246, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.05.013>.

ALMEIDA, A. C.; DE OLIVEIRA, L.; DE PAULO, P. D.; MARTINS, E. R.; SOUZA, R. M.; DE FIGUEIREDO, L. D. S.; DOS SANTOS, C. A.; FONSECA, H. C. Potencial antimicrobiano dos óleos essenciais de cravo da índia e alfavacão em carne moída de ovinos contaminados experimentalmente com *S. aureus*. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 20, n. 4, 2013. <http://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2014.010>.

ALVARENGA A. L.; SCHWAN, R. F.; DIAS, D. R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; BRAVO-MARTINS, C. E. C. Atividade antimicrobiana de extratos vegetais sobre bactérias patogênicas humanas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 9, n. 4, p. 86-91, 2007. Disponível em: < [https://www1.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Botanica/RBPM-RevistaBrasileiradePlantasMediciniais/artigo14\\_v9\\_n4.pdf](https://www1.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Botanica/RBPM-RevistaBrasileiradePlantasMediciniais/artigo14_v9_n4.pdf)>. Acesso em: 18 fev. 2022.

AMORATI, R.; FOTI, M. C.; VALGIMIGLI, L. Antioxidant activity of essential oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 46, p. 10835–10847, 2013. <https://doi.org/10.1021/jf403496k>.

AMIRI, N.; AFSHARMANESH, M.; SALARMOINI, M.; MEIMANDIPOUR, A.; HOSSEINI, S. A.; EBRAHIMNEJAD, H. Effects of nanoencapsulated cumin essential oil as

an alternative to the antibiotic growth promoter in broiler diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 29, p. 875-885, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2020.08.004>.

ANDRÉ, C.; CASTANHEIRA, I.; CRUZ, J. M.; PASEIRO, P.; SANCHES-SILVA, A. Analytical strategies to evaluate antioxidants in food: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 5, p. 229–246, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.12.003>.

ARABSHAHI-DELOUEE, S.; DEVI, D. V.; UROOJ, A. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their heat, pH and storage stability. **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 1100-1105, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.014>.

ARIDOGAN, B.C.; BAYDAR, H.; KAYA, S.; DEMIRCI, M.; OZBASAR, D.; MUMCU, E. Antimicrobial activity and chemical composition of some essential oils. **Archives of pharmacal research**, v. 25, n. 6, p. 860-864, 2002.

ARAÚJO, J. Características dos Antioxidantes Primários. In: ARAÚJO, J. M. A. Química de Alimentos. Viçosa-MG: UFV, 2015.

ARAÚJO, J.M.A. Química de Alimentos: teoria e prática. 4ed. Viçosa:UFV, 596p. 2008.

ARIAS, J. L. D. O. Determinação de conservantes em alimentos processados empregando *quechers*, *sillme* e *hplc-uv*: estudo de métodos e estimativa da ingestão diária. 2019. <http://repositorio.furg.br/handle/1/8312>.

ASSAMI, K.; PINGRET, D.; CHEMAT, S.; MEKLATI, B. Y.; CHEMAT, F. Ultrasound induced intensification and selective extraction of essential oil from *Carum carvi* L. seeds. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 62, p. 99-105, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2012.09.003>.

ATKINS, P. W. Inorganic Chemistry. Ed. 3, 1999.

ATKINS, P.; OVERTON, T. Shriver and Atkins' inorganic chemistry. **Oxford University Press**, USA, 2010.

AZEREDO, H. M. C. de. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 16, n. 1, p. 89-97, 2008.

BAHRAMI, A.; DELSHADI, R.; ASSADPOUR, E.; JAFARI, S. M.; WILLIAMS, L. Antimicrobial-loaded nanocarriers for food packaging applications. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 278, p. 102140, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102140>.

BAJAC, J.; NIKOLOVSKI, B.; LONČAREVIĆ, I.; PETROVIĆ, J.; BAJAC, B.; DUROVIĆ, S.; PETROVIĆ, L. Microencapsulation of juniper berry essential oil (*Juniperus communis* L.) by spray drying: Microcapsule characterization and release kinetics of the oil. **Food Hydrocolloids**, v. 125, p. 107430, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107430>.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, v.46, p. 446–475, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>.

BAN, Z.; ZHANG, J.; LI, L.; LUO, Z.; WANG, Y.; YUAN, Q., ZHOU, B.; LIU, H. Ginger essential oil-based microencapsulation as an efficient delivery system for the improvement of Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit quality. **Food chemistry**, v. 306, p. 125628, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125628>.

BANDONI, A.L.; CZEPAK, M.P. Os recursos vegetais aromáticos no Brasil: seu aproveitamento industrial para produção de aromas e sabores. Vitória: EDUFES, 2008.

BANSODE, S. S.; BANARJEE, D. D. S. L. J.; THORAT, R. M. Microencapsulation: a review. **International Journal of Pharmaceutical Science Review and Research**, 1, 38–43, 2010.

BARROS FERNANDES, R. V.; BORGES, S. V.; BOTREL, D. A. Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of Rosemary essential oil. **Carbohydrate Polymers**, v. 101, p. 524-532, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.083>.

BARROSO, T. L. C. T. Tecnologia de encapsulamento na área de alimentos: Uma revisão. 2020.

BASAK, S.; GUHA, P. A review on antifungal activity and mode of action of essential oils and their delivery as nano-sized oil droplets in food system. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 12, p. 4701-4710, 2018. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3394-5>.



BASSOLÉ, I. H. N.; JULIANI, H. R. Essential Oils in Combination and Their Antimicrobial Properties. **Molecules**, v.17, n.4, p. 3989-4006, 2012. <https://doi.org/10.3390/molecules17043989>.

BAUER, A. K.; DWYER-NIELD, L. D.; HANKIN, J. A.; MURPHY, R. C.; MALKINSON, A. M. The lung tumor promoter, butylated hydroxytoluene (BHT), causes chronic inflammation in promotion-sensitive BALB/cByJ mice but not in promotion-resistant CXB4 mice. **Toxicology**, v. 169, n. 1, p. 1-15, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(01\)00475-9](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(01)00475-9).

BAYRAMOGLU, B.; SAHIN, S.; SUMNU, G. Solvent-free microwave extraction of essential oil from oregano. **Journal of food Engineering**, v. 88, n. 4, p. 535-540, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.03.015>.

BECERRIL, R.; NERÍN, C.; SILVA, F. Encapsulation systems for antimicrobial food packaging components: An up date **Molecules** v. 25, n. 5, p. 1134, 2020. <https://doi.org/10.3390/molecules25051134>.

BEDALE, W.; SINDELAR, J. J.; MILKOWSKI, A. L. Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. **Meat Science**, v. 120, p. 85-92, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.009>.

BENJEMAA, M.; NEVES, M. A.; FALLEH, H.; ISODA, H.; KSOURI, R.; NAKAJIMA, M. Nanoencapsulation of *Thymus capitatus* essential oil : Formulation process , physical stability characterization and antibacterial efficiency monitoring. **Industrial Crops & Products**, v. 113, p. 414-421, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.062>.

BERKA-ZOUGALI, B.; HASSANI, A.; BESOMBES, C.; ALLAF, K. Extraction of essential oils from Algerian myrtle leaves using instant controlled pressure drop technology. **Journal of Chromatography A**, v. 1217, n. 40, p. 6134-6142, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.07.080>.

BERTINI, L. M.; PEREIRA, A. F.; OLIVEIRA, C. D.; MENEZES, E. A.; MORAIS, S. D.; CUNHA, F. A.; CAVALCANTI, E. S. B. Perfil de sensibilidade de bactérias frente a óleos essenciais de algumas plantas do nordeste do Brasil. **Infarma**, v. 17, n. 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: 16 fev. 2022.

BETTS, T.J. Chemical characterisation of the different types of volatile oil constituents by various solute retention ratios with the use of conventional and novel commercial gas chromatographic stationary phases. **Journal of Chromatography A**, v. 936, n. 1-2, p. 33-46, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)01284-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)01284-5).

BHAVANIRAMYA, S.; VISHNUPRIYA, S.; AL-ABOODY, M. S.; VIJAYAKUMAR, R.; BASKARAN, D. Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. **Grain & Oil Science and Technology**, v. 2, n. 2, p. 49-55, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2019.03.001>.

BIASI, L. A.; DESCHAMPS, C. Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, 2009.

BLANCO-PADILLA, A.; SOTO, K. M.; HERNÁNDEZ ITURRIAGA, M.; MENDOZA, S. Food antimicrobials nanocarriers. **The Scientific World Journal**, v. 2014, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/837215>.

BOTTERWECK, A. A. M.; VERHAGEN, H.; GOLDBOEHM, R. A.; KLEINJANS, J.; **Food and Chemical Toxicology**, 2000.

BOUSBIA, N.; VIAN, M. A.; FERHAT, M. A.; MEKLATI, B. Y.; CHEMAT, F. A new process for extraction of essential oil from Citrus peels: Microwave hydrodiffusion and gravity. **Journal of food Engineering**, v. 90, n. 3, p. 409-413, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.034>.

BOWLES, E.J. Chemistry of Aromatherapeutic Oils. **Crowns Nest NSW, Australia: Allen & Unwin**, 2003.

BOZIN, B.; MIMICA-DUKIC, N.; SIMIN, N.; ANACKOV, G. Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 5, p. 1822-1828, 2006. <https://doi.org/10.1021/jf051922u>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Legislação. **Resolução RDC nº64, de 16 de setembro de 2008**. Aprova o regulamento técnico sobre atribuição de aditivos e seus limites máximos para alimentos. Disponível em: < [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2008/res0064\\_16\\_09\\_2008.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2008/res0064_16_09_2008.html)>. Acesso em: 10 de fev. 2022.

BRASIL. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. ANVISA, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional da Saúde. **Resolução RDC nº04, de 24 de novembro de 1988.** Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/1988/res0004\\_24\\_11\\_1988.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/1988/res0004_24_11_1988.html). Acesso em: 10 de fev. 2022.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 94, n. 3, p. 223-253, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>.

BURGAIN, J.; GAIANI, C.; LINDER, M.; SCHER, J. Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications. **Journal of food engineering**, v. 104, n. 4, p. 467-483, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.12.031>.

BUSATTA, C.; VIDAL, R. S.; POPIOLSKI, A. S.; MOSSI, A. J.; DARIVA, C.; RODRIGUES, M. R. A.; CORAZZA, F. C.; CORAZZA, M.L.; OLIVEIRA, J. V.; CANSIAN, R. L. Application of *Origanum majorana* L. essential oil as an antimicrobial agent in sausage. **Food microbiology**, v. 25, n. 1, p. 207-211, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.07.003>.

