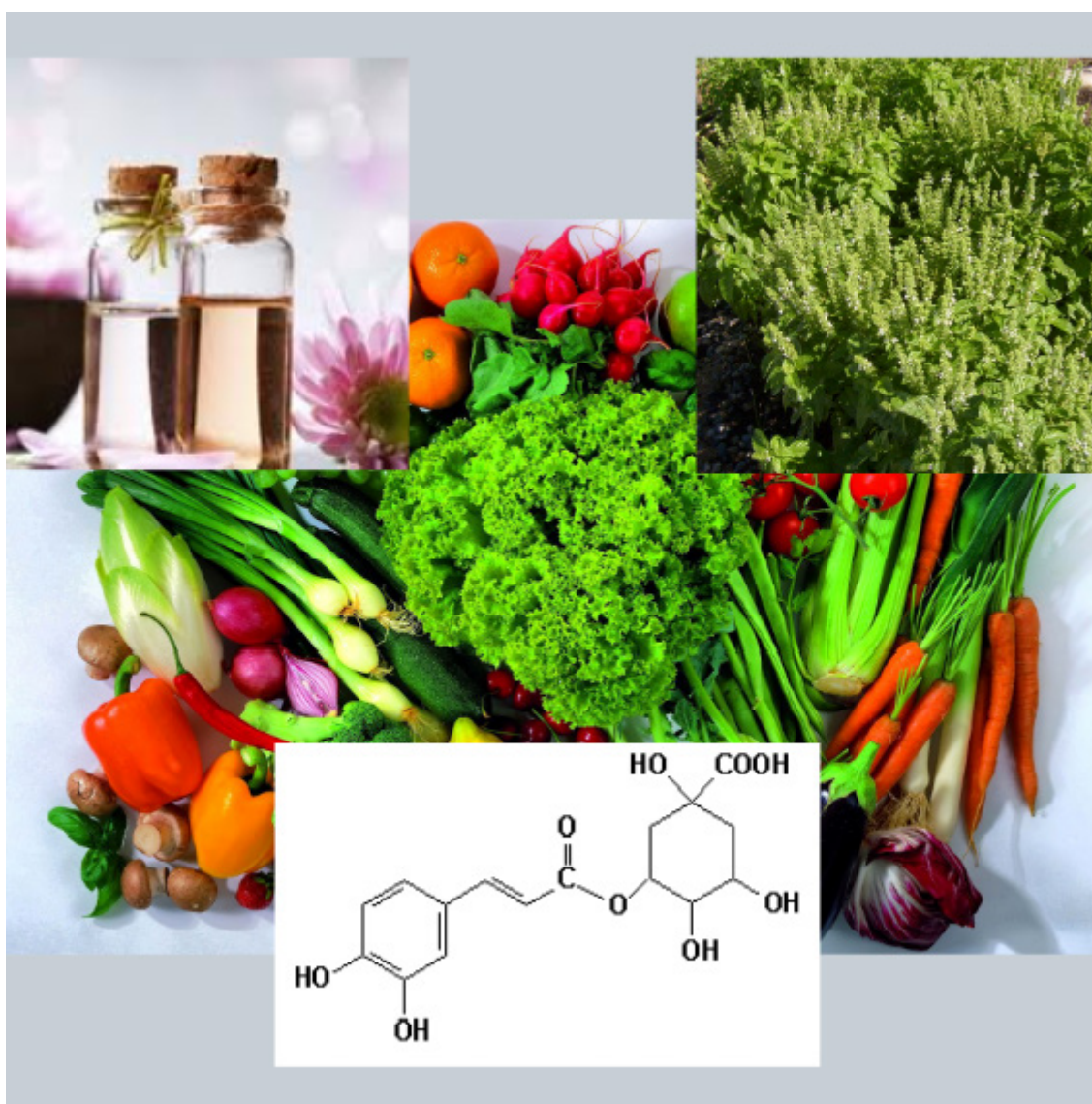




## Potencial Uso de Antimicrobianos de Plantas na Conservação de Alimentos



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agroindústria Tropical  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**DOCUMENTOS 198**

**Potencial Uso de Antimicrobianos de Plantas  
na Conservação de Alimentos**

Terezinha Feitosa Machado  
Laura Maria Bruno

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

**Embrapa Agroindústria Tropical**  
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici  
CEP 60511-110 Fortaleza, CE  
Fone: (85) 3391-7100  
Fax: (85) 3391-7109  
www.embrapa.br/agroindustria-tropical  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente  
*Antônio Genésio Vasconcelos Neto*

Secretária-executiva  
*Celli Rodrigues Muniz*

Secretária-administrativa  
*Eveline de Castro Menezes*

Membros  
*Afrânio Arley Teles Montenegro,  
Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho,  
Christiana de Fátima Bruce da Silva,  
Francisco Nelsieudes Sombra Oliveira,  
José Roberto Vieira Júnior, Laura Maria  
Bruno, Roselayne Ferro Furtado, Sandra  
Maria Morais Rodrigues*

Revisão de texto  
*José Cesamildo Cruz Magalhães*

Normalização bibliográfica  
*Rita de Cassia Costa Cid*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*José Cesamildo Cruz Magalhães*

Fotos da capa  
*Rita de Cássia Alves Pereira e Lucas  
Barbosa Pinto*

**1ª edição**  
Publicação digital (2022): PDF

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Agroindústria Tropical

---

Machado, Terezinha Feitosa

Potencial uso de antimicrobianos de plantas na conservação de alimentos /  
Terezinha Feitosa Machado e Laura Maria Bruno – Fortaleza: Embrapa Agroindústria  
Tropical, 2022.

17 p. : il. ; 21 cm x 29,7 cm. – (Documentos / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN  
2179-8184; 198).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. Conservação de alimentos. 2. Antimicrobianos derivados de plantas.  
3. Microrganismos patogênicos. I. Machado, Terezinha Feitosa. II. Bruno, Laura Maria.  
III. Título. IV. Série.

CDD 664.024

## Autores

### **Terezinha Feitosa Machado**

Engenheira de Alimentos, doutora em Bioquímica, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

### **Laura Maria Bruno**

Engenheira de Alimentos, doutora em Ciências Biológicas, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

## Apresentação

Alimento seguro é um requisito para uma vida saudável. As doenças transmitidas por alimentos são um problema global com impacto significativo na saúde humana. Os surtos de origem alimentar criam um desafio para as autoridades reguladoras de alimentos e saúde a fim de controlar os microrganismos patogênicos. Vários métodos de conservação são utilizados para atender as demandas em relação à segurança microbiológica, aos valores nutricionais e às propriedades sensoriais dos alimentos, dentre esses o uso de conservantes sintéticos. Todavia, os conservantes químicos têm causado problemas de saúde.

