

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

SABRINA DUARTE RAVASA

**ANTIMICROBIANOS NATURAIS COM POTENCIAL PARA AUMENTAR A
SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA DE SUCOS: UMA REVISÃO**

PORTO ALEGRE

2021

SABRINA DUARTE RAVASA

**ANTIMICROBIANOS NATURAIS COM POTENCIAL PARA AUMENTAR A
SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA DE SUCOS: UMA REVISÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção de título de Engenheira de Alimentos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia da Silva Malheiros
Coorientadora: Fabiola Ayres Cacciatore

PORTO ALEGRE

2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

Sabrina Duarte Ravasa

ANTIMICROBIANOS NATURAIS COM POTENCIAL PARA AUMENTAR A SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA DE SUCOS: UMA REVISÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Aprovada em: 26 de maio de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Patrícia da Silva Malheiros (Orientadora)
Doutora em Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente
ICTA/UFRGS

Fabiola Ayres Cacciatore (Coorientadora)
Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos
ICTA/UFRGS

Juliane Elisa Welke
Doutora em Química
ICTA/UFRGS

Louise Thomé Cardoso
Engenheira de Bioprocessos e Biotecnologia
UERGS

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a toda minha família, que sempre me incentivou nesta trajetória e me apoiou incondicionalmente. Em especial à minha mãe, com quem aprendi a batalhar por meus objetivos. E ao meu esposo Thales, por sempre acreditar em mim, pela compreensão e por estar ao meu lado em todos os momentos, principalmente quando mais precisei.

Agradeço à orientadora Patrícia da Silva Malheiros por aceitar conduzir meu trabalho e por sempre indicar a melhor direção que deveria seguir. À coorientadora Fabiola Ayres Cacciatore pela dedicação, rápido retorno de dúvidas e pelos muitos artigos. Os conhecimentos e as valiosas contribuições de ambas foram essenciais para o resultado final deste trabalho.

Obrigada aos meus queridos amigos e colegas, pelo companheirismo e pelas trocas, por terem sido o amparo que muitas vezes precisava e por compartilharem comigo tantos momentos bons que me deram forças para continuar.

Sou grata à instituição pela oportunidade e a todos os professores que tive ao longo destes anos, pelos ensinamentos transmitidos e por contribuírem durante o meu processo de formação profissional até o presente momento.

RESUMO

Sucos são amplamente consumidos e conhecidos por serem alimentos saudáveis e apresentarem sabor, aroma e aspecto refrescante, além de serem ricos em vitaminas, carboidratos e outros nutrientes. Todavia, o ritmo de vida acelerado da atualidade e o tempo de preparo que os sucos exigem, impulsionaram a busca por alimentos prontos para o consumo. No entanto, uma séria preocupação dos serviços de alimentação e das indústrias de alimentos é a contaminação microbiológica. Nesse sentido, antimicrobianos naturais aprovados para o uso em alimentos podem apresentar um papel de grande importância na manutenção da segurança e qualidade de sucos. Os antimicrobianos naturais mais estudados são quitosana, bacteriocinas (principalmente nisina) e óleos essenciais, pois estes compostos apresentam comprovada ação antibacteriana contra microrganismos patogênicos e deteriorantes em diferentes tipos de alimentos, inclusive sucos. Entretanto, estes antimicrobianos apresentam alguns inconvenientes como hidrofobicidade, alta volatilidade e podem causar alterações sensoriais indesejáveis. Estratégias como a encapsulação e a combinação de diferentes tecnologias de barreiras mostram-se adequadas para minimizar estes fatores, favorecendo sua utilização em alimentos. O objetivo desta revisão bibliográfica foi avaliar o potencial de aplicação de antimicrobianos naturais em sucos tendo em vista a necessidade de adequação deste alimento aos parâmetros microbiológicos estabelecidos pela Instrução Normativa nº 60 de 2019, em relação a *Salmonella* spp., *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes*.

Palavras-chave: Antimicrobianos naturais. Sucos. Segurança microbiológica. Nanotecnologia. Tecnologia de barreira.