CACHO, J. I.; CAMPILLO, N.; VIÑAS, P.; HERNÁNDEZ-CÓRDOBA, M. Determination of synthetic phenolic antioxidants in edible oils using microvial insert large volume injection gas-chromatography. **Food Chemistry**, v. 200, p. 249-254, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.026>.

CALEJA, C.; RIBEIRO, A.; BARROS, L.; BARREIRA, J. C. M.; ANTONIO, A. L.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; BARREIRO, M. F.; FERREIRA, I.C.F.R. Cottage cheeses functionalized with fennel and chamomile extracts: Comparative performance between free and microencapsulated forms. **Food Chemistry**, v. 199, p. 720-726, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.085>.

CALEJA, C.; BARROS, L.; ANTONIO, A. L.; CAROCHO, M.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; FERREIRA, I.C.F.R. Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives. **Food Chemistry**, v. 210, p. 262–268, 2016b. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.114>.

CAMERON, M.; MCMASTER, L. D.; BRITZ, T. J. Impact of ultrasound on dairy spoilage microbes and milk components. **Dairy Science & Technology**, v. 89, n. 1, p. 83-98, 2009. <https://doi.org/10.1051/dst/2008037>.

CAMPOS, T.; BARRETO, V.; QUEIROS, R.; RICARDO-RODRIGUES, S.; FELIX, M. R.; LARANJO, M. Use of essential oils in food preservation, Conservação de morangos com utilização de óleos essenciais. **Agrotech Journal**, v. 18, p. 90-96, 2016.

CAO, H.; XIAO, J. B.; XU, M. Comparison of volatile components of *Marchantia convoluta* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and petrol ether extraction. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 1, p. 45-51, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.06.004>.

CAPPELLI, P.; VANNUCCHI, V. *Chimica degli alimenti*. 3rd ed. Zanichelli, Bologna, Italy, 2009.

CARNEIRO, H. C. F.; TONON, R. V.; GROSSO, C. R. F.; HUBINGER, M. D. Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. **Journal of Food Engineering**, v. 115, n. 4, p. 443-451, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.033>.

CASSEL, E.; VARGAS, R.M.F.; MARTINEZ, N.; LORENZO, D.; DELLACASS, E. Steam distillation modeling for essential oil extraction process. *Ind. Crops Products* v. 29, p. 171–176, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.04.017>.

CASTELAIN, F., CASTELAIN, M. Parabens: a real hazard or a scare story? *Eur J Dermatol*, v. 22, n. 6, p. 723-727, 2012. <https://doi.org/10.1684/ejd.2012.1835>.

CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Natural food additives: Quo vadis? **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, p.284–295, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.007>.

CÉ, N. *Utilização de Filmes de Quitosana Contendo Nisina e Natamicina para Cobertura de Kiwis e Morangos Minimamente Processados*. Porto Alegre, 2009.

CERUTTI, G. *Residui, additivi e contaminanti degli alimenti*. 2nd ed. **Tecniche Nuove**, 2006.

CEYLAN, E.; FUNG, D. Y. C. Antimicrobial activity of spices 1. **Journal Rapid Methods Automation Microbiology**, v. 12, n. 1, p. 1-55, 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4581.2004.tb00046.x>.

CHAMPAGNE, C. P.; FUSTIER, P. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 18, n. 2 p. 184-190, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2007.03.001>.

CHAN, C. H.; YUSOFF, R.; NGOH, G. C.; KUNG, F. W. L. Microwave-assisted extractions of active ingredients from plants. **Journal of Chromatography A**, v. 1218, n. 37, p. 6213-6225, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.07.040>.

CHAUDHARI, A. K.; SINGH, V. K.; DAS, S.; PRASAD, J.; DWIVEDY, A. K.; DUBEY, N. K. Improvement of in vitro and in situ antifungal, AFB1 inhibitory and antioxidant activity of *Origanum majorana* L. essential oil through nanoemulsion and recommending as novel food preservative. **Food and Chemical Toxicology**, v. 143, p. 111536, 2020a. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111536>.

CHEMAT, F.; LUCCHESI, M. E.; SMADJA, J.; FAVRETTO, L.; COLNAGHI, G.; VISINONI, F. Microwave accelerated steam distillation of essential oil from lavender: A rapid, clean and environmentally friendly approach. **Analytica Chimica Acta**, v. 555, n. 1, p. 157-160, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.08.071>.

CHEN, Q.; ZHONG, F.; WEN, J.; MCGILLIVRAY, D.; QUEK, S. Y. Properties and stability of spray-dried and freeze-dried microcapsules co-encapsulated with fish oil, phytosterol esters, and limonene. **Drying Technology**, v. 31, n. 6, p. 707-716, 2013. <https://doi.org/10.1080/07373937.2012.755541>.

CHEN, K.; ZHANG, M.; ADHIKARI, B.; WANG, M. Microencapsulation of Sichuan pepper essential oil in soybean protein isolate-Sichuan pepper seed soluble dietary fiber complex coacervates. **Food Hydrocolloids**, v. 125, p. 107421, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107421>.

CHENG, S. Y.; YUEN, C. W. M.; KAN, C. W.; CHEUK, K. K. L. Development of cosmetic textiles using microencapsulation technology. **Research Journal of Textile and Apparel**, v. 12, n. 4, p. 41-51, 2008. <https://doi.org/10.1108/RJTA-12-04-2008-B005>.

CHEW, S. C; NYAM, K. L. Microencapsulation of kenaf seed oil by co-extrusion technology. **Journal of Food Engineering**, v. 175, p. 43-50, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.12.002>.

CHIPLEY, J. R. Sodium benzoate and benzoic acid. In: **Antimicrobials in food**. CRC Press, p. 41-88, 2020.

CROTEAU, R.; KUTCHAN, T. M.; LEWIS, N. G. Produtos naturais (metabólitos secundários). **Bioquímica e Biologia Molecular de Plantas**, v. 24, p. 1250-1319, 2000. Disponível em:< <https://instruct.uwo.ca/biology/407b/restricted/pdf/Chpt24.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2022.

DANTIGNY, P.; NANGUY, S. P. M. Significance of the physiological state of fungal spores. **International Journal of Food Microbiology**, v. 134, n. 1-2, p. 16-20, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.02.005>.

DARUGHE, F.; BARZEGAR, M.; SAHARI, M. A. Antioxidant and antifungal activity of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil in cake. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 3, p. 1253-1260, 2012.

DAVIDSON, P. M.; CRITZER, F. J.; TAYLOR, T. Matthew. Naturally occurring antimicrobials for minimally processed foods. **Anual review of food science and technology**, v. 4, p. 163-190, 2013. [https://doi.org/10.1146/a\\_nnurev-food-030212-182535](https://doi.org/10.1146/a_nnurev-food-030212-182535).

DE ARAÚJO ETCHEPARE, M.; RODRIGUES, L. Z.; CODEVILLA, C. F.; DE MENEZES, C. R. Microencapsulação de compostos bioativos pelo método de extrusão. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 5, p. 97-105, 2015.

DESAI, K. G. H.; PARK, H. J. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. **Drying Technology**. 2005.

DEL VALLE, E. M. Cyclodextrins and their uses: a review. **Process biochemistry**, v. 39, n. 9, p. 1033-1046, 2004. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(03\)00258-9](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(03)00258-9).

DELSHADI, R.; BAHRAMI, A.; TAFTI, A. G.; BARBA, F. J.; WILLIAMS, L. L. Micro and nano-encapsulation of vegetable and essential oils to develop functional food products with improved nutritional profiles. **Trends in Food Science & Technology**, v. 104, p. 72-83, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.004>.

DEWETTINCK, K.; HUYGHEBAERT, A. Fluidized bed coating in food technology. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10, n. 4-5, p. 163-168, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00041-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00041-2).

DIAS, M. I.; FERREIRA, I. C. F. R.; BARREIRO, M. F. Microencapsulation of bioactives for food applications. **Food & Function**, v. 6, n. 4, p. 1035-1052, 2015. <https://doi.org/10.1039/c4fo01175a>.

DJABOU, N., LORENZI, V., GUINOISEAU, E., ANDREANI, S., GIULIANI, M. C., DESJOBERT, J. M., BOLLA, J. M.; COSTA, J.; BERTI, L.; LUCIANI, A.; MUSELLI, A.; Phytochemical composition of Corsican Teucrium essential oils and antibacterial activity against foodborne or toxi-infectious pathogens. **Food Control**, v. 30, n. 1, p. 354– 363, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.06.025>.

DONSÌ, F.; FERRARI, G. Essential oil nanoemulsions as antimicrobial agents in food. **Journal of Biotechnology**, v. 233, p. 106-120, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.07.005>.

DORMAN, H. J. D.; DEANS, S. G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of applied microbiology**, v. 88, n. 2, p. 308-316, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x>.

DOLÇA, C.; FERRÁNDIZ, M.; CAPABLANCA, L.; FRANCO, E.; MIRA, E.; LÓPEZ, F.; GARCÍA, D. Microencapsulation of rosemary essential oil by co-extrusion/gelling using alginate as a wall material. **Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences**, v. 5, n. 03, p. 121, 2015. <https://doi.org/10.4236/jeas.2015.53010>.

DUBEY, R.; SHAMI, T. C.; RAO, K. U. B. Microencapsulation technology and applications. **Defence Science Journal**, v. 59, n. 1, p. 82, 2009.

EL-ASBAHANI, A.; MILADI, K.; BADRI, W.; SALA, M.; ADDI, E. H. A.; CASABIANCA, H.; EL MOUSADIK, A.; HARTMANN, D.; JILALE, A.; RENAUD, F. N. R.; ELAISSARI, A. Essential oils: from extraction to encapsulation. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 483, n. 1-2, p. 220-243, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.12.069>.

ESFANJANI, A. F.; JAFARI, S. M. Biopolymer nano-particles and natural nano-carriers for nano-encapsulation of phenolic compounds. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 146, p. 532-543, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2016.06.053>.

ESKANDANI, M.; HAMISHEHKAR, H.; DOLATABADI, J. E. N. Cytotoxicity and DNA damage properties of tert-butylhydroquinone (TBHQ) food additive. **Food chemistry**, v. 153, p. 315-320, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.087>.

FAI, A.E.C.; STAMFORD, T.C.M.; STAMFORD, T.L.M. Potencial Biotecnológico de quitosana em sistemas de conservação de alimentos. **Revista Ibero Polímeros**. v.9, n.5, p. 10-15, 2008.

FALLEH, H.; JEMAA, M. B.; SAADA, M.; KSOURI, R. Essential oils: a promising eco-friendly food preservative. **Food Chemistry**. v. 330, p. 127268, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127268>.

FANG, Z; BHANDARI, B. Encapsulation of polyphenols: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 10, p. 510-523, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.08.003>.