Nesse cenário, há uma crescente demanda por alimentos mais saudáveis, impulsionando investigações para fontes alternativas de conservantes naturais. As plantas são valiosas fontes de compostos bioativos com atividades antimicrobianas. Contudo, a variação na eficácia desses compostos contra microrganismos em sistemas laboratoriais e sistemas alimentares reais é o principal desafio do seu uso em alimentos.

Esta publicação traz uma revisão sobre produtos derivados de plantas com potencial uso para o controle de microrganismos patogênicos e deterioradores de alimentos.

Gustavo Adolfo Saavedra Pinto  
Chefe-Geral da Embrapa Agroindústria Tropical

## Sumário

Introdução.....	6
Antimicrobianos de origem vegetal.....	6
Compostos derivados de plantas.....	6
Extratos.....	7
Óleos essenciais.....	9
Peptídeos antimicrobianos.....	10
Tioninas.....	11
Defensinas.....	11
Proteínas transportadoras de lipídeos (LTPs).....	11
Snakinas.....	11
Peptídeos tipo-heveína.....	12
Peptídeos tipo-kinotinas.....	12
Considerações finais.....	12
Referências.....	12

## Introdução

A proteção de produtos alimentícios contra a deterioração é uma das demandas fundamentais da indústria de alimentos e tem sido considerada em todas as etapas da cadeia alimentar, incluindo produção, armazenamento e distribuição. Bactérias e fungos podem contaminar e causar vários efeitos negativos nas propriedades sensoriais (sabor, cor e textura) dos alimentos. Além disso, a ingestão de alimentos contaminados com microrganismos patogênicos constitui uma séria preocupação sanitária (Batiha et al., 2021). Vários métodos e tecnologias de conservação foram desenvolvidos para atender as demandas em relação à segurança microbiológica, aos valores nutricionais e às propriedades sensoriais dos alimentos, dentre esses o processamento térmico e os conservantes sintéticos (Bahrami et al., 2020; Pisoshi et al., 2018). O processamento térmico consiste no uso de temperaturas entre 60-150 °C por vários segundos ou minutos. Todavia, durante esse tratamento, a energia térmica é transferida para os alimentos em grandes quantidades, podendo às vezes ter efeitos organolépticos e nutricionais indesejáveis. Por outro lado, os conservantes sintéticos, como nitratos, benzoatos, sulfitos e sorbatos, têm sido relacionados com efeitos colaterais na saúde do consumidor (Pisoshi et al., 2018). O uso de sulfitos pode resultar em várias reações alérgicas (Gunnison et al., 1987), enquanto os antioxidantes fenólicos sintéticos são associados a efeitos cancerígenos (Kim et al., 2013). Por essas razões, há um interesse crescente por produtos naturais como alternativas, tais como antimicrobianos derivados de plantas, animais, bactérias, algas e fungos (Bahrami et al., 2019; Barboza et al., 2021; Batiha et al., 2021; Delshadi et al., 2021). O objetivo desta publicação é apresentar uma visão geral sobre a diversidade de compostos antimicrobianos naturais de origem vegetal, suas fontes e aplicações no controle de microrganismos indesejáveis em alimentos.

## Antimicrobianos de origem vegetal

### Compostos derivados de plantas

Nesta seção, é fornecida uma visão geral da atividade antimicrobiana dos compostos derivados de plantas, principalmente com base em suas características estruturais. Esses compostos estão naturalmente presentes no sistema de defesa da planta e são encontrados em extratos, óleos essenciais (OEs) e peptídeos antimicrobianos (Dhiman; Kumar, 2020). São metabólitos secundários com atividade antimicrobiana contra bactérias, bolores, leveduras e vírus, que também exercem atividade antioxidante, prevenindo a oxidação lipídica de alimentos (Negi, 2012). Esses compostos são, principalmente, fenólicos, ácidos orgânicos, quinonas, saponinas, flavonoides, taninos, cumarinas, terpenoides e alcaloides com grande diversidade estrutural, que impacta nas ações antimicrobianas que exercem (Gyawali; Ibrahim, 2014).

Os Compostos fenólicos são um dos mais diversos grupos de metabólitos secundários. A presença do grupo hidroxil ativo (-OH) desses compostos desempenha papel importante na atividade antimicrobiana, como, por exemplo, (a) interação com a membrana plasmática promovendo sua ruptura e conseqüente perda do conteúdo celular; (b) promove a deslocação de elétrons que agem como trocadores de prótons, reduzindo o gradiente de pH da membrana celular microbiana. Essa série de reações causa o colapso da força motriz do próton, o esgotamento do pool de ATP e, por fim, a morte celular (Chibane et al., 2018). A posição relativa do grupo -OH no núcleo fenólico também influencia a eficácia antimicrobiana desses compostos. Por exemplo, a estrutura do timol é semelhante à do carvacrol. No entanto, a diferença na eficácia antimicrobiana entre esses

compostos contra as bactérias Gram-positivas e Gram-negativas foi atribuída a localização do grupo -OH na posição *meta* no timol em comparação com a posição *orto* no carvacrol (Dorman; Deans, 2000; Pisoschi et al., 2018). A presença do -OH em compostos fenólicos também resulta em atividades antioxidantes. Foi relatado que essa propriedade inibe a geração de espécies reativas de oxigênio, bem como elimina radicais livres, reduzindo o potencial redox do meio de crescimento microbiano, restringindo ainda mais o crescimento de microrganismos indesejáveis (Gyawali; Ibrahim, 2014; Stojković et al., 2013). Outra característica que influencia a eficácia antimicrobiana dos compostos fenólicos é o número e a posição de duplas ligações na molécula. Citronelol, geraniol e nerol mostraram atividade antimicrobiana contra bactérias (*Bacillus cereus*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*) e levedura (*Candida albicans*). Contudo, entre esses compostos, citronelol foi considerado menos eficaz devido à presença de apenas uma ligação dupla, enquanto geraniol e nerol, ambos com duas ligações duplas, mostraram maior atividade antimicrobiana (Gyawali; Ibrahim, 2014; Gochev et al., 2010). A atividade antimicrobiana de dois pares de compostos fenólicos isoméricos, eugenol-isogenol, também mostrou diferir apenas devido à posição da ligação dupla na cadeia lateral alifática. Friedman e colaboradores (2002) relataram que o eugenol foi cerca de 13 vezes mais ativo do que o isoeugenol contra *Campylobacter jejuni* e *Listeria*. Esses resultados também foram confirmados em relação aos isômeros óticos 2-carvona (R e S), quando o isômero S apresentou atividade duas vezes maior contra *Listeria monocytogenes*. Contudo, os referidos isômeros foram igualmente ativos contra *E. coli*, *Salmonella enterica* e *C. Jejuni*, indicando que a atividade antimicrobiana em relação à estrutura-função pode ser cepa-dependente (Gyawali; Ibrahim, 2014).