ABSTRACT

Juices are widely consumed and known to be healthy foods with a refreshing taste, aroma, and appearance, and are rich in vitamins, carbohydrates, and other nutrients. However, today's fast pace of life and the time required to prepare juices have driven the search for ready-to-eat foods. Therefore, a serious concern for food service and food industries is microbiological contamination. In this regard, natural antimicrobials approved for use in food can play a major role in maintaining juice safety and quality. The most studied natural antimicrobials are chitosan, bacteriocins (mainly nisin) and essential oils, because these compounds have proven antibacterial action against pathogenic and spoilage microorganisms in different types of food, including juices. However, these antimicrobials have some drawbacks such as hydrophobicity, high volatility and can cause undesirable sensory changes. Strategies such as encapsulation and the combination of different barrier technologies are adequate to minimize these factors, favoring their use in food. The objective of this literature review was to evaluate the potential application of natural antimicrobials in juices, aiming at their suitability to the microbiological parameters established by Normative Instruction No. 60 of 2019, regarding *Salmonella*, *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*.

Keywords: Natural antimicrobials. Juices. Microbiological safety. Nanotechnology. Hurdle technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Antimicrobianos naturais com potencial para aplicação em sucos.....	25
Figura 2 – Vantagens e desvantagens da aplicação de óleos essenciais em sucos.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Efeito antimicrobiano da quitosana aplicada em sucos frente a diferentes microrganismos.....	27
Tabela 2 – Efeito antimicrobiano de óleos essenciais aplicados em sucos frente a diferentes microrganismos.....	32
Tabela 3 – Antimicrobianos naturais em combinação com outras tecnologias frente a diferentes microrganismos.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPF	Boas Práticas de Fabricação
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
DTA	Doenças Transmitidas por Alimentos
DTHA	Doença de Transmissão Hídrica e Alimentar
SHU	Síndrome Hemolítico-Urêmica
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
UFC	Unidades Formadoras de Colônias
GRAS	<i>Generally Recognized as Safe</i>
UI	Unidades Internacionais
OE	Óleos Essenciais
UV	Ultravioleta
min	Minutos
h	Horas
L	Litros
mL	Mililitros
µL	Microlitros
kg	Quilogramas
g	Gramas
mg	Miligramas
µg	Microgramas
kJ	Quilojoule
cm	Centímetros
µm	Micrômetros
m ²	Metros quadrados
MPa	Megapascal
kHz	Quilohertz
kV	Quilovolts
W	Watts

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
°C	Graus Celsius
≥	Maior ou igual
>	Maior

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Sucos	14
3.2	Contaminação microbiana em sucos	16
3.2.1	Surtos relacionados ao consumo de frutas e sucos	19
3.2.2	Sobrevivência e multiplicação de patógenos em frutas e sucos	22
3.3	Antimicrobianos em alimentos	23
3.3.1	Antimicrobianos naturais com potencial para aplicação em sucos	24
3.3.1.1	Quitosana	25
3.3.1.3	Bacteriocinas	28
3.3.1.4	Óleos Essenciais	30
3.3.2	Minimização das limitações dos antimicrobianos naturais em sucos	38
3.3.2.1	Encapsulação	38
3.3.2.2	Tecnologia de barreiras	41
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

O consumo de sucos vem crescendo nos últimos anos, acompanhando uma tendência mundial de saudabilidade e busca por produtos naturais, sendo estes alimentos consumidos por todas as faixas etárias, tanto em estabelecimentos comerciais quanto em domicílios (FRANÇA *et al.*, 2012; PRIYADARSHINI; PRIYADARSHINI, 2018).

Sucos são ricos em nutrientes e com elevado teor de água, portanto suscetíveis à contaminação microbiológica, tanto por microrganismos deteriorantes, que diminuem a qualidade do alimento, quanto por microrganismos patogênicos, que podem provocar doenças no consumidor. De forma a minimizar tais riscos, a legislação vigente (IN 60/2019) estabelece os padrões microbiológicos de alimentos prontos para o consumo, inclusive de sucos, visto que a manutenção da sua segurança e qualidade desde o preparo até o consumo é um grande desafio para a indústria de alimentos e serviços de alimentação (BRASIL, 2019a; FRANCO; LANDGRAF, 2005; RUSCHEL *et al.*, 2001; WARRINER *et al.*, 2009).