FARHAT, A.; FABIANO-TIXIER, A. S.; VISINONI, F.; ROMDHANE, M.; CHEMAT, F. A surprising method for green extraction of essential oil from dry spices: microwave dry-diffusion and gravity. **Journal of Chromatography A**, v. 1217, n. 47, p. 7345-7350, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.09.062>.

FARIAS, J. L. L.; DE REZENDE, P. L. R.; PINTO, E. G. Queijo Minas Frescal enriquecido com óleo de orégano. 2017. <https://doi.org/10.5747/ca.2017.v13.nesp.000247>.

FAVA, L. W.; DE MORAES HERNANDES, J. F.; PINTO, A. T.; SCHMIDT, V. Características de queijos artesanais tipo Colonial comercializados em uma feira agropecuária. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 40, n. 4, p. 1-6, 2012. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/2890/289023924019.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2022.

FAVARO-TRINDADE, C. S.; PINHO, S. C.; ROCHA, G. A. Revisão: Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 2, p. 103-112, 2008.

FELIPE, L. O.; BICAS, J. L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 2, p. 120-130, 2017. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160068>.

FELLENBERG, M. A.; SPEISKY, H. Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, n. 01, p. 53-70, 2006.



FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. Química de alimentos de Fennema. **Porto Alegre: Artmed**, v. 4, p. 366-374, 2010.

FERHAT, M. A.; MEKLATI, B. Y; CHEMAT, F. Comparison of different isolation methods of essential oil from Citrus fruits: cold pressing, hydrodistillation and microwave 'dry' distillation. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 22, n. 6, p. 494-504, 2007. <https://doi.org/10.1002/ffj.1829>.

FERNANDES, L. D. A. Antioxidantes naturais para aplicação em alimentos. 2019.

FERNANDES, R. V. B.; BOTREL, D. A.; BORGES, S. V.; SOUZA, A. U.; MONTEIRO, P. S.; MENDES, L. E. S. Microencapsulated oregano essential oil in grated Parmesan cheese conservation. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 2, 2018.

FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. **Revista de Nutrição**, v. 11, n. 1, p. 3-14, 1998. <https://doi.org/10.1590/S1415-%2052731998000100001>.

FERREIRA, V. D. Toxicidade e uso de parabenos em cosméticos. 2019.

FERY, A.; WEINKAMER, R. Mechanical properties of micro-and nanocapsules: Single-capsule measurements. **Polymer**, v. 48, n. 25, p. 7221-7235, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2007.07.050>.

FILHO, A. B. M.; VASCOLCELOS, A. S. Conservação de alimentos. Recife: EDUFRPE, 2010.

FILIPPIS, F. de M. Extração com CO<sub>2</sub> supercrítico de óleos essenciais de Honsho e Ho-sho-experimentos e modelagem. 2001. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

FRANCO, B. D. G. M. E LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2006.

FREITAS, A. C.; FIGUEIREDO, P. Conservação de alimentos. Livro de apoio a disciplina Conservação de alimentos. Lisboa, 2000. Disponível em em:<<http://www.pfigueiredo.org/Book.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2022.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). Código de Regulamentos Federais Título 21. Disponível em:<<https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=182.20>>. Acesso em: 10 fev. 2022.

FOOD INGREDIENTS BRASIL Nº 6. Dossiê: Antioxidantes. São Paulo, 2009. Disponível em:< <http://www.unirio.br/ib/dmp/nutricao-integral/arquivos/fontes-de-consulta-complementar/Antioxidantes%20-%20FOOD%20INGREDIENTS%20BRASIL%20No6%20-%202009.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

FOOD INGREDIENTS BRASIL Nº18. Dossiê: Conservantes. São Paulo, 2011. Disponível em:< [https://revista-fi.com/upload\\_arquivos/201606/2016060507789001467204027.pdf](https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060507789001467204027.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2022.

FOOD INGREDIENTS BRASIL Nº22. Dossiê: Conservação de alimentos. São Paulo, 2012. Disponível em: [https://revista-fi.com/upload\\_arquivos/201606/2016060607896001464976217.pdf](https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060607896001464976217.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2022.

FOOD INGREDIENTS BRASIL Nº25. A microencapsulação a serviço da indústria alimentícia. 2013. Disponível em:< [https://revista-fi.com/upload\\_arquivos/201606/2016060432070001464964229.pdf](https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060432070001464964229.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2022.

FOOD INGREDIENTS BRASIL Nº 33. Aditivos e a Toxicologia: O papel dos aditivos na toxicologia dos alimentos. 2015. Disponível em:< [https://revista-fi.com/upload\\_arquivos/201606/2016060555115001466774105.pdf](https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060555115001466774105.pdf)>. Acesso em: 19 mar. 2022.

FORNARI, T.; VICENTE, G.; VÁZQUEZ, E.; GARCÍA-RISCO, M. R.; REGLERO, G. Isolation of essential oil from different plants and herbs by supercritical fluid extraction. **Journal of Chromatography A**, v. 1250, p. 34-48, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2012.04.051>.

FRANKEL, Edwin Nessim. **Lipid oxidation**. Elsevier, 2014.

FRANSWAY, A. F.; FRANSWAY, P. J.; BELSITO, D. V.; WARSHAW, E. M.; SASSEVILLE, D.; FOWLER, J. F.; REEDER, M. J. Parabens. *Dermatitis*, v.30 n.1, p. 3–31, 2019b.

FILLY, A.; FERNANDEZ, X.; MINUTI, M.; VISINONI, F.; CRAVOTTO, G.; CHEMAT, F. Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: from laboratory to pilot and industrial scale. **Food chemistry**, v. 150, p. 193-198, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.139>.

GAVA, A. J.; DA SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. Tecnologia de alimentos. NBL Editora, 2009.

GENG, Y.; LIU, J.; LV, R.; YUAN, J.; LIN, Y.; WANG, X. An efficient method for extraction, separation and purification of eugenol from *Eugenia caryophyllata* by supercritical fluid extraction and high-speed counter-current chromatography. **Separation and Purification Technology**, v. 57, n. 2, p. 237-241, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2007.04.015>.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of secagem por spray in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v. 40, n. 9, p. 1107-1121, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004>.

GHOSH, V.; MUKHERJEE, A.; CHANDRASEKARAN, N. Ultrasonic emulsification of food-grade nanoemulsion formulation and evaluation of its bactericidal activity **Ultrasonics sonochemistry**, v. 20, n. 1, p. 338-344, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.08.010>.

GIRI, T. K.; VERMA, S.; BADWAIK, H.; TRIPATHI, D. K.; ALEXANDER, A.; TRIPATHY, M. Crosslinked biodegradable alginate hydrogel floating beads for stomach site specific controlled delivery of metronidazole. **Farmacia**, v. 61, n. 3, p. 533-550, 2013.

GOKTEPE, S.; OCAK, B.; OZDESTAN-OCAK, O. Physico-chemical, sensory, and antioxidant characteristics of olive paste enriched with microencapsulated thyme essential oil. **Food and Bioprocess Technology**, v. 14, n. 11, p. 2032-2045, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02707-x>.

GOMES, P. B.; MATA, V. G.; RODRIGUES, A. E. Production of rose geranium oil using supercritical fluid extraction. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 41, n. 1, p. 50-60, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2006.08.018>.

GOMEZ-ESTACA, J.; COMUNIAN, T. A.; MONTERO, P.; FERRO-FURTADO, R.; FÁVARO-TRINDADE, C. S. Encapsulation of an astaxanthin-containing lipid extract from shrimp waste by complex coacervation using a novel gelatin–cashew gum complex. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 155-162, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.05.005>.

GONÇALVES, A; GUAZZELLI, M. J. Agroflorestas e óleos essenciais. 2014. Disponível em: <[http://www.centroecologico.org.br/cartilhas/Cartilha\\_Oleos.pdf](http://www.centroecologico.org.br/cartilhas/Cartilha_Oleos.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2022.

GONÇALVES, N. D.; DE LIMA, F. P.; SARTORATTO, A.; DERLAMELINA, C.; DUARTE, M. C. T.; ANTUNES, A. E. C.; PRATA, A. S. Encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil used as a natural preservative in bakery product. **Food Research International**, v. 96, p. 154–160, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.006>.

GONÇALVES, S. F.; OLIVEIRA, S. P.; SOUZA, K. S. S.; REIS, I. M. F.; TEIXEIRA, N. T. P.; SANTOS, S. H. S.; BRAND I. V.; ALMEIDA, A. C. Poder conservante e atividade antioxidante do óleo essencial de cravo da Índia adicionado em bebida láctea fermentada. **Construindo saberes, formando pessoas e transformando a pecuária nacional: 55ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2018. Disponível em: <<http://www.adaltech.com.br/anais/zootecnia2018/resumos/trab-0366.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

GONZÁLEZ-FANDOS, E.; DOMINGUEZ, J.L. Effect of potassium sorbate washing on the growth of *Listeria monocytogenes* on fresh poultry. **Food Control**., v.18, p. 842-846, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.04.008>.

GOUIN, S. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. **Trends in food science & technology**, v. 15, n. 7-8, p. 330-347, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.10.005>

GUAN, W.; LI, S.; YAN, R.; TANG, S.; QUAN, C. Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. **Food Chemistry**, v. 101, n. 4, p. 1558-1564, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.009>.

GUTIÉRREZ-DEL-RÍO, I.; FERNÁNDEZ, J.; LOMBÓ, F. Plant nutraceuticals as antimicrobial agents in food preservation: terpenoids, polyphenols and thiols. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 52, n. 3, p. 309-315, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2018.04.024>.

GREIGE-GERGES, H.; KAISSI, R.; MAGDALOU, J.; JRAIJ, A. Reviewing the binding of a series of parabens to human serum albumin. **Biopharmaceutics & drug disposition**, v. 34, n. 3, p. 186-194, 2013. <https://doi.org/10.1002/bdd.1836>.

GUPTA, S.; KHAN, S.; MUZAFAR, M.; KUSHWAHA, M.; YADAV, A. K.; GUPTA, A. P. Encapsulation: Entrapping essential oil/flavors/aromas in food. In: **Encapsulations**. Academic Press, 2016. p. 229-268. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804307-3.00006-5>.

HASHEMINEJAD, N.; KHODAIYAN, F.; SAFARI, M. Improving the antifungal activity of clove essential oil encapsulated by chitosan nanoparticles. **Food chemistry**, v. 275, p. 113-122, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.085>.

HOMAYONPOUR, P.; JALALI, H.; SHARIATIFAR, N.; AMANLOU, M. Effects of nano-chitosan coatings incorporating with free/nano-encapsulated cumin (*Cuminum cyminum* L.) essential oil on quality characteristics of sardine fillet. **International Journal of Food Microbiology**, v. 341, p. 109047, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109047>.