As diferenças estruturais dos terpenos também mostraram influência na atividade antimicrobiana desses compostos. Terpenos hidroxilados, como timol e carvacrol, mostraram eficácia antimicrobiana maior do que monoterpenos de hidrocarbonetos simples (Griffin et al., 2000; Gyawali; Ibrahim, 2014; Pisoschi, et al, 2017; Sokovic et al, 2010). Foi demonstrado que a adição de dois ou mais grupos de -OH em derivados de benzaldeído torna-os mais ativos e, considerando que esses compostos atuam principalmente na membrana celular, promove um aumento na permeabilidade da membrana e consequente perda de íons de potássio, explicando assim sua atividade antimicrobiana (Figueiredo et al., 2008). A atividade de antimicrobianos vegetais também pode variar, dependendo do tipo de microrganismos, método de extração, meio de cultura, tamanho do inóculo e método de determinação (Gyawali; Ibrahim, 2014; Mohajeri et al., 2018 Tajkarimi et al., 2010).

## Extratos

Extratos de ervas e especiarias têm sido tradicionalmente usados como aditivos em alimentos em todo o mundo, não só para melhorar as características sensoriais, mas também para estender sua vida útil, reduzindo ou eliminando microrganismos indesejáveis (Srinivasan, 2014). Ervas e especiarias têm a maioria dos antimicrobianos derivados de plantas. Consideram-se ervas as partes verdes da planta, como o caule e as folhas, enquanto as especiarias são definidas como ervas diferenciadas, produzidas a partir de sementes, flores, frutas, raízes ou mesmo a casca de uma variedade de planta (Embuscado, 2015; Mendonca et al., 2018). A eficácia de seus extratos como antimicrobianos foi relatada em diversos estudos (Embuscado, 2015; Martínez-Graciá et al., 2015; Negi, 2012; Shan et al., 2007; Srinivasan, 2014; Tajkarimi et al., 2010). Além da natureza antimicrobiana, esses extratos também apresentam capacidade antioxidante, diretamente atribuída à presença de metabólitos secundários, que incluem ácidos fenólicos, saponinas, taninos, alcaloides, fenóis, glicocalcoides, flavonoides, sesquiterpenos e terpenoides (Pisoschi et al., 2018). Embora a segurança desses compostos possa levantar algumas preocupações, tem sido



afirmado que a maioria possui status GRAS (Burt; Reinders, 2004). Gyawali e Ibrahim (2014) relataram que as diversas variações estruturais dos compostos derivados de plantas têm grande impacto em sua ação antimicrobiana. Vários estudos foram realizados com o uso de compostos extraídos de plantas contra diferentes gêneros e/ou espécies microbianas. O extrato de cravo exibiu atividade antibacteriana contra *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus* e atividade antifúngica contra *Candida albicans* e *Trichophyton mentagrophytes*. A atividade antimicrobiana dessa especiaria é atribuída à presença de eugenol (Chaieb et al., 2007; Tajkarimi et al., 2010). O extrato de canela, rica em cinamaldeído, eugenol e álcool cinamílico, exerce sua ação antimicrobiana inibindo a síntese da parede celular, prejudicando a função da membrana e a síntese de ácidos nucleicos (Winias, 2015). O extrato da pimenta-preta, rico em compostos fenólicos, apresentou atividade antifúngica contra *Fusarium graminearum* e *Penicillium viridicatum* (Singh et al., 2004). Almela et al. (2006) relataram que a atividade antimicrobiana do extrato de alecrim é devida ao seu conteúdo em compostos fenólicos e ácido carnósico, enquanto no gengibre as funções antimicrobiana e antioxidante são associadas ao composto fenólico 6-gingerol (Stoiloya et al., 2006). Segundo Murugan e colaboradores (2013), os alcaloides de carbazol e cumarinas são responsáveis pela atividade antimicrobiana do extrato de curry. A atividade antimicrobiana dos extratos de orégano e tomilho foram associadas ao carvacrol e timol, respectivamente (Taylor; Davidson, 2014), mostrando atividade contra diferentes espécies bacterianas, como *Aeromonas* spp., *B. cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Enterobacter faecalis*, *Lactobacillus plantarum*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Yersinia enterocolitica* (Bagamboula et al., 2003; Burt; Reinders, 2004) e diferentes bolores e leveduras, como *Aspergillus*, *Candida*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces* e *Schizosaccharomyces* (Tiwari et al., 2009). Outras ervas e especiarias, como coentro, noz-moscada, alho e manjeriço, entre outras, têm potencial microbiano. Contudo, a eficácia antimicrobiana de seus extratos varia em função do microrganismo-alvo, da microbiota inicial do alimento e de fatores ambientais (Dhiman; Aggarwal, 2020). Alguns exemplos da eficácia antimicrobiana de ervas e especiarias e seus extratos usados em alimentos estão listados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Efeito antimicrobiano de algumas ervas e especiarias e seus extratos quando usados em alimentos.

Tipo de alimento	Erva / especiaria	Microrganismo	Efeito inibitório
Suco de maçã	Canela em pó	<i>Listeria monocytogenes</i>	Sim
Comida para bebê	Sálvia	<i>Salmonella</i> Tiphimurim	Sim
		<i>Staphylococcus aureus</i>	Sim
		<i>Staphylococcus aureus</i>	Sim
Cenoura	Óleo de tomilho	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	Sim
Salada de ova de bacalhau	Óleo de hortelã	<i>Salmonella</i> Enteritidis	Sim
Salsichas frescas de porco	Alecrim	<i>Listeria monocytogenes</i>	Sim
Carne moída	Pasta fresca de alho	Microflora natural	Sim
Queijo <i>Mozzarella</i>	Óleo de cravo	<i>Listeria monocytogenes</i>	Sim

## Óleos essenciais

Óleos essenciais (OEs) são metabólitos aromáticos secundários derivados de diferentes partes da planta (folhas, casca, flores, sementes e raízes) que podem ser usados pela indústria para diferentes propósitos (Mendonça et al., 2018). Os OEs são intensamente estudados por seus atributos farmacológicos (Periasamy et al., 2016). Na indústria de alimentos, são usados como aromatizantes. No entanto, a presença de compostos biologicamente ativos, como ácidos fenólicos, terpenos, aldeídos, terpenoides e cetonas capazes de inibir o crescimento de microrganismos e prevenir a oxidação lipídica, os tornam fortes candidatos para a conservação de alimentos (Calo et al., 2015; Dhiman; Kumar, 2020).

Os OEs são misturas complexas que consistem em 20 a 60 componentes presentes em diferentes concentrações. Época de colheita, tipos de plantas, estação e métodos adotados para a extração influenciam a diversidade química do óleo essencial. Geralmente, os componentes predominantes (ou compostos principais) determinam suas propriedades biológicas e os efeitos ocorrem em vários locais da célula. No entanto, os componentes presentes em concentrações mais baixas ou traços podem agir sinergicamente com os demais, aumentando a atividade antimicrobiana dos óleos essenciais (Batiha et al., 2021; Chouhan et al., 2017; Dhifi et al., 2016).