Seguindo a tendência *clean label*, os consumidores estão preferindo alimentos sem adição de aditivos sintéticos ou com o uso de conservantes naturais, gerando estudos sobre aplicação de antimicrobianos naturais em alimentos, tais como óleos essenciais, quitosana e bacteriocinas, que demonstram ação bactericida contra microrganismos (ASIOLI *et al.*, 2017; CHIKINDAS *et al.*, 2018; DUTTA *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2006). Contudo, embora os consumidores busquem por alimentos inovadores, é importante que sua qualidade e características sensoriais, principalmente sabor e odor, sejam mantidas (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017).

A maioria dos antimicrobianos naturais é bastante sensível à degradação e alguns, como os óleos essenciais, apresentam odor e sabor característicos, os quais podem modificar as características sensoriais dos alimentos. Logo, a encapsulação destes compostos assim como a combinação de diferentes tecnologias de barreiras apresentam-se como estratégias para possibilitar sua utilização em aplicações alimentares (GÁLVEZ *et al.*, 2007; MORIN-CRINI *et al.*, 2019; ZHU *et al.*, 2021).

Neste contexto, este trabalho apresenta o potencial de antimicrobianos naturais para aplicação em sucos, visando sua adequação aos padrões microbiológicos estabelecidos na Instrução Normativa nº 60, de 26 de abril de 2019.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar, por meio de uma revisão bibliográfica, o potencial de aplicação de antimicrobianos naturais em sucos visando sua segurança microbiológica.

2.2 Objetivos específicos

- Relacionar os principais microrganismos patogênicos contaminantes de frutas e sucos;
- Apresentar dados de surtos de DTA causados por *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* em frutas e sucos;
- Fazer uma revisão bibliográfica de pesquisas sobre sobrevivência e multiplicação de microrganismos patogênicos em frutas e sucos;
- Analisar o potencial antimicrobiano de quitosana, de bacteriocinas e de óleos essenciais para aplicação em diferentes sucos;
- Estudar formas de minimizar as limitações de antimicrobianos naturais causadas em sucos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sucos

Os sucos, em geral, são elaborados por meio da extração mecânica, espremendo ou esmagando, frutas ou vegetais. São amplamente consumidos, por todas as faixas etárias, pois além de possuírem características como sabor, aroma e aspecto refrescante, também são ricos em vitaminas, carboidratos e outros nutrientes (NEVES *et al.*, 2011; ROSA; COSENZA; LEÃO, 2006; SINGH *et al.*, 2015). Além disso, os sucos atendem a crescente demanda dos consumidores por alimentos prontos para consumo, sendo comum encontrar nas grandes redes de mercados longos corredores destinados a esses produtos (PIRILLO; SABIO, 2009; REYES-DE-CORCUERA *et al.*, 2014).

Entretanto, é importante ressaltar que muitas bebidas provenientes de frutas ou vegetais, popularmente chamadas de suco, podem apresentar a adição de açúcar e outros compostos. A legislação brasileira, regulamentada pelo Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 e regidas pela Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, dispõe sobre padronização, classificação, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas. Conforme essa legislação, a definição de suco é:

Suco ou sumo é bebida não fermentada, não concentrada e não diluída, obtida da fruta madura e sã, ou parte do vegetal de origem, por processamento tecnológico adequado, submetida a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo (BRASIL, 2009).

A designação “integral” é referente ao suco obtido a partir do processamento da fruta, sem adição de açúcar. Caso seja adicionado, deve constar no rótulo que se trata de suco adoçado. Além disso, a adição de aromas bem como de corantes artificiais neste tipo de suco é proibida. Entretanto, pode ser parcialmente desidratado passando a ser denominado de suco concentrado (BRASIL, 2009). Já o uso de aditivos e coadjuvantes de tecnologia são permitidos em sucos, porém não excluem a necessidade das Boas Práticas de Fabricação (BPF) em todas as etapas de produção dos mesmos. Sucos contendo no máximo 1% de aditivos em sua

composição podem utilizar em sua rotulagem as expressões “sem aditivos” e “100% suco” (BRASIL, 2018; BRASIL, 2013b).