HUSSAIN, A. I.; ANWAR, F.; HUSSAIN SHERAZI, S. T.; PRZYBYLSKI, R. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. **Food Chemistry**, v. 108, n. 3, p. 986-995, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.010>.

HYLDGAARD, M.; MYGIND, T.; MEYER, R. L. Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. **Frontiers in Microbiology**, v. 3, p. 12, 2012. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00012>.

INANLI, A. G.; TÜMERKAN, E. T. A.; EL ABED, N.; REGENSTEIN, J. M.; ÖZOGUL, F. The impact of chitosan on seafood quality and human health: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 97, p. 404-416, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.029>.

INETIANBOR, J. E.; YKUBU, J. M.; EZEONU, S. C. Effects of food additives and preservatives on man – A review. *Asian J. Sci. Technol.* v. 6, n. 2, p. 1118-1135, 2015. Disponível em: < <https://www.journalajst.com/sites/default/files/issues-pdf/1742.pdf> >. Acesso em: 01 mar. 2022.

JAFARI, S. M.; ASSADPOOR, E.; HE, Y.; BHANDARI, B. Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. **Drying technology**, v. 26, n. 7, p. 816-835, 2008. <https://doi.org/10.1080/07373930802135972>.

JAIN, R. A. The manufacturing techniques of various drug loaded biodegradable poly (lactide-co-glycolide)(PLGA) devices. **Biomaterials**, v. 21, n. 23, p. 2475-2490, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(00\)00115-0](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(00)00115-0).

JAIN, A.; THAKUR, D.; GHOSHAL, G.; KATARE, O. P.; SHIVHARE, U. S. Microencapsulation by complex coacervation using whey protein isolates and gum acacia: an approach to preserve the functionality and controlled release of  $\beta$ -carotene. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 8, p. 1635-1644, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1521-0>.

JAMSHIDI, A.; CAO, H.; XIAO, J.; SIMAL-GANDARA, J. Advantages of techniques to fortify food products with the benefits of fish oil. **Food Research International**, v. 137, p. 109353, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109353>.

JEDLIŃSKA, A.; SAMBORSKA, K.; WITROWA-RAJCHERT, D.; SEUVRE, A. M.; VOILLEY, A. Industry-scale spray-drying microencapsulation of orange aroma. **International Agrophysics**, v. 33, n. 3, p. 397-405, 2019. <https://doi.org/10.31545/intagr/110857>.

JEYAKUMARI, A.; ZYNUDHEEN, A. A.; PARVATHY, U. Microencapsulation of bioactive food ingredients and controlled release-A review. 2016.

JINGOU, J.; SHILEI, H.; WEIQI, L.; DANJUN, W.; TENGFEI, W.; YI, X. Preparation, characterization of hydrophilic and hydrophobic drug in combine loaded chitosan/cyclodextrin nanoparticles and in vitro release study. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 83, n. 1, p. 103-107, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.11.005>.

JU, J.; XIE, Y.; GUO, Y.; CHENG, Y.; QIAN, H.; YAO, W. Application of edible coating with essential oil in food preservation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 15, p. 2467-2480, 2018. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1456402>.

JU, J.; CHEN, X.; XIE, Y.; YU, H.; GUO, Y.; CHENG, Y.; QIAN, H.; YAO, W. Application of essential oil as a sustained release preparation in food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, v. 92, p. 22-32, 2019 <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.005>.

JUDDE, A.; VILLENEUVE, P.; ROSSIGNOL-CASTERA, A.; LE GUILLOU, A. Antioxidant effect of soy lecithins on vegetable oil stability and their synergism with tocopherols. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 80, n. 12, p. 1209-1215, 2003. <https://doi.org/10.1007/s11746-003-0844-4>.

JURIĆ, S.; JURIĆ, M.; SIDDIQUE, M. A. B.; FATHI, M. Vegetable oils rich in polyunsaturated fatty acids: nanoencapsulation methods and stability enhancement. **Food Reviews International**, v. 38, n. 1, p. 32-69, 2022. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1717524>.

JYOTHI, N. V. N.; PRASANNA, P. M.; SAKARKAR, S. N.; PRABHA, K. S.; RAMAIAH, P. S.; SRAWAN, G. Y. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. **Journal of microencapsulation**, v. 27, n. 3, p. 187-197, 2010. <https://doi.org/10.3109/02652040903131301>.

KALANI, M.; YUNUS, R. Application of supercritical antisolvent method in drug encapsulation: a review. **International journal of nanomedicine**, v. 6, p. 1429, 2011. <https://doi.org/10.2147/IJN.S19021>.

KALEMBA, D. A. A. K.; KUNICKA, A. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. **Current Medicinal Chemistry**, v. 10, n. 10, p. 813-829, 2003. <https://doi.org/10.2174/0929867033457719>.

KAMKAR, A.; MOLAEI-AGHAEI, E.; KHANJARI, A.; AKHONDZADEH-BASTI, A.; NOUDOOST, B., SHARIATIFAR, N., ALIZADEH, M. S.; SOLEIMANI, M. Nanocomposite active packaging based on chitosan biopolymer loaded with nano-liposomal essential oil: Its characterizations and effects on microbial, and chemical properties of refrigerated chicken breast fillet. **International Journal of Food Microbiology**, v. 342, p. 109071, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109071>.

KELEN, M.; TEPE, B. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of the essential oils of three *Salvia* species from Turkish flora. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 10, p. 4096-4104, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.09.002>.

KFOURY, M.; AUEZOVA, L.; GREIGE-GERGES, H.; FOURMENTIN, S. Encapsulation in cyclodextrins to widen the applications of essential oils. **Environmental Chemistry Letters**, v. 17, n. 1, p. 129-143, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0783-y>.

KHAJEH, M.; YAMINI, Y.; BAHRAMIFAR, N.; SEFIDKON, F.; PIRMORADEI, M. R. Comparison of essential oils compositions of *Ferula assa-foetida* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. **Food chemistry**, v. 91, n. 4, p. 639-644, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.033>.

KITAOKA, N.; LU, X.; YANG, B.; PETERS, R. J. The Application of Synthetic Biology to Elucidation of Plant Mono-, Sesqui-, and Diterpenoid Metabolism. **Molecular plant**, v. 8, n. 1, p. 6-16, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2014.12.002>.

KOH, K.J.; PEARCE, A.L.; MARSHMAN, G.; FINLAY-JONES, J.J.; HART, P.H. Tea tree oil reduces histamine-induced skin inflammation. **British Journal of Dermatology**, v. 147, n. 6, p. 1212-1217, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2133.2002.0503>.

KOTNIK, P.; ŠKERGET, M.; KNEZ, Z. Supercritical fluid extraction of chamomile flower heads: comparison with conventional extraction, kinetics and scale-up. **The journal of supercritical fluids**, v. 43, n. 2, p. 192-198, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2007.02.005>.

KORDALI, S.; KOTAN, R.; MAVI, A.; CAKIR, A.; ALA, A.; YILDIRIM, A. Determination of the chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of artemisiadracunculus and of the antifungal and antibacterial activities of turkish Artemisia absinthium, A. dracunculus, Artemisia santonicum, and Artemisia spicigera essential oils. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 53, n. 24, p. 9452-9458, 2005. <https://doi.org/10.1021/jf0516538>.

KRAEMER, F. B. Análise Micológica e determinação físico-química de amostras de camarão salgado seco comercializados no Estado do Rio de Janeiro (Dissertação de mestrado). Niterói, Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2000.

KUMAR, R. S.; SIVAKUMAR, T.; SUNDERAM, R. S.; GUPTA, M.; MAZUMDAR, U. K.; GOMATHI, P.; RAJESHWAR, Y.; SARAVANAN, S.; KUMAR, M. S.; MURUGESH, K.; KUMAR, K. A. Antioxidant and antimicrobial activities of Bauhinia racemosa L. stem bark. **Brazilian journal of medical and biological research**, v. 38, n. 7, p. 1015-1024, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2005000700004>.

KUMARI, A.; YADAV, S. K.; PAKADE, Y. B.; SINGH, B.; YADAV, S. C. Development of biodegradable nanoparticles for delivery of quercetin. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 80, n. 2, p. 184-192, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.06.002>.

KUSHAARI, K.; PANDEY, P.; SONG, Y.; TURTON, R. Monte Carlo simulations to determine coating uniformity in a Wurster fluidized bed coating process. **Powder Technology**, v. 166, n. 2, p. 81-90, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2006.05.001>.

KUZEY, C. D. A. Óleos essenciais: aspectos gerais e potencialidades. 2021.



LAMBERT, R. J. W.; SKANDAMIS, P. N.; COOTE, P. J.; NYCHAS, G. J. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal of Applied Microbiology**, v. 91, n. 3, p. 453-462, 2001. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01428.x>.

LANDFESTER, K. Miniemulsion polymerization and the structure of polymer and hybrid nanoparticles. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 48, n. 25, p. 4488-4507, 2009. <https://doi.org/10.1002/anie.200900723>.

Laurindo, J. Teor de Natamicina, Caracterização Físico-Química, Perfil de Ácidos Graxos e Índices de Qualidade Lipídica em Queijo Azul e Tipo Gorgonzola. Londrina, 2017.

LASIC, D. D. Novel applications of liposomes. **Trends in biotechnology**, v. 16, n. 7, p. 307-321, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(98\)01220-7](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(98)01220-7).

LASZLÓ, F. Curso de Aromatologia. Módulo I. Minas Gerais. 2008.

LEDEVER, J. Enciclopédia moderna de higiene alimentar. Trad. Ivone Castilho Beneditt, Creusa Magalhães Machado, Magda Seuto de Fonseca e Carla Murad Túlio. São Paulo: Dois, 1991. Apud. Albuquerque, M. V., Santos, S. A. D., Cerqueira, N. T. D. V., & Silva, J. A. Educação alimentar: uma proposta de redução do consumo de aditivos alimentares. **Química e Sociedade**, v. 34, n. 2, p. 51-57, 2012.

LEAL, P. F. Estudo comparativo entre os custos de manufaturas e as propriedades funcionais de óleos voláteis obtidos por extração supercrítica e destilação por arraste a vapor. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Faculdade de Engenharia de Alimentos.

LEE, Y.; JI, Y. R.; LEE, S.; CHOI, M. J.; CHO, Y. Microencapsulation of probiotic *Lactobacillus acidophilus* KBL409 by extrusion technology to enhance survival under simulated intestinal and freeze-drying conditions. 2019.

LI, X. M.; TIAN, S. L.; PANG, Z. C.; SHI, J. Y.; FENG, Z. S.; ZHANG, Y. M. Extraction of *Cuminum cyminum* essential oil by combination technology of organic solvent with low boiling point and steam distillation. **Food chemistry**, v. 115, n. 3, p. 1114-1119, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.091>.