Os efeitos antimicrobianos dos OEs foram estudados contra uma ampla gama de microrganismos ao longo dos anos. A capacidade de penetrar na parede celular de fungos e membrana celular de bactérias está diretamente relacionada à solubilidade de seus constituintes na água. No entanto, a atividade antimicrobiana depende da concentração e dos tipos de constituintes químicos presentes nos OEs. Portanto, eles terão diferentes mecanismos de ação em diferentes microrganismos, atuando principalmente pela solubilidade na bicamada lipídica da membrana celular (Bajpai et al., 2012, Rao et al., 2019).

Entre os constituintes dos OEs, os compostos fenólicos atuam através da permeabilidade da membrana celular microbiana, interagindo com proteínas da membrana, alterando sua função e estrutura e induzindo a perda de biomoléculas do interior da célula (Barboza et al., 2021). Eles também influenciam o transporte de elétrons, a atividade enzimática, a síntese de proteína e de ácidos nucleicos (Gyawali; Ibrahim, 2014). Além disso, a atividade antimicrobiana dos fenólicos depende da concentração. Em baixa concentração, inibe a atividade enzimática e, em concentrações mais elevadas, induz a desnaturação proteica (Gyawali; Ibrahim, 2014). Alguns estudos concluem que as bactérias Gram-positivas são mais suscetíveis à ação antimicrobiana dos OEs do que bactérias Gram-negativas. A estrutura da parede celular de bactérias Gram-positivas, composta de peptidoglicano, ácido teicóico e proteínas, permite a penetração de compostos hidrofóbicos que agem na parede celular e no citoplasma. Os OEs ligam-se a enzimas, diminuindo a produção de energia e desnaturando as proteínas (Pavela, 2015; Soković et al., 2010). Por outro lado, com base nessa premissa, as células Gram-negativas devem ser mais resistentes aos OEs porque possuem uma parede celular hidrofílica que previne a penetração de compostos hidrofóbicos. No entanto, diferentes autores (Bajpai et al., 2012; Kim et al., 2011; Nazzaro et al., 2013; Pavela, 2015) mostraram que vários OEs são eficazes com bactérias Gram-negativas.

Diferentes estudos demonstraram a eficácia do OEs e seus compostos para controlar ou inibir o crescimento de microrganismos patogênicos e deterioradores de alimentos. O OE de capim-limão mostrou atividade contra *Listeria monocytogenes*, *L. innocua*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Salmonella choleraesuis*. A concentração inibitória mínima (CIM) variou de 0,34 mg/mL a 11,0 mg/mL, sendo as menores CIMs registradas para bactérias Gram-

positivas *S. aureus*, *L. monocytogenes* e *L. Innocua*, respectivamente (Machado et al., 2012). Tyagi e colaboradores (2014) relataram a atividade antimicrobiana do OE de eucalipto contra 8 diferentes cepas de leveduras deterioradoras de alimentos. A CIM e a concentração fungicida mínima (CFM) variaram de 0,56 a 4,50 mg/mL e de 1,13 a 9 mg/mL, respectivamente. Zhang et al. (2016) observaram que o OE da canela foi eficaz contra *E. coli* e *S. aureus*, com CIM de 1,0 mg/mL para ambas as bactérias. Contudo, a concentração bactericida mínima (CBM) foi menor para *S. aureus* (2,0 mg/mL) do que para *E. coli* (4,0 mg/mL). Dannenberg et al. (2019) verificaram a ação antimicrobiana do OE da pimenta-rosa contra *S. aureus* e *L. monocytogenes*, com MIC de 0,68 e 1,36 mg/mL, respectivamente, e CBM de 2,72 mg/mL para ambas bactérias. O OE do cravo reduziu 3,78 ciclos da contagem bacteriana e aumentou a vida útil da carne vermelha sob refrigeração por 15 dias, em comparação com o controle, que continha carne não tratada (Hernández-Ochoa et al., 2014). Chaleshtori et al. (2015) relataram que o uso de óleo essencial de manjerição em hambúrguer de carne bovina reduziu o crescimento do *S. aureus* PTCC 1189 de 3log cfu/g para 2log cfu/g após 24 horas sob refrigeração. Segundo Silva Dannenberg e colaboradores (2016), o OE da pimenta-rosa a 2% foi eficaz contra *L. monocytogenes* em queijo minas frescal. A combinação do OE de tomilho (em 0,4, 0,8 e 1,2%) e nisina (500 ou 1000 UI/g) diminuiu a população de *L. monocytogenes* abaixo do nível aceitável (2 log cfu/g) e apresentou atividade antibacteriana maior do que o uso individual de ambos (OE ou nisina) em carne de peixe picada durante o período de armazenamento (4 °C por 12 dias) (Abdollahzadeh et al., 2017). Machado e colaboradores (2020) avaliaram o impacto do uso dos OEs de alecrim-pimenta e capim-limão na qualidade microbiológica e sensorial da alface. Recomendaram a realização de estudos sinérgicos dos OEs com outras tecnologias a fim de alcançar o equilíbrio ideal entre eficácia antimicrobiana e aceitabilidade sensorial do produto.

## Peptídeos antimicrobianos

Peptídeos antimicrobianos (PAMs) são moléculas de defesa da planta de baixa massa molecular ativos contra uma ampla gama de organismos, incluindo vírus, bactérias, fungos filamentosos, leveduras, insetos e outros (Sinha et al., 2017). Esses compostos constituem um grupo diverso e abundante de moléculas que são produzidas tanto em plantas quanto em animais, agindo como componentes importantes da imunidade inata (Silva et al., 2011). PAMs vêm sendo isolados de diferentes espécies de plantas e de diferentes órgãos, como flores, folhas, frutos, tubérculos, raízes e especialmente sementes (Nawrot et al., 2014; Rai et al., 2016). Embora sejam de diferentes classes, os PAMs de origem vegetal compartilham algumas características. São considerados polipeptídeos básicos, relativamente pequenos (de 10 a 50 aminoácidos e no máximo 200 aminoácidos), com peso molecular de até 10 kDa, com número variável de cisteína que contribui na estabilização estrutural da molécula por meio de ligações dissulfeto. São moléculas catiônicas com diversas regiões da cadeia hidrofóbica que possuem capacidade de interagir com determinadas membranas celulares e, dessa forma, conferem uma eficiente atividade antimicrobiana contra determinados agentes patogênicos (Odintsova; Egorov, 2012; Teixeira et al., 2012).

Os PAMs podem ser divididos em diferentes famílias, levando-se em consideração, principalmente, suas características estruturais, dentre as quais estão: (I) tioninas, sendo a purotionina, isolada de trigo (*Triticum aestivum*), o primeiro PAM cuja atividade contra patógenos foi detectada in vitro; (II) defensinas, inicialmente isoladas de sementes de cevada (*Hordeum vulgare*); (III) as proteínas transportadoras de lipídeos (LTPs); (IV) as snakinas, que foram inicialmente isoladas de batata (*Solanum tuberosum*); (V) peptídeos tipo-heveína, descritos inicialmente como os peptídeos mais abundantes do látex de seringueiras; e (VI) peptídeos tipo-knotinas, isolados inicialmente de sementes de maravilha (*Mirabilis jalapa*) (Salas et al., 2015).