O néctar, por sua vez, “é a bebida não fermentada, obtida pela diluição em água potável da parte comestível do vegetal ou de seu extrato, adicionado de açúcares, destinada ao consumo direto” (BRASIL, 2009). Quando é produzido com apenas um tipo de fruta, precisa seguir a quantidade mínima determinada de polpa ou suco. Para os néctares de laranja e de uva, é determinado ao menos 50% de suco da fruta em sua composição. Caso o néctar seja misto ou não apresente a quantidade mínima definida por regulamento técnico específico, deve conter, no mínimo, 30% da parte comestível da fruta ou do vegetal, com exceção daqueles com acidez muito elevada ou sabor muito forte, que passam a compor, no mínimo, 20% do néctar (BRASIL, 2003).

Já o refresco ou a bebida de fruta ou de vegetal “é a bebida não fermentada, obtida pela diluição, em água potável, do suco de fruta, polpa ou extrato vegetal de sua origem, com ou sem adição de açúcares” (BRASIL, 2009). Assim como para os néctares, para os refrescos também existem quantidades mínimas de suco necessárias, conforme as frutas das quais são produzidos, podendo ser 5%, outras 20%, até 30%, variando conforme a acidez da fruta em questão. Caso o refresco seja misto, a soma dos ingredientes característicos que o compõem deve ser de, no mínimo, 10% de polpa de fruta (BRASIL, 2013a).

Acompanhando uma tendência mundial, a crescente demanda por produtos naturais e saudáveis, com pouco ou nenhum aditivo químico, eleva o consumo de sucos e néctares no Brasil quando em comparação com outras bebidas. Os consumidores estão cada vez mais conscientes da relação entre a dieta e a prevenção de doenças e, portanto, têm modificado seus hábitos alimentares preferindo consumir sucos em vez de refrigerantes, bebidas que em diversos estudos são associadas com obesidade (FRANÇA *et al.*, 2012; ROSA; COSENZA; LEÃO, 2006; SANTOS *et al.*, 2008) e outras doenças.

Conforme pesquisa da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), em 2018, 81% dos brasileiros declaram buscar uma alimentação saudável, assim como 71% dos entrevistados alegam escolher produtos mais saudáveis, mesmo que o preço seja maior (CRUZ, 2018). Seguindo esta tendência de consumo, o setor de sucos acompanha esse crescimento, seja pela preferência por produtos considerados mais saudáveis, como pelo aumento no poder de compra, de maneira

que os sucos vêm adquirindo cada vez mais espaço na predileção dos consumidores (PRIYADARSHINI; PRIYADARSHINI, 2018). Em 2018, houve um aumento na produção de alimentos com atributos de saudabilidade, sendo um acréscimo de 5,7% para os sucos em relação a 2017. Bebidas como refrigerantes e refrescos em pó, por sua vez, apresentaram queda no volume de produção em 2018 em relação ao ano anterior (ABIR, 2020).

Ainda que não se tenha estatísticas oficiais, estima-se que seja elevada a transformação de frutas em sucos, tanto em domicílios quanto nos estabelecimentos comerciais, devido à facilidade de se adquirir frutas, principalmente as tropicais, a preços baixos durante todo o ano, tornando o suco uma das bebidas mais consumidas no mercado brasileiro (ROSA; COSENZA; LEÃO, 2006).

Entretanto, a elaboração de sucos a partir da fruta demanda tempo, o que pode não se encaixar no ritmo de vida cada vez mais acelerado de parte da sociedade atual, em que as pessoas precisam dividir seu tempo entre trabalho, afazeres da casa, dos filhos e alimentação da família. Conforme o projeto *Brasil Food Trends 2020*, o maior segmento atitudinal (ou seja, o *cluster* de consumidores que possuem atitudes e comportamentos semelhantes), trata-se de “Conveniência e Praticidade”, abrangendo 34% dos consumidores. Assim, os alimentos industrializados e os sucos prontos para o consumo, são fortes aliados desses consumidores, conferindo mais praticidade às refeições e impulsionando esse mercado (FIESP, 2010).

Entre 2011 e 2016 houve um aumento nas vendas de sucos de aproximadamente 1,5 para 2,3 milhões de litros no Brasil (EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2017). Somente em 2016, 31% dos novos produtos lançados no mercado de bebidas não alcoólicas foram sucos e bebidas de frutas, destacando-se os sucos integrais, produtos com maior valor agregado (SNA, 2017). Seguindo essa tendência, a categoria de sucos integrais ascendeu ainda mais no setor de sucos prontos para beber, refletindo num crescimento de 36,3%, entre os anos 2016 e 2018 (TETRA PAK, 2016).