LIAO, W.; BADRI, W.; DUMAS, E.; GHNIMI, S.; ELAÏSSARI, A.; SAUREL, R.; GHARSALLAOUI, A. Nanoencapsulation of essential oils as natural food antimicrobial agents: an overview. **Applied Sciences**, v. 11, n. 13, p. 5778, 2021. <https://doi.org/10.3390/app11135778>.

LIU, Q.; HUANG, H.; CHEN, H.; LIN, J.; WANG, Q. Food-grade nanoemulsions: Preparation, stability and application in encapsulation of bioactive compounds. **Molecules**, v. 24, n. 23, p. 4242, 2019. <https://doi.org/10.3390/molecules24234242>.

LIU, Q.; MENG, X.; LI, Y.; ZHAO, C. N.; TANG, G. Y.; LI, H. B. Antibacterial and antifungal activities of spices. **International Journal of Molecular Sciences**, 2017. <https://doi.org/10.3390/ijms18061283>.

LIU, W.; CHEN, X. D.; SELOMULYA, C. On the spray drying of uniform functional microparticles. **Particuology**, v. 22, p. 1-12, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2015.04.001>.

LOPEZ-AVILA, V.; YOUNG, R.; BECKERT, W. F. Microwave-assisted extraction of organic compounds from standard reference soils and sediments. **Analytical Chemistry**, v. 66, n. 7, p. 1097-1106, 1994. <https://doi.org/10.1021/ac00079a027>.

LOUZEIRO, A.; SANTOS, D.; PEREIRA, J. E.; FIGUEIRA, B. E.; COSTA, J.; BRANCO, R. Relatório referente a extração do óleo essencial da casca da laranja (*Citrus sinensis*) e análise cromatográfica acoplada a um espectrômetro de massa. Belém, 2011.

LUCCHESI, M. E.; CHEMAT, F.; SMADJA, J. Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. **Journal of Chromatography a**, v. 1043, n. 2, p. 323-327, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.05.083>.

LUCERA, A.; COSTA, C.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Food applications of natural antimicrobial compounds. **Frontiers in microbiology**, 3, 287, 2012. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00287>.

LUCÍA, C.; MARCELA, F.; AINHOA, L. Encapsulation of Almond Essential Oil by Co-Extrusion/Gelling Using Chitosan as Wall Material. **Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences**, v. 7, n. 01, p. 67, 2017. <https://doi.org/10.4236/jeas.2017.71004>.

LUPE, F. A. Estudo da composição química de óleos essenciais de plantas aromáticas da Amazônia. 2007. p. 120. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, 2007.

LUPO, B. Maestro, A., Porras, M., Gutiérrez, J. M., & González, C. Preparation of alginate microspheres by emulsification/internal gelation to encapsulate cocoa polyphenols. **Food Hydrocolloids**, v. 38, p. 56-65, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.11.003>.

MADHAVI, DI L.; DESHPANDE, SS; SALUNKHE, Dattajirao K. **Antioxidantes de alimentos: tecnológicos: perspectivas toxicológicas e de saúde**. CRC Press, 1995. Apud. RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes used in oils, fats and fatty foods. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400023>

MAHAPATRO, Anil; SINGH, Dinesh K. Biodegradable nanoparticles are excellent vehicle for site directed in-vivo delivery of drugs and vaccines. **Journal of nanobiotechnology**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2011. <https://doi.org/10.1186/1477-3155-9-55>.

MAKADIA, H. K.; SIEGEL, S. J. Poly lactic-co-glycolic acid (PLGA) as biodegradable controlled drug delivery carrier. **Polymers**, v. 3, n. 3, p. 1377-1397, 2011. <https://doi.org/10.3390/polym3031377>.

MALLET, A. C. T. Utilização de óleos essenciais de condimentos na conservação de queijos tipo Quark. 2011. 131 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

MARINO, M.; BERSANI, C.; COMI, G. Impedance measurement to study antimicrobial activity of essential oils from *Lamiaceae* and *Compositae*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 67, n. 3, p. 187-195, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00447-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00447-0).

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. Revisão: Antioxidantes naturais da família lamiaceae. Aplicação em Produtos Alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 10, n. 2, p. 96-103, 2007.

MARQUES, G. R.; FERNANDES, R. V. D. B.; LAGO, A. M. T.; BORGES, S. V.; BERTOLUCCI, S. K. V.; LIMA, A. D. J. B.; BOTREL, D. A. Spray-dried thyme essential oil microparticles using different polymeric matrices. **Drying Technology**, v. 39, n. 12, p. 1883-1894, 2021. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1871917>.

MÁRQUEZ-RUIZ, G.; GARCÍA-MARTÍNEZ, M. C.; HOLGADO, F. Changes and effects of dietary oxidized lipids in the gastrointestinal tract. **Lipid Insights**, v. 2, p. LPI. S904, 2008. <https://doi.org/10.4137/LPI.S904>.

MARTÍN, Á.; VARONA, S.; NAVARRETE, A.; COCERO, M. J. Encapsulation and coprecipitation processes with supercritical fluids: applications with essential oils. **The Open Chemical Engineering Journal**, v. 4, n. 1, 2010. <https://doi.org/10.2174/1874123101004010031>.

MARTINS, I. M.; BARREIRO, M. F.; COELHO, M.; RODRIGUES, A. E. Microencapsulation of essential oils with biodegradable polymeric carriers for cosmetic applications. **Chemical Engineering Journal**, v. 245, p. 191-200, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.02.024>.

MATHAVI, V., SUJATHA, G., RAMYA, S. B., & DEVI, B. K. New trends in food processing. **International Journal of Advances in Engineering & Technology**, v. 5, n. 2, p. 176, 2013.

MATIOLI, G.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Microencapsulação do licopeno com ciclodextrinas. **Food Science and Technology**, v. 23, p. 102-105, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000400019>.

MAYAUD, L.; CARRICAJÓ, A.; ZHIRI, A.; AUBERT, G. Comparison of bacteriostatic and bactericidal activity of 13 essential oils against strains with varying sensitivity to antibiotics. **Letters in Applied Microbiology**, v. 47, n. 3, p. 167-173, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2008.02406.x>.

MCMURRY, J.; MATOS, R. M. **Química orgânica: combo**. Cengage Learning Edições Ltda., 2016.

MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 8, p. 1270–1282, 2000. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10596.x>.

MELO, Â. A. M.; VILAS BOAS, E. V. D. B. Inibição do escurecimento enzimático de banana maçã minimamente processada. **Food Science and Technology**, v. 26, p. 110-115, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000100019>.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciências e Tecnologias de Alimentos*, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MENG, F.; WANG, S.; LIU, H.; XU, X.; MA, H. Microencapsulation of oxalic acid (OA) via coacervation induced by polydimethylsiloxane (PDMS) for the sustained release performance. *Materials & Design*, v. 116, p. 31-41, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.11.031>.

MENDES, L. G. Microencapsulação de óleo essencial de alecrim em matrizes de galactomanana de caesalpinia pulcherrima e goma do cajueiro anacardium occidentale L. 2018.

MERC, 2022. Disponível em:< <https://www.merckmillipore.com/BR/pt>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

MÍDIO, A. F.; MARTINS, D. I. Agentes tóxicos contaminantes indiretos de alimentos. *Toxicologia de alimentos*. São Paulo: Varela, p. 163-252, 2000.

MIMICA-DUKIC, N.; BOZIN, B.; SOKOVIC, M.; SIMIN, N. Antimicrobial and antioxidant of *Melissa officinalis* L(Laminaceae) essential oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 52, n. 9, p. 2485-2489, 2004. <https://doi.org/10.1021/jf030698a>.

MISHRA, M. Handbook of encapsulation and controlled release. 2015. <https://doi.org/10.1201/b19038>.

MODANEZ, L. Aceitação de Alimentos Irradiados: Uma Questão de Educação. São Paulo, 2012. <https://doi.org/10.11606/T.85.2012.tde-23102012-150844>.

MUNERATTO, V. M.; GALLO, T. C. B.; NICOLETTI, V. R. Oregano essential oil encapsulation following the complex coacervation method: Influence of temperature, ionic strength, and pH on the release kinetics in aqueous medium. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 45, 2021. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145003221>.

NAHR, F. K.; GHANBARZADEH, B.; HAMISHEHKAR, H.; KAFIL, H. S.; HOSEINI, M.; MOGHADAM, B. E. Investigation of physicochemical properties of essential oil loaded nanoliposome for enrichment purposes. *Lwt*, v. 105, p. 282-289, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.010>.

NASCIMENTO, P. F. C.; NASCIMENTO, A. C.; RODRIGUES, C. S.; ANTONIOLLI, A. R.; SANTOS, P. O.; BARBOSA JR., A. M.; TRINDADE, R. C., Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais: uma abordagem multifatorial dos métodos. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 108-113, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2007000100020>.

NAZZARO, F.; FRATIANNI, F.; MARTINO, L.; COPPOLA, R.; FEO, V. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. **Pharmaceuticals**, v. 6, n. 12, 1451-1474, 2013. <https://doi.org/10.3390/ph6121451>.

NEGI, P. S. Plant extracts for the control of bacterial growth: efficacy, stability and safety issues for food application. **International Journal of Food Microbiology**, v. 156, n. 1, p. 7-17, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.03.006>.

NGAMAKEUE, N; CHITPRASERT, P. Encapsulation of holy basil essential oil in gelatin: Effects of palmitic acid in carboxymethyl cellulose emulsion coating on antioxidant and antimicrobial activities. **Food and Bioprocess Technology**, v. 9, n. 10, p. 1735-1745, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1756-4>.

NGUYEN, M. T.; KRYACHKO, E. S.; VANQUICKENBORNE, L. G. General and theoretical aspects of phenols. **The Chemistry of Phenols**, p. 1-198, 2003. <https://doi.org/10.1002/0470857277.ch1>.

NIKMARAM, N.; ROOHINEJAD, S.; HASHEMI, S.; KOUBAA, M.; BARBA, F. J.; ABBASPOURRAD, A.; GREINER, R. Emulsion-based systems for fabrication of electrospun nanofibers: Food, pharmaceutical and biomedical applications. **RSC advances**, v. 7, n. 46, p. 28951-28964, 2017. <https://doi.org/10.1039/C7RA00179G>.

OETTERER, M.; DÁRCE, M.; SPOTO, M. Antioxidantes. In: OETTERER, M.; DÁRCE, M.; SPOTO, M. Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos. Barueri-SP: Manole, 2006.

OGBADU, L. J. PRESERVATIVES. Permitted Preservatives–Benzoic Acid. 2014.

OLIVEIRA, F. S. Atividade antioxidante e antimicrobiana de óleos essenciais aplicados na preservação de linguiça frescal de frango. 2017.