## Tioninas

As tioninas constituem uma família de peptídeos básicos, com baixo peso molecular (~5 KDa), ricos em arginina, lisina e cisteínas, apresentando de três a quatro pontes dissulfeto que são importantes na manutenção de sua conformação e na sua atividade biológica. Sua estrutura apresenta duas  $\alpha$ -hélices antiparalelas e uma folha  $\beta$ , com resíduos de aminoácidos hidrofóbicos segregados a superfície externa das hélices e resíduos hidrofílicos na superfície interna da hélice. Essa distribuição anfipática é importante para a sua habilidade de romper membranas microbianas e lipossomas fosfolipídicos (Nawrot et al., 2014). Tioninas de trigo mostraram atividade antibacteriana contra patógeno de alimentos *Listeria monocytogenes* e *Listeria ivanovii* in vitro com concentração inibitória mínima (MIC) de 2  $\mu\text{g/mL}$  (Hintz et al., 2015).

## Defensinas

Essa classe é caracterizada como a família de peptídeos catiônicos com maior destaque no reino vegetal. Apresentam peso molecular entre 5 e 7 KDa e possuem 8 resíduos conservados de cisteína (Cools et al., 2017). O primeiro relato de uma defensina caracterizada foi em 1990, isolada a partir do trigo (*Triticum aestivum*). Estudos in vitro têm revelado que as defensinas vegetais possuem um amplo espectro de atividades. Estas incluem atividade antibacteriana (Hintz et al., 2015), atividade antifúngica (Thery; Arendt, 2018), inibição de tripsina (Santos et al., 2010), inibição da síntese de proteína (Wong et al., 2006), entre outras. Existem quatro grupos de defensinas, classificados por propriedades estruturais. O grupo I inibe bactérias Gram-positivas e fungos; o grupo II inibe fungos; o grupo III inibe bactérias Gram-positivas e bactérias Gram-negativas; e o grupo IV inibe bactérias Gram-positivas, bactérias Gram-negativas e fungos. É importante ressaltar que não houve nenhuma toxicidade relatada a respeito de defensinas vegetais para células animais ou vegetais, que é muito significativo do ponto de vista da segurança alimentar, caso esses antimicrobianos sejam utilizados como biopreservativos. Eles têm sido isolados de tubérculos, folhas, vagens, sementes e flores (Salas et al., 2015).

## Proteínas transportadoras de lipídeos (LTPs)

As LTPs consistem em pequenas proteínas catiônicas com aproximadamente 70 a 90 aminoácidos com 8 resíduos de cisteína. Possuem essa denominação devido à sua capacidade de transferência de fosfolípidos e ácidos graxos entre as membranas artificiais in vitro. Sua presença é registrada em diversas espécies, tendo sido extraídas de folhas de espinafre (*Spinacia oleracea*), cevada (*Hordeum vulgare*), milho (*Zea mays*), beterraba (*Beta vulgaris*) e de sementes de trigo (*Triticum aestivum*), rabanete (*Raphanus sativus*), girassol (*Helianthus annuus*), pimenta (*Capsicum annuum*), entre outras. Apresentam propriedades inibitórias contra *Pseudomonas solanacearum*, *Clavibacter michiganensis*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Trichoderma viride* e *Cercospora beticola* (Nawrot et al., 2014; Yeats; Rose, 2008).

## Snakinas

Os PAMs da família das Snakinas foram isolados, primeiramente, de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum*), chamados de snakina-1 (63 aminoácidos) e snakina-2 (66 aminoácidos), com 12 cisteínas formando 6 pontes dissulfeto (Harris et al., 2014). A estrutura das Snakinas tem duas  $\alpha$ -hélices longas estabilizadas por ligações dissulfeto (Porto; Franco, 2013). Um fato importante é que a conservação das posições e do número das cisteínas ao longo da evolução sugere que esses resíduos desempenham um papel central na função das Snakinas, sendo fundamentais para as atividades antibacterianas, antifúngicas e antioxidantes (Rubinovich et al., 2014).

## Peptídeos tipo-heveína

Peptídeos semelhantes a heveína contêm 29-45 aminoácidos com 3 a 5 ligações dissulfeto ricos em cisteína e glicina. A heveína foi observada pela primeira vez no látex da seringueira *Hevea brasiliensis*, apresentando atividade antifúngica in vitro. IWF4 de beterraba (*Beta vulgaris*), Ac-AMP1 de amaranto (*Amaranthus caudatus*), EAFP1 e EAFP2 da casca de *Eucommia ulmoides*, PMAPI de amora de papel (*Broussonetia papyrifera*), WjAMP1 das folhas de *Wasabia japonica* L e vaccatides vH1 e vH2 da *Vaccaria hispanica* são peptídeos semelhantes a heveína (Nawrot et al., 2014, Wong et al., 2017). A heveína é eficaz contra bactérias Gram-positivas e fungos, mas mostra alguma reação alérgica, criando um obstáculo no uso dela como um biopreservador (Tavares et al., 2008).

## Peptídeos tipo-kinotinas

Os PAMs denominados kinotinas possuem de 36 a 37 resíduos de aminoácidos, três ligações dissulfeto e incluem inibidores das famílias  $\alpha$ -amilase, tripsina e carboxipeptidase. Eles executam várias funções, como atividades inibidoras de enzimas, citotóxicas, antimicrobianas, antifúngicas e inseticidas (Heitz et al., 2008; Molesine et al., 2017). Kinotinas lineares são observadas em plantas, fungos e insetos. No entanto, ciclotídeos e suas variantes acíclicas são encontradas exclusivamente em plantas e exibem atividades antibacteriana e antifúngica (Dhiman; Kumar, 2020; Nguyen et al., 2013).

## Considerações finais

O uso de antimicrobianos de plantas como conservantes em alimentos ainda é um desafio. Considerando-se que, para inibir a deterioração ou eliminar bactérias patogênicas, são necessárias altas concentrações dessas substâncias, pode não só afetar a qualidade sensorial, mas também ter impacto negativo na saúde humana. Portanto, pesquisas precisam ser feitas sobre combinações sinérgicas desses antimicrobianos, bem como com diferentes tecnologias para garantir a segurança e a qualidade dos produtos alimentícios.