3.2 Contaminação microbiana em sucos

Via de regra, os sucos são elaborados pela transformação direta da fruta, extraindo-se mecanicamente, espremendo ou esmagando (ROSA; COSENZA;

LEÃO, 2006). Quando as cascas (que são importantes barreiras protetoras contra a penetração de microrganismos no interior da fruta) são eliminadas para obtenção de sucos, a polpa é exposta a possíveis contaminações microbianas (BALLA; FARKAS, 2006). Sucos frescos não são submetidos ao método de pasteurização, possuindo vida útil reduzida quando comparado com sucos tratados termicamente (BRITO; ROSSI, 2005; RUSCHEL *et al.*, 2001).

Além dos microrganismos, insetos podem ser encontrados em sucos. Embora desagradáveis ao consumidor, na maioria das vezes sua presença não traz riscos iminentes à saúde caso ingeridos, salvo os venenosos. Contudo, suas patas, asas e pelos são capazes de carrear microrganismos que, ao entrarem em contato com os alimentos prontos para o consumo, podem contaminá-los (MALLON; BORTOLOZO, 2004).

Por se tratar de um produto rico em nutrientes, bem como ter grande proporção de água disponível, o suco fresco apresenta-se como um meio adequado para o crescimento de microrganismos, principalmente bolores e bactérias (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

A estocagem das frutas de maneira inadequada é um dos fatores que pode levar a um número elevado de microrganismos nos sucos. Por exemplo, sucos produzidos com laranjas deterioradas apresentaram contagens de microrganismos 2.500 vezes maior do que os sucos extraídos de frutas íntegras (NASCIMENTO; FURLANETTO, 1981). Isso acontece porque quando a superfície da fruta é danificada, ocorre a liberação de substâncias intracelulares, aumentando a disponibilidade de nutrientes e facilitando o desenvolvimento dos microrganismos (MURIEL-GALET *et al.*, 2013). No passado, acreditava-se que os microrganismos indicadores e patogênicos não resistiam ao pH ácido dos sucos de frutas (em torno de 4,5), contudo, foi verificada a sobrevivência de coliformes fecais e outras enterobactérias em substratos ácidos e sucos de frutas (PEREIRA; LEITÃO, 1989).

Além disso, os sucos podem ser contaminados devido ao uso de água contaminada ou sem tratamento, por utilização de equipamentos sem a adequada higienização, bem como por más condições higiênico-sanitárias no processo de manipulação e extração das frutas, ou seja, quando as BPF não são realizadas ou são feitas incorretamente (FRIEDMAN *et al.*, 2004; KRAUSE; TERZAGIAN; HAMMOND, 2001; RUSCHEL *et al.*, 2001).

Conforme a Resolução nº 331, de 23 de dezembro de 2019, que dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação, “os alimentos não podem conter microrganismos patogênicos, suas toxinas ou metabólitos em quantidades que causem dano para a saúde humana” (BRASIL, 2019b).

A Instrução Normativa nº 60, de 26 de abril de 2019, que visa complementar a RDC nº 331, estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos prontos para consumo. Em seu Anexo I, no item de bebidas não alcoólicas, encontram-se os parâmetros para a categoria de sucos e outras bebidas *in natura* ou reconstituídas, os quais são: ausência de *Salmonella* em 25 mL em cinco amostras analisadas e um máximo tolerável de 10^2 UFC/mL de *Escherichia coli* em duas amostras, de um total de cinco analisadas. O Anexo II, refere-se ao padrão microbiológico de *Listeria monocytogenes* em alimentos prontos para o consumo, o qual cita que dentre cinco amostras analisadas, nenhuma delas pode apresentar contaminação acima de 10^2 UFC de *Listeria monocytogenes* em 25 g ou mL. Caso o alimento em questão seja destinado a lactentes ou para fins especiais, é necessário ausência deste microrganismo em 10 amostras analisadas (BRASIL, 2019a).

A presença de *Escherichia coli* indica contaminação fecal, uma vez que se encontra no trato gastrointestinal de animais de sangue quente, demonstrando que houve falhas no cuidado com as condições higiênicas durante o preparo dos alimentos, além de apontar maior possibilidade da presença de enteropatógenos (FRANCO; LANDGRAF, 2005). Ademais, *E. coli* também se encontra