ORDÓÑEZ PEREDA, J. A.; MURAD, F. Tecnologia de alimentos: Artmed, p. 239- 247, 2005.

OUSSALAH, M.; CAILLET, S.; SALMIÉRI, S.; SAUCIER, L.; LACROIX, M. Antimicrobial and antioxidant effects of milk protein-based film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 18, p. 5598–5605, 2004. <https://doi.org/10.1021/jf049389q>.

OZCAN, M.; ERKMEN, O. Antimicrobial activity of essential oils of turkish plant spices. **European Food Research and Technology**, v. 212, n. 6, p. 658-660, 2001. <https://doi.org/10.1007/s002170100310>.

OZKAN, G.; FRANCO, P.; MARCO, I.; XIAO, J.; CAPANOGLU, E. A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. **Food Chemistry**, v. 272, n. 8, p. 494-506, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.205>.

PABAST, M.; SHARIATIFAR, N.; BEIKZADEH, S.; JAHED, G. Effects of chitosan coatings incorporating with free or nano-encapsulated Satureja plant essential oil on quality characteristics of lamb meat. **Food Control**, v. 91, p. 185-192, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.03.047>.

PANDEY, A. K.; KUMAR, P.; SINGH, P.; TRIPATHI, N. N.; BAJPAI, V. K. Essential oils: Sources of antimicrobials and food preservatives. **Frontiers in microbiology**, v. 7, p. 2161, 2017. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02161>.

PAQUES, J. P.; SAGIS, L. M.; VAN RIJN, C. J.; VAN DER LINDEN, E. Nanospheres of alginate prepared through w/o emulsification and internal gelation with nanoparticles of CaCO<sub>3</sub>. **Food Hydrocolloids**, v. 40, p. 182-188, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.02.024>.

PASUKAMONSET, P.; KWON, O.; ADISAKWATTANA, S. Alginate-based encapsulation of polyphenols from Clitoria ternatea petal flower extract enhances stability and biological activity under simulated gastrointestinal conditions. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 772-779, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.039>.

PAVELA, R. Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: a review. **Industrial crops and products**, v. 76, p. 174-187, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.050>.

PELLICER, J. A.; FORTEA, M. I.; TRABAL, J.; RODRÍGUEZ-LÓPEZ, M. I.; GABALDÓN, J. A.; NÚÑEZ-DELICADO, E. Stability of microencapsulated strawberry flavour by spray drying, freeze drying and fluid bed. **Powder Technology**, v. 347, p. 179-185, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.03.010>.

PETER, K. V. Handbook of herbs and spices. **Woodhead Publishing Limited**, v. 2, 2004.

PINHEIRO, A. L. Produção de óleos Essenciais. **Viçosa: CPT**, 2003.

PISOSCHI, A. M.; POP, A.; GEORGESCU, C.; TURCUŞ, V.; OLAH, N. K.; MATHE, E. An overview of natural antimicrobials role in food. **Jornal Europeu de Química Medicinal**, v. 143, p. 922-935, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.11.095>.

PONCELET, D. Microencapsulation: fundamentals, methods and applications. In: Surface chemistry in biomedical and environmental Science. 2006.

POSHADRI, A.; APARNA, K. Microencapsulation technology: a review. **Journal of Research ANGRAU**, v. 38, n. 1, p. 86-102, 2010.

POURMORTAZAVI, S. M.; HAJMIRSADEGHI, S. S. Supercritical fluid extract ion in plant essential and volatile oilanalysis, v. 1163, n. 1/2, p. 2-24, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.06.021>.

PRAKASH, B.; KEDIA, A.; MISHRA, P. K.; DUBEY, N. K. Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities e Potentials and challenges. **Food Control**, v. 47, p. 381-391, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.%2001.018>.

PRESENTE, J. G. Produção e conservação de queijos frescos adicionados de óleos essenciais. Universidade Federal do Rio Grande escola de química e alimentos engenharia agroindustrial e indústrias alimentícias, Santo Antônio da Patrulha, 2015.

PROESTOS, C.; SERELI, D.; KOMAITIS, M. Determination of phenolic compounds in aromatic plants by RP-HPLC and GC-MS. **Food Chemistry**, v. 95, n. 1, p. 44-52, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.016>.

QIU, L.; ZHANG, M.; ADHIKARI, B.; CHANG, L. Microencapsulation of rose essential oil in mung bean protein isolate-apricot peel pectin complex coacervates and characterization of



microcapsules. **Food Hydrocolloids**, v. 124, p. 107366, 2022.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107366>.

RAHMAN, A.; KANG, S. Inhibition of foodborne pathogens and spoiling bacteria by essential oil and extracts of *Erigeron ramosus* (walt.) B. S. P. **Journal of Food Safety, London**, v. 29, n. 2, p. 176-189, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2009.00149.x>.

RĂILEANU, M.; TODAN, L.; VOICESCU, M.; CIUCULESCU, C.; MAGANU, M. A way for improving the stability of the essential oils in an environmental friendly formulation. **Materials Science and Engineering: C**, v. 33, n. 6, p. 3281-3288, 2013.  
<https://doi.org/10.1016/j.msec.2013.04.012>.

RAJKOVIC, A. Microbial toxins and low level of foodborne exposure. **Trends in Food Science & Technology**, v. 38, n. 2, p. 149-157, 2014.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.04.006>.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes used in oils, fats and fatty foods. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400023>.

RANDHAWA, S.; BAHNA, S. L. Hypersensitivity reactions to food additives. **Current opinion in allergy and clinical immunology**, v. 9, n. 3, p. 278-283, 2009.  
<https://doi.org/10.1097/ACI.0b013e32832b2632>.

RASSEM, H. H. A.; NOUR, A. H.; YUNUS, R. M. Techniques for extraction of essential oils from plants: a review. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 10, n. 16, p. 117-127, 2016.

RAUT, J.S. KARUPPAYIL, S.M. A status review on the medicinal properties of essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 62, p. 250 – 264, 2014.  
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.055>.

RAZOLA-DÍAZ, M. D C; GUERRA-HERNÁNDEZ, E. J.; GARCÍA-VILLANOVA, B.; VERARDO, V. Recent developments in extraction and encapsulation techniques of orange essential oil. **Food Chemistry**, v. 354, p. 129575, 2021.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129575>.

REVERCHON, E.; CAPUTO, G.; DE MARCO, I. Role of phase behavior and atomization in the supercritical antisolvent precipitation. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 42, n. 25, p. 6406-6414, 2003. <https://doi.org/10.1021/ie0302138>.

REVERCHON, E.; DE MARCO, I.; TORINO, E. Nanoparticles production by supercritical antisolvent precipitation: a general interpretation. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 43, n. 1, p. 126-138, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2007.04.013>.

REZVANKHAH, A.; EMAM-DJOMEH, Z.; ASKARI, G. Encapsulation and delivery of bioactive compounds using spray and freeze-drying techniques: A review. **Drying Technology**, v. 38, n. 1-2, p. 235-258, 2020. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1653906>.

REZZOUG, S. A.; BOUTEKEDJIRET, C.; ALLAF, K. Optimization of operating conditions of rosemary essential oil extraction by a fast controlled pressure drop process using response surface methodology. **Journal of food engineering**, v. 71, n. 1, p. 9-17, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.044>.

RÉ, M.I. Microencapsulation by spray drying. **Drying Technol**, v.16, p.1195-1236, 1998.

RIAHI, L.; CHOGRANI, H.; ELFERCHICHI, M.; ZAOUALI, Y.; ZOGHLAMI, N.; MLIKI, A. Variations in Tunisian wormwood essential oil profiles and phenolic contents between leaves and flowers and their effects on antioxidant activities. **Industrial Crops and Products**, v. 46, p. 290-296, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.01.036>.

RIBEIRO, E. P. E.; SERAVALLI, E. A. G. Química de alimentos. Edgard Bullucher, 2<sup>a</sup> ed., 2007.

RIBEIRO-SANTOS, R.; ANDRADE, M.; SANCHES-SILVA, A.; DE MELO, N. R. Essential oils for food application: Natural substances with established biological activities. **Food and bioprocess technology**, v. 11, n. 1, p. 43-71, 2018.

RISCH, S. J. Encapsulation of Flavors by Extrusion, *Flavor Encapsulation*, v. 370, p. 103–109, 1998. <https://doi.org/10.1021/bk-1988-0370.ch011>.

RODRIGUES, A. F. D. S.; PEREIRA, A. L. P.; ULIANA, B. P. B. B. P.; CAMPOS, C. F.; RESENDE, C. D. M.; DIAS, C. S. J.; DE CARVALHO NETO, D. P.; FERNANDES, F. D. S. R.; LEMOS, I. D. L.; DA COSTA, J. R. S.; SOUZA, M. S.; BERNARDES, M. A. V.; ALVES,

M. P. Z.; FERREIRA, M. C.; CARDOSO, V. V. D. M.; **ADITIVOS ALIMENTARES** Conceitos, aplicações e toxicidade. Editora FUCAMP. 1ª ed. 2013.

RODRIGUEZ-GARCIA, I., SILVA-ESPINOZA, B.A., ORTEGA-RAMIREZ, L.A., LEYVA, J.M., SIDDIQUI, M.W., CRUZ-VALENZUELA, M.R., GONZALEZ-AGUILAR, G.A.; AYALA-ZAVALA, J.F. Oregano essential oil as an antimicrobial and antioxidant additive in food products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 10, p. 1717-1727, 2016. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.800832>.

ROMDHANE, M.; TIZAOUI, C. The kinetic modeling of a steam distillation unit for the extraction of aniseed (*Pimpinella anisum*) essential oil. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology**, v. 80, n. 7, p. 759-766, 2005. <https://doi.org/10.1002/jctb.1221>.

RAMON, O.; DANINO, D. Lipid self-assembled particles for the delivery of nutraceuticals. **Delivery and controlled release of bioactives in foods and nutraceuticals**, p. 207-233, 2008.

ROY, P.; ABDULSALAM, F. I.; PANDEY, D. K.; BHATTACHARJEE, A.; ERUVARAM, N. R.; MALIK, T. Evaluation of antioxidant, antibacterial, and antidiabetic potential of two traditional medicinal plants of India: *Swertia cordata* and *Swertia chirayita*. **Pharmacognosy Research**. v. 7, n. 1, p. 57-62, 2015. <https://doi.org/10.4103/0974-8490.157997>.

ROZZI, N. L.; PHIPPEN, W.; SIMON, J. E.; SINGH, R. K. Supercritical fluid extraction of essential oil components from lemon-scented botanicals. **LWT-Food Science and Technology**, v. 35, n. 4, p. 319-324, 2002. <https://doi.org/10.1006/food.2001.0873>.

RUBERTO, G.; BARATTA, M. T. Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. **Food Chemistry**, v. 69, n. 2, p. 167-174, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00247-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00247-2).