## Referências

- ABDOLLAHZADEH, E.; REZAEI, M.; HOSSEINI, H. Antibacterial activity of plant essential oils and extracts: The role of thyme essential oil, nisin, and their combination to control *Listeria monocytogenes* inoculated in minced fish meat. **Food Control**, v. 35, n. 1, p. 177-183, 2014. doi: 10.12989/eas.2017.12.1.047.
- ALMELA, L.; SÁNCHEZ-MUNOZ, B.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A.; ROCA, M. J.; RABE, V. Liquid chromatographic–mass spectrometric analysis of phenolics and free radical scavenging activity of rosemary extract from different raw material. **Journal of Chromatography**, v. 1120, p. 221-229, 2006. doi: 10.1016/j.chroma.2006.02.056.
- BAGAMBOULA, C. F.; UYTENDAELE, M.; DEBEVERE, J. Antimicrobial effect of spices and herbs on *Shigella sonnei* and *Shigella flexneri*. **Journal of Food Protection**, v. 66, p. 668-673, 2003.
- BAJPAI, V. K.; BAEK, K.-H.; KANG, S. C. Control of *Salmonella* in foods by using essential oils: a review. **Food Research International**, v. 45, p. 722-734, 2012.
- BAHRAMI, A.; DELSHADI, R.; JAFARI, S. M.; WILLIAMS, L. Nanoencapsulated nisin: An engineered natural antimicrobial system for the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 94, p. 20-31, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.10.002>.



- BAHRAMI, A.; MOADDABDOOST BABOLI, Z.; SCHIMMEL, K.; JAFARI, S. M.; WILLIAMS, L. Efficiency of novel processing technologies for the control of *Listeria monocytogenes* in food products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 96, p. 61-78, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.009>.
- BARBOZA, G. R.; ALMEIDA, J. M.; SILVA, N. C. C. Use of natural substrates as an alternative for the prevention of microbial contamination in the food industry. **Food Science and Technology**, 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/fst.05720>.
- BATIHA, G. E-S.; HUSSEIN, D. E.; ALGAMMAL, A. M.; GEORGE, T. T.; JEANDET, P. Application of natural antimicrobials in food preservation: Recent views. **Food Control**, v. 126, 108066, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108066>.
- BURT, S. A.; REINDERS, R. D. Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. **Letters in Applied Microbiology**, v. 36, p. 162-167, 2004.
- CALO, J. R.; CRANDALL, P. G.; O'BRYAN, C. A.; RICKE, S. C. Essential oils as antimicrobials in food systems - A Review. **Food Control**, 2015. doi: [10.1016/j.foodcont.2014.12.040](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.12.040).
- CHAIIB, K.; HAJLAOUI, H.; ZMANTAR, T.; KAHLA-NAKBI, A. B.; ROUABHIA, M.; MAHDOUANI, K.; BAKHROUF, A. The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): a short review. **Phytotherapy Research**, v. 21, n. 6, p. 501-506, 2007. doi:10.1002/ptr.2124.
- CHALESHTORI, S.; ROKNI, N.; RAFIEIAN-KOPAEI, M.; DERIS, F.; SALEHI, E. Antioxidant and antibacterial activity of basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil in beef burger. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 17, n. 4, p. 817-826, 2015.
- CHIBANE, L. B.; DEGRAEVE, P.; FERHOUT, H.; BOUJAJILA, J.; OULAHAL, N. Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 4, p. 1457-1474, 2018.
- CHOUHAN, S.; SHARMA, K.; GULERIA, S. Antimicrobial activity of some essential oils - Present status and future perspectives. **Medicine**, v. 4, n. 3, p. 58, 2017. doi: [10.3390/medicines4030058](https://doi.org/10.3390/medicines4030058).
- COOLS, T. L.; STRUYFS, C.; CAMMUE, B. P.; THEVISSSEN, K. Antifungal plant defensins: Increased insight in their mode of action as a basis for their use to combat fungal infections. **Future Microbiology**, v. 12, n. 5, p. 441-454, 2017. doi:10.2217/fmb-2016-0181.
- DANNENBERG, G.; FUNCK, G. D.; SILVA, W. P.; FIORENTINI, Â. M. Essential oil from pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi): chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action. **Food Control**, v. 95, p. 115-120, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.034>.
- DELSHADI, R.; BAHRAMI, A.; ASSADPOUR, E.; WILLIAMS, L.; JAFARI, S. M. Nano/microencapsulated natural antimicrobials to control the spoilage microorganisms and pathogens in different food products. **Food Control**, v. 128, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108180>.
- DHIFI, W.; BELLILI, S.; JAZI, S.; BAHLOUL, N.; MNIF, W. Essential oils' Chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. **Medicine**, v. 3, n. 4, p. 25, 2016. doi:10.3390/medicines3040025.
- DHIMAN, R.; AGGARWAL, N. K. Efficacy of Plant Antimicrobials as Preservative in Food. In: SOCACI, S. A.; FARCAS, A. C.; LAGUERRE, J. C.; AUSSENAC, T. (Ed.). **Food preservation and waste exploitation**. London: IntechOpen, 2019. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.83440>.
- DHIMAN, R.; KUMAR, A. N. Efficacy of Plant Antimicrobials as Preservative in Food. **Food Preservation and Waste Exploitation**, 2020. doi:10.5772/intechopen.83440.

- DORMAN, H.; DEANS, S. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**, v. 88, n. 2, p. 308-316, 2000.
- EMBUSCADO, M. E. Spices and herbs: Natural sources of antioxidants – a mini review. **Journal of Functional Foods**, v. 18, p. 811-819, 2015.
- FIGUEIREDO, A. R.; CAMPOS, F.; DE FREITAS, V.; HOGG, T.; COUTO, J. A. Effect of phenolic aldehydes and flavonoids on growth and inactivation of *Oenococcus oeni* and *Lactobacillus hilgardii*. **Food Microbiology**, v. 25, n. 1, p. 105-112, 2008.
- FRIEDMAN, M.; HENIKA, P. R.; MANDRELL, R. E. Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica*. **Journal of Food Protection**, v. 65, n. 10, p. 1545-1560, 2002.
- GOCHEV, V.; DOBREVA, A.; GIROVA, T.; STOYANOVA, A. Antimicrobial activity of essential oil from *Rosa alba*. **Biotechnology and Biotechnological Equipment**, v. 24, p. 512-515, 2010.
- GRIFFIN, S. G.; MARKHAM, J. L.; LEACH, D. N. An agar dilution method for the determination of the minimum inhibitory concentration of essential oils. **Journal of Essential Oil Research**, v. 12, p. 249-255, 2000.
- GUNNISON, A. F.; JACOBSEN, D. W.; SCHWARTZ, H. J. Sulfite hypersensitivity: A critical review. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 17, p. 186-214, 1987.
- GYAWALI, R.; IBRAHIM, S. A. Natural products as antimicrobial agent. **Food Control**, 2014. doi: 10.1016/j.foodcont.2014.05.047.
- HARRIS, P. W.; YANG, S. H.; MOLINA, A.; LÓPEZ, G.; MIDDLEDITCH, M.; BRIMBLE, M. A. Plant antimicrobial peptides snakin-1 and snakin-2: Chemical synthesis and insights into the disulfide connectivity. **Chemistry – A European Journal**, v. 20, n. 17, p. 5102-5110, 2014. doi: 10.1002/chem.201303207.
- HEITZ, A.; AVRUTINA, O.; LE-NGUYEN, D.; DIEDERICHSEN, U.; HERNANDEZ, J.-F.; GRACY, J.; CHICHE, L. Knottin cyclization: impact on structure and dynamics. **BMC Structural Biology**, v. 8, n. 1, p. 54. 2008. doi:10.1186/1472-6807-8-54.
- HERNÁNDEZ-OCHOA, L.; AGUIRRE-PRIETO, Y. B.; NEVÁREZ-MOORILLÓN, G. V.; GUTIERREZ-MENDEZ, N.; SALAS-MUÑOZ, E. Use of essential oils and extracts from spices in meat protection. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 5, p. 957-963, 2014. doi: 10.1007/s13197-011-0598-3.
- HINTZ, T.; MATTHEWS, K. K.; DI, R. The use of plant antimicrobial compounds for food preservation. **BioMed Research International**, v. 12, 2015. doi:10.1155/2015/246264.
- KIM, S. J.; CHO, A. R.; HAN, J. Antioxidant and antimicrobial activities of leafy green vegetable extracts and their application to meat product preservation. **Food Control**, v. 29, p. 112-120, 2013.
- KIM, S. Y.; KANG, D. H.; KIM, J. K.; HA, Y. G.; HWANG, J. Y.; KIM, T.; LEE, S. H. Antimicrobial activity of plant extracts against *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on fresh lettuce. **Journal of Food Science**, v. 76, M41-M46, 2011.
- MACHADO, T. F.; PEREIRA, R. C. A.; SOUSA, C. T.; BATISTA, V. C. V.; PEREIRA, I. M. C. **Atividade antimicrobiana do óleo essencial de capim-limão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 15 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento,62). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/951596/1/ESSENCIALDECAPIMLIMAO.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2022.

MACHADO, T. F.; GARRUTI, D. S.; SILVEIRA, M. R. S.; ARAÚJO, I. M. S.; VARELA, M. S.; JESUS FILHO, C. A. **Impacto do uso de óleos essenciais na qualidade microbiológica e sensorial da alface**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2020. 20 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 201). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1122132/1/BP-201.pdf>. Acesso em: 04 fev 2022.

MARTÍNEZ-GRACIÁ, C.; GONZÁLEZ-BERMÚDEZ, C. A.; CABELLERO-VALCÁRCEL, A. M.; SANTAELLA-PASCUAL, M.; FRONTELA-SASETA, C. Use of herbs and spices for food preservation: advantages and limitations. **Current Opinion in Food Science**, v. 6, p. 38-43, 2015. doi:10.1016/j.cofs.2015.11.011.

MENDONÇA, A.; JACKSON-DAVIS, A.; MOUTIQ, R.; THOMAS-POPO, E. Use of natural antimicrobials of plant origin to improve the microbiological safety of foods. In: RICKE, S. C.; ATUNGULU, G. G.; RAINWATER, C. E.; PARK, S. H. (Ed.). **Food and feed safety systems and analysis**. London: Academic Press, 2018.

MOHAJERI, F. A.; MISAGHI, A.; GHEISARI, H.; BASTI, A. A.; AMIRI, A.; GHALEBI, S. R.; TAFTI, R. D. The effect of *Zataria multiflora* Boiss Essential oil on the growth and citrinin production of *Penicillium citrinum* in culture media and cheese. **Food and Chemical Toxicology**, v. 118, p. 691-694, 2018.

MOLESINI, B.; TREGGIARI, D.; DALBENI, A.; MINUZ, P.; PANDOLFINI, T. Plant cystine-knot peptides: Pharmacological perspectives. **British Journal of Clinical Pharmacology**, v. 83, n. 1, p. 63-70, 2017. doi: 10.1111/bcp.12932.

MURUGAN, K.; ANANDARAJ, K.; AL-SOHAIBANI, S. Antiaflatoxicogenic food additive potential of *Murraya koenigii*: An in vitro and molecular interaction study. **Food Service Research International**, v. 52, n. 1, p. 8-16, 2013. doi: 10.1016/j.foodres.2013.02.001.

NAWROT, R.; BARYLSKI, J.; NOWICKI, G.; BRONIARCZYK, J.; BUCHWALD, W.; GOŹDZICKA-JÓZEFIK, A. Plant antimicrobial peptides. **Folia Microbiologica**, v. 59, p. 181-196, 2014.

NAZZARO, F.; FRATIANNI, F.; DE MARTINO, L.; COPPOLA, R.; DE FEO, V. Effect of Essential Oils on Pathogenic Bacteria. **Pharmaceuticals**, v. 6, n. 12, p. 1451-1474, 2013. doi: 10.3390/ph6121451.

NEGI, P. S. Plants extracts for the control of bacterial growth: Efficacy, stability and safety issues for food application. **International Journal of Food Microbiology**, v. 156, p. 7-17, 2012.

NGUYEN, G. K.; LIAN, Y.; PANG, E. W.; NGUYEN, P. Q.; TRAN, T. D.; TAM, J. P. Discovery of linear cyclotides in monocot plant *Panicum laxum* of Poaceae family provides new insights into evolution and distribution of cyclotides in plants. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 288, n. 5, p. 3370-3380, 2013. doi: 10.1074/jbc.M112.415356.

ODINTSOVA, T.; EGOROV, T. Plant Antimicrobial Peptides. In: IRVING, H. R.; GEHRING, C. (Ed.). **Plant Signaling Peptides**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2012. p. 107-133.

PAVELA, R. Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: A review. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 174-187, 2015. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.06.050.

PERIASAMY, V. S.; ATHINARAYANAN, J.; ALSHATWI, A. A. Anticancer activity of an ultrasonic nanoemulsion formulation of *Nigella sativa* L. essential oil on human breast cancer cells. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 31, p. 449-455, 2016. doi: 10.1016/j.ultsonch.2016.01.035.

PISOSCHI, A. M.; POP, A.; GEORGESCU, C.; TURCUS, N. K.; OLAH, E. M. An overview of natural antimicrobials role in food. **European Journal of Medicinal Chemistry**, 2018. doi: 10.1016/j.ejmech.2017.11.095.

PORTO, W. F.; FRANCO, O. L. Theoretical structural insights into the snakin/GASA family. **Peptides**, v. 44, p. 163-167, 2013.



RAI, M.; PANDIT, R.; GAIKWAD, S.; KÖVICS, G. Antimicrobial peptides as natural bio-preservative to enhance the shelf-life of food. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 9, p. 3381-3394, 2016. doi: 10.1007/s13197-016-2318-5.

RAO, J.; CHEN, B.; MCCLEMENTS, D. J. Improving the efficacy of essential oils as antimicrobials in foods: mechanisms of action. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 365-387, 2019. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-food-032818-121727>.