RUNYORO, D.; NGASSAPA, O.; VAGIONAS, K.; ALIGIANNIS, N.; GRAIKOU, K.; CHINO, I. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of four *Ocimum* species growing in Tanzania. **Food Chemistry**, v. 119, p. 311-316, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.028>.

SADEGHI, Z.; VALIZADEH, J.; SHERMEH, O. A.; AKABERI, M. Antioxidant activity and total phenolic content of *Boerhavia elegans* (choisy) grown in Baluchestan, Iran. **Avicenna journal of phytomedicine**, v. 5, n. 1, p. 1, 2015.

SAIFULLAH, M.; SHISHIR, M. R. I.; FERDOWSI, R.; RAHMAN, M. R. T.; VAN VUONG, Q. Micro and nano encapsulation, retention and controlled release of flavor and aroma compounds: A critical review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 230-251, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.030>.

SALGADO, P. R.; LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; MAURI, A. N.; MONTERO, M. P. Sunflower protein films incorporated with clove essential oil have potential application for the preservation of fish patties. **Food Hydrocolloids**, v. 33, n. 1, p. 74–84. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.02.008>.

SALVADORI, N. M.; GRAEFF, T.; ACOSTA, B. S.; DA SILVA, M. N.; DOS SANTOS NESSLER, M. A. ESTUDO SOBRE TÉCNICAS DE ENCAPSULAÇÃO PARA ÓLEOS ESSENCIAIS. Simpósio em Saúde e Alimentação, v. 3, 2019.

SANTOS, R. R.; ANDRADE, M.; SILVA, S. A. Application of Encapsulated Essencial Oils as Antimicrobial Agents in Food. **Current Opinion in Food Science**, v. 14, p. 78-84, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.01.012>.

SANTOS, S. M. D. Filmes ativos comestíveis elaborados com óleos essenciais aplicados em maçãs minimamente processadas. 2016.

SAKKAS, H.; GOUSIA, P.; ECONOMOU, V.; SAKKAS, V.; PETSIOS, S.; PAPADOPOULOU, C. In vitro antimicrobial activity of five essential oils on multidrug resistant Gram-negative clinical isolates. **Journal of intercultural ethnopharmacology**, v. 5, n. 3, p. 212, 2016. <https://doi.org/10.5455/jice.20160331064446>.

SARIKURKCU, C.; ARISOY, K.; TEPE, B.; CAKIR, A.; ABALI, G.; METE, E. Studies on the antioxidant activity of essential oil and different solvent extracts of *Vitexagnuscastus* L. fruits from Turkey. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, n. 10, p. 2479-2483, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.07.005>.

SASAKI, Y.F.; KAWAGUCHI, S.; KAMAYA, A.; OHSHITA, M.; KABASAWA, K.; IWAMA, K.; TANIGUCHI, K.; TSUDAC, S. The comet assay with 8 mouse organs: results with 39 currently used food additives. **Mutation Research/Genetic Toxicology and**

**Environmental Mutagenesis**, v. 519, n. 1-2, p. 103-119, 2002. [https://doi.org/10.1016/S1383-5718\(02\)00128-6](https://doi.org/10.1016/S1383-5718(02)00128-6).

SARTOR, R. B. Modelagem, Simulação e Otimização de uma Unidade Industrial de Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Processos). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

SERAFINI, L. A.; SANTOS, A. C. A.; TOUGUINHA, L. A.; AGOSTINI, G.; DALFOVO, V. Extrações e aplicações de óleos essenciais de plantas aromáticas e medicinais. Caxias do Sul: EDUCS. 2002.

SERESHTI, H.; ROHANIFAR, A.; BAKHTIARI, S.; SAMADI, S. Bifunctional ultrasound assisted extraction and determination of *Elettaria cardamomum* Maton essential oil. **Journal of Chromatography A**, v. 1238, p. 46-53, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2012.03.061>.

SHERRY, M.; CHARCOSSET, C.; FESSI, H.; GREIGE-GERGES, H. Essential oils encapsulated in liposomes: a review. **Journal of liposome research**, v. 23, n. 4, p. 268-275, 2013. <https://doi.org/10.3109/08982104.2013.819888>.

SHAHIDI, F., SMISH, J.; HONG-SHUM, L. Food Additive Databook, **Blackwell Science, Ltd.**, Oxford, U.K., 2003, p. 75.

SHARAFATI CHALESHTORI, R.; ROKNI, N.; RAFIEIAN-KOPAEI, M.; DERIS, F.; SHARAFATI CHALESHTORI, A.; SALEHI, E. Use of tarragon (*Artemisia dracunculus*) essential oil as a natural preservative in beef burger. **Italian Journal of Food Science**, v. 26, n. 4, p. 427-432, 2014.

SI, W.; GONG, J.; CHANAS, C.; CUI, S.; YU, H.; CABALLERO, C.; FRIENDSHIP, R. M. *In vitro* assessment of antimicrobial activity of carvacrol, thymol and cinnamaldehyde towards *Salmonella* serotype Typhimurium DT104: effects of pig diets and emulsification in hydrocolloids. **Journal of Applied Microbiology**, v. 101, n. 6, p. 1282-1291, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03045.x>.

SILVA, E. K.; MEIRELES, M. A. A. Encapsulation of food compounds using supercritical technologies: applications of supercritical carbon dioxide as an antisolvent. **Food Public Health**, v. 4, n. 5, p. 247-258, 2014. <https://doi.org/10.5923/j.fph.20140405.06>.

SILVA, A. S. D. Quais os conservantes mais utilizados em alimentos comercializados na maior rede de supermercados do Brasil?. 2013.

SILVA, J. H. S. Desenvolvimento e aplicação de ferramentas computacionais para análise econômica da produção dos óleos essenciais vinculados a extração por arraste a vapor. Programa de pós-graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

SILVA, J. S. M.; RABELO, M. S.; LIMA, S. X.; ANALF, R.; TADEI, W. P.; CHAVES, F. C. M.; BEZZERA, J. A.; BIONDO, M. M.; CAMPELO, P. H.; SANCHES, E. A. Biodegradable nanoparticles loaded with *Lippia alba* essential oil: a sustainable alternative for *Aedes aegypti* larvae control. **European Academic Research**, v. 7, p. 6237-6258, 2020.

SILVA, M. M.; LIDON, F. C. An overview on applications and side effects of antioxidant food additives. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 823-832. 2016. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-04-351>.

SILVA, S. R.; SÁ, D. M. A. T.; PASSOS, A. A. T. Influência de óleos essenciais na inibição do desenvolvimento microbiano em alimentos. In: **Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI), VII**. 2012. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/%20viewFile/360/2607>>. Acesso em: 16 fev. 2022.

SILVEIRA, J. C.; BUSATO, N.; COSTA, A.; JUNIOR, E. C. Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, 2012.

SILVESTRI, J. D. F.; PAROUL, N.; CZYEWski, E.; LERIN, L.; ROTAVA, I.; CANSIAN, R. L.; MOSSI, A.; TONIAZZO, G.; DE OLIVEIRA, D.; TREICHEL, H. 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. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000500004>.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMAN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P. R. Farmacognosia: Da planta ao medicamento. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFSC e UFRGS, 2007a.

SLINGERLAND, M.; GUCHELAAR, H. J.; GELDERBLOM, H. Liposomal drug formulations in cancer therapy: 15 years along the road. **Drug discovery today**, v. 17, n. 3-4, p. 160-166, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2011.09.015>.

SMITH-PALMER, A.; STEWART, J.; FYFE, L. The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese. **Food Microbiology**, v. 18, n. 4, p. 463-470, 2001. <https://doi.org/10.1006/fmic.2001.0415>.

SOVRANI, A.; PEROSA, F.; NOGUEIRA, M. R. C. Estudo para implantação de uma unidade piloto para recuperação de subprodutos da indústria de suco de uvas. **Unoesc & Ciência-ACET**, p. 65-72, 2015.

SOUZA, B. A.; PIAS, K. K. S.; BRAZ, N. G.; BEZERRA, A. S. Aditivos Alimentares: Aspectos Tecnológicos e Impactos na Saúde Humana. **Revista Contexto & Saúde**, v. 19, n. 36, p. 5-13, 2019. <https://doi.org/10.21527/2176-7114.2019.36.5-13>.

SOUZA, W. F. M.; MARIANO, X. M.; ISNARD, J. L.; DE SOUZA, G. S.; DE SOUZA GOMES, A. L.; DE CARVALHO, R. J. T.; ROCHAD, C. B.; SIQUEIRA JUNIOR, C. L.; MOREIRA, R. F. A. Evaluation of the volatile composition, toxicological and antioxidant potentials of the essential oils and teas of commercial Chilean boldo samples. **Food Research International**, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.059>.

SOUZA SIMÕES, L.; MADALENA, D. A.; PINHEIRO, A. C.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A.; RAMOS, Ó. L. Micro-and nano bio-based delivery systems for food applications: In vitro behavior. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 243, p. 23-45, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2017.02.010>.

SPIJNI, E.; PETROCELLI, G.; IMBESI, V.; SPIGARELLI, R.; AZZINNARI, D.; DONATI SARTI, M.; CAMPIERI, M.; VALERII, M. C. Antioxidant, anti-inflammatory, and microbial-modulating activities of essential oils: Implications in colonic pathophysiology. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 11, p. 4152, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21114152>.

SRINIVAS, Y.; MATHEW, S. M.; KOTHAKOTA, A.; SAGARIKA, N.; PANDISELVAM, R. Microwave assisted fluidized bed drying of nutmeg mace for essential oil enriched extracts: An assessment of drying kinetics, process optimization and quality. **Innovative Food Science**

& **Emerging Technologies**, v. 66, p. 102541, 2020.  
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102541>.

STARMANS, D. A. J.; NIJHUIS, H. H. Extraction of secondary metabolites from plant material: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 7, n. 6, p. 191-197, 1996.  
[https://doi.org/10.1016/0924-2244\(96\)10020-0](https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)10020-0).

STEFANI, E. Modelagem matemática do processo de extração supercrítica de óleo essencial de Ho-Sho (*Cinnamomum camphora* Nees & Eberm var. *linaloolifera* fujita) Utilizando CO<sub>2</sub>. 2003. p. 103. Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

STRATAKOS, A. C.; KOIDIS, A. Methods for extracting essential oils. In: **Essential oils in food preservation, flavor and safety**. Academic Press, 2016. p. 31-38.

TACKENBERG, M. W.; KLEINEBUDDE, P. Encapsulation of liquids via extrusion-a review. **Current Pharmaceutical Design**, v. 21, n. 40, p. 5815-5828, 2015.