RUBINOVICH, L.; RUTHSTEIN, S.; WEISS, D. The Arabidopsis cysteine-rich GASA5 is a redox-active metalloprotein that suppresses gibberellin responses. **Molecular Plant**, v. 7, p. 244-247, 2014.

SALAS, C. E.; BADILLO-CORONA, J. A.; RAMÍREZ-SOTELO, G.; OLIVER-SALVADOR, C. Biologically active and antimicrobial peptides from plants. **BioMed Research International**, 2015. doi: 10.1155/2015/102129.

SANTOS, I. S. D.; CARVALHO, A. D. O.; SOUZA-FILHO, G. A. D.; NASCIMENTO, V. V. D.; MACHADO, O. L.; GOMES, V. M. Purification of a defensin isolated from *Vigna unguiculata* seeds, its functional expression in *Escherichia coli*, and assessment of its insect  $\alpha$ -amylase inhibitory activity. **Protein expression and purification**, v. 71, p. 8-15, 2010.

SHAN, B.; CAI, Y. Z.; BROOKS, J. D.; CORKE, H. The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. **International Journal of Food Microbiology**, v. 117, p. 112-119, 2007.

SILVA DANNENBERG, G.; FUNCK, G. D.; MATTEI, F. J.; DA SILVA, W. P.; FIORENTINI, Á. M. Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from pink pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in vitro and in cheese experimentally contaminated with *Listeria monocytogenes*. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 36, p. 120-127, 2016. doi:10.1016/j.ifset.2016.06.009.

SILVA, O. N.; MULDER, K. C.; BARBOSA, A. A.; OTERO-GONZALES, A. J.; LÓPES-ABARRATEGUI, C.; DIAS, S. C.; REZENDE, T. M.; FRANCO, O. L. Exploring the pharmacological potential of promiscuous host-defense peptides: from natural screenings to biotechnological applications. **Frontiers in Microbiology**, 2011. doi:10.3389/fmicb.2011.00232.

SINGH, G.; MARIMUTHU, P.; CATALAN, C.; DELAMPASONA, M. P. Chemical, antioxidant and antifungal activities of volatile oil of black pepper and its acetone extract. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, n. 14, p. 1878-1884, 2004. doi: 10.1002/jsfa.1863.

SINHA, S.; ZHENG, L.; MU, Y.; NG, W. J.; BHATTACHARJYA, S. Structure and interactions of a host defense antimicrobial peptide thanatin in lipopolysaccharide micelles reveal mechanism of bacterial cell agglutination. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 17795, 2017. doi: 10.1038/s41598-017-18102-6.

SOKOVIC, M.; GLAMOČLIJA, J.; MARIN, P. D.; BRKIC, D.; GRIENSVEN, L. J. Antibacterial effects of the essential oils of commonly consumed medicinal herbs using an in vitro model. **Molecules**, v. 15, p. 7532-7546, 2010.

SRINIVASAN, K. Antioxidant potential of spices and their active constituents. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, p. 352-372, 2014.

STOILOVA, I.; KRASTANOV, A.; STOYANOVA, A.; DENEV, P.; GARGOVA, S. Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*). **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 764-770, 2007. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.06.023.

STOJKOVIĆ, D.; PETROVIĆ, J.; SOKOVIĆ, M.; GLAMOČLIJA, J.; KUKIĆ, M. J.; PETROVIĆ, S. In situ antioxidant and antimicrobial activities of naturally occurring caffeic acid, p-coumaric acid and rutin, using food systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 13, p. 3205-3208, 2013. doi: 10.1002/jsfa.6156.

TAJKARIMI, M.; IBRAHIM, S. A.; CLIVER, D. Antimicrobial herb and spice compounds in food. **Food Control**, v. 21, p. 1199-1218, 2010.

TAVARES, L. S.; SANTOS, M. D.; VICCINI, L. F.; MOREIRA, J. S.; MILLER, R. N.; FRANCO, O. L. Biotechnological potential of antimicrobial peptides from flowers. **Peptides**, v. 29, n. 10, p. 1842-1851, 2008. doi: 10.1016/j.peptides.2008.06.003.

TAYLOR, T. M.; DAVIDSON, P. M. Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds. In: DOYLE, M. P. (Ed.). **Food Microbiology: fundamentals and Frontiers**. 3. ed. Washington, DC: American Society of Microbiology, 2014. p. 713-745.

TEIXEIRA, V.; FEIO, M. J.; BASTOS, M. Role of lipids in the interaction of antimicrobial peptides with membranes. **Progress in lipid research**, v. 51, p. 149-177, 2012.

TIWARI, B. K.; VALDRAMIDIS, V. P.; O'DONNELL, C. P.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; BOURKE, P.; CULLEN, P. Application of natural antimicrobials for food preservation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 5987-6000, 2009. doi: 10.1021/jf900668n.

THERY, T.; ARENDT, E. K. Antifungal activity of synthetic cowpea defensin Cp-thionin II and its application in dough. **Food Microbiology**, v. 73, p. 111-121, 2018. doi: 10.1016/j.fm.2018.01.006.

TYAGI, A. K.; BUKVICKI, D.; GOTTARDI, D.; TABANELLI, G.; MONTANARI, C.; MALIK, A.; GUERZONI, M. E. Eucalyptus Essential Oil as a Natural Food Preservative: In Vivo and In Vitro Anti-yeast Potential. **BioMed Research International**, 2014, 1-9. doi:10.1155/2014/969143.

WINIAS, S. Effect of cinnamaldehyde from cinnamon extract as a natural preservative alternative to the growth of *Staphylococcus aureus* bacteria. **Indonesian Journal of Tropical and Infectious Disease**, v. 2, n. 1, p. 38-41, 2015.

WONG, K. H.; TAN, W. L.; KINI, S. G.; XIAO, T.; SERRA, A.; SZE, S. K.; TAM, J. P. (2017). Vaccatides: Antifungal Glutamine-Rich Hevein-Like Peptides from *Vaccaria hispanica*. **Frontiers in Plant Science**, 8. doi:10.3389/fpls.2017.01100.

WONG, J. H.; ZHANG, X. Q.; WANG, H. X.; NG, T. B. A mitogenic defensin from white cloud beans (*Phaseolus vulgaris*). **Peptides**, v. 27, p. 2075-2081, 2006.

YEATS, T. H.; ROSE, J. K. C. The biochemistry and biology of extracellular plant lipid-transfer proteins (LTPs). **Protein Science**, v. 17, p. 191-198, 2008. doi: 10.1110/ps.073300108.

ZHANG, Y.; LIU, X.; WANG, Y.; JIANG, P.; QUEK, S. Y. Antibacterial activity and mechanism of cinnamon essential oil against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. **Food Control**, v. 59, p. 282-289, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.032>.

**Embrapa**

---

*Agroindústria Tropical*

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



CGPE 017644