TAJKARIMI, M.M.; IBRAHIM, S.A.; CLIVER, D.O. Antimicrobial herb and spice compounds in food. **Food Control**. v. 21, p. 1199–218, 2010.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.02.003>.

TAKAHASHI, O. Haemorrhagic toxicity of a large dose of  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -and  $\delta$ -tocopherols, ubiquinone,  $\beta$ -carotene, retinol acetate and L-ascorbic acid in the rat. **Food and chemical toxicology**, v. 33, n. 2, p. 121-128, 1995. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(94\)00120-D](https://doi.org/10.1016/0278-6915(94)00120-D).

TAKEMOTO, E.; TEIXEIRA FILHO, J.; GODOY, H. T. Validação de metodologia para a determinação simultânea dos antioxidantes sintéticos em óleos vegetais, margarinas e gorduras hidrogenadas por CLAE/UV. **Química Nova**, v. 32, p. 1189-1194, 2009.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000500020>.

TAN, C.; XUE, J.; ABBAS, S.; FENG, B.; ZHANG, X.; XIA, S. Liposome as a delivery system for carotenoids: comparative antioxidant activity of carotenoids as measured by ferric reducing antioxidant power, DPPH assay and lipid peroxidation. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 62, n. 28, p. 6726-6735, 2014. <https://doi.org/10.1021/jf405622f>.

TANEJA, A; SINGH, H. Challenges for the delivery of long-chain n-3 fatty acids in functional foods. **Annual review of food science and technology**, v. 3, p. 105-123, 2012.



THOMAS, L. V. Preservatives. Sorbic acid. **Encyclopedia of food microbiology**, p. 1769-1776, 2000.

TOMANIOVA, M.; HAJŠLOVÁ, J.; PAVELKA JR, J.; KOCOUREK, V.; HOLADOVA, K.; KLIMOVA, I. Microwave-assisted solvent extraction—a new method for isolation of polynuclear aromatic hydrocarbons from plants. **Journal of Chromatography A**, v. 827, n. 1, p. 21-29, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(98\)00754-7](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(98)00754-7).

TOMASKA, L. D.; THARWA, A. C. T. Australia S brooke-Taylor, bright, food additivesgeneral VIC, Australia. 2014.

TONGNUANCHAN, P.; BENJAKUL, S. Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. **Journal of food science**, v. 79, n. 7, p. R1231-R1249, 2014. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12492>.

TOURÉ, A.; LU, H. B; ZHANG, X.; XUEMING, X. Microencapsulation of Ginger Oil in 18DE Maltodextrin/Whey Protein Isolate. **Jornal de Ervas, Especiarias e Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 2, pág. 183-195, 2011. <https://doi.org/10.1080/10496475.2011.583137>.

TRINDADE, M. A.; GROSSO, C. R. F. The stability of ascorbic acid microencapsulated in granules of rice starch and in gum arabic. **Journal of Microencapsulation**, v. 17, n. 2, p. 169-176, 2000. <https://doi.org/10.1080/026520400288409>.

TROJANOWSKA, A.; NOGALSKA, A.; VALLS, R. G.; GIAMBERINI, M.; TYLKOWSKI, B. Technological solutions for encapsulation. **Physical Sciences Reviews**, v. 2, n. 9, 2017. <https://doi.org/10.1515/psr-2017-0020>.

TRUCILLO, P.; CAMPARDELLI, R.; REVERCHON, E. Production of liposomes loaded with antioxidants using a supercritical CO<sub>2</sub> assisted process. **Powder Technology**, v. 323, p. 155-162, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.10.007>.

TUORMAA, T. E. The adverse effects of food additives on health: a review of the literature with a special emphasis on childhood hyperactivity. **Journal of Orthomolecular Medicine**, v. 9, p. 225-225, 1994.

TUREK, C.; STINTZING, F. C. Stability of essential oils: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, n. 1, p. 40-53, 2013. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12006>.

TYAGI, V. V., KAUSHIK, S. C., TYAGI, S. K., & AKIYAMA, T. Development of phase change materials based microencapsulated technology for buildings: a review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 15, n. 2, p. 1373-1391, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.10.006>.

UMER, H.; NIGAM, H.; TAMBOLI, A. M.; NAINAR, M. S. M. Microencapsulation: Process, Techniques and Applications. **International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences**, 2, 474-481, 2011.

ÜNAL, K.; BABAOGLU, A. S.; KARAKAYA, M. Effect of oregano, sage and rosemary essential oils on lipid oxidation and color properties of minced beef during refrigerated storage. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 17, n. 5, p. 797-805, 2014. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2014.956803>.

USHA, R.; POTHAKAMURY, U. R. Fundamental aspects of controlled release in foods. Trends in. **Food Sci and Technol**, v. 6, n. 12, p. 397-406, 1995.

VAFANIA, B.; FATHI, M.; SOLEIMANIAN-ZAD, S. Nanoencapsulation of thyme essential oil in chitosan-gelatin nanofibers by nozzle-less electrospinning and their application to reduce nitrite in sausages. **Food and Bioproducts Processing**, v. 116, p. 240-248, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.06.001>.

VALENZUELA, A.; SANHUEZA, J.; NIETO, S. Natural antioxidants in functional foods: from food safety to health benefits. **Grasas y aceites**, v. 54, n. 3, p. 295-303, 2003.

VAN HAAFTEN, R.I.M.; EVELO, C.T.A.; HAENEN, G.R.M.M.; BAST, A.  $\alpha$ -Tocopherol inhibits human glutathione S-transferase  $\pi$ . **Biochemical and biophysical research communications**, v. 280, n. 3, p. 631-633, 2001.

VASCONCELOS, M. A. D. S.; MELO, F. A. B. D. Conservação de alimentos. 2016. Disponível em:< [http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/316/Cons\\_Alimentos.pdf?sequence=2](http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/316/Cons_Alimentos.pdf?sequence=2)>.

Acesso em: 22 fev. 2022.

VAZIRIAN, M.; ALEHABIB, S.; JAMALIFAR, H.; FAZELI, M. R.; NAJARIAN TOOSI, A.; KHANAVI, M. Antimicrobial effect of cinnamon (*Cinnamomum verum* J. Presl) bark essential oil in cream-filled cakes and pastries. **Research Journal of Pharmacognosy**, v. 2, n. 4, p. 11-16, 2015.

VENTURINI, A. T. Natamicina: análise e controle em sucos de uva e vinhos nacionais e importados comercializados no Brasil. 2012. <http://hdl.handle.net/10183/60385>.

VIAN, M. A.; FERNANDEZ, X.; VISINONI, F.; CHEMAT F. Microwave hydrodiffusion and gravity, a new technique for extraction of essential oils. **Journal of chromatography a**, v. 1190, n. 1-2, p. 14-17, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.02.086>.

VIATOR, C.; BLITSTEIN, J.; BROPHY, J.E.; FRASER, A. Preventing and controlling foodborne disease in commercial and institutional food service settings: a systematic review of published intervention studies. **Journal of food protection**, v. 78, n. 2, p. 446-456, 2015. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-266>.

VILKHU, K.; MAWSON, R.; SIMONS, L.; BATES, D. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry—A review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 9, n. 2, p. 161-169, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.04.014>.

VINATORU, M. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 8, n. 3, p. 303-313, 2001. [https://doi.org/10.1016/S1350-4177\(01\)00071-2](https://doi.org/10.1016/S1350-4177(01)00071-2).

VINCENZI, D.; DE JESUS MENDES, L.; MOTA, V. M. ADITIVOS COMO CONSERVANTES QUÍMICOS. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 9, p. 821-849, 2021. <https://doi.org/10.51891/rease.v7i9.2283>.

VIOLETA, N.; TRANDAFIR, I.; IONICA, M. E. Development and evaluation of an HPLC-DAD method for determination of benzoic acid in tomato sauce and ketchup. **Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Agriculture**, v. 63, p. 510-515, 2007.

VOSS, C. Veneno no seu prato. **Utilidades e riscos dos aditivos alimentares**. 1ª ed. EDIDECO—Editores Para a defesa do consumidor Lda. Lisboa, 2002.

WANG, L.; WELLER, C. L. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 6, p. 300-312, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.12.004>.

WEISS, J.; SCHERZE, I.; MUSCHIOLIK, G. Polysaccharide gel with multiple emulsion. **Food Hydrocolloids**, v. 19, n. 3, p. 605-615, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.foohyd.2004.10.023>.

WERNER, S. R.; JONES, J. R.; PATERSON, A. H.; ARCHER, R. H.; PEARCE, D. L. Air-suspension particle coating in the food industry: Part I—State of the art. **Powder Technology**, v. 171, n. 1, p. 25-33, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2006.08.014>.

WHITNEY, E; ROLFES, S.R. Nutrição 1 – Entendendo os nutrientes. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

WHO. World Health Organization. 2022. Disponível em:< <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/>>. Acesso em: 14 abr. 2022.

WOLFFENBÜTTEL, A. N. Base da química dos óleos essenciais e aromaterapia: abordagem técnica e científica. **São Paulo: Roca**, v. 2, 2010.

WURTZEN, G. Shortcomings of current strategy for toxicity testing of food chemicals: antioxidants. *Food Chemistry and Toxicology*, v. 28, p. 743-745, 1990.

YESILYURT, V.; HALFON, B.; ÖZTÜRK, M.; TOPÇU, G. Antioxidant potential and phenolic constituents of *Salvia cedronella*. **Food Chemistry**, v. 108, n. 1, p. 31-39, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.055>.

YOSHIDA, P. A.; YOKOTA, D.; FOGGIO, M. A.; RODRIGUES, R. F.; PINHO, S. C. Liposomes incorporating essential oil of Brazilian cherry (*Eugenia uniflora* L.): characterization of aqueous dispersions and lyophilized formulations. **Journal of Microencapsulation**, v. 27, n. 5, p. 416-425, 2010. <https://doi.org/10.3109/02652040903367327>.

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. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12344>.

ZHANG, Y.; HSU, B.Y.; REN, C.; LI, X.; WANG, J. Silica-based nanocapsules: Synthesis, structure control and biomedical applications. **Chemical Society Reviews**, v. 44, n. 1, p. 315-335, 2015.

ZHANG, X.; LI, D.; MENG, Q.; HE, C.; REN, L. Effect of mulberry leaf extracts on color, lipid oxidation, antioxidant enzyme activities and oxidative breakdown products of raw ground

beef during refrigerated storage. **Journal of Food Quality**, v. 39, n. 3, p. 159-170, 2016. <https://doi.org/10.1111/jfq.12187>.

ZINOVIADOU, K. G.; KOUTSOUMANIS, K. P.; BILIADERIS, C. G. Physico-chemical properties of whey protein isolate films containing oregano oil and their antimicrobial action against spoilage flora of fresh beef. **Meat Science**, v. 82, n. 3, p. 338-345, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.02.004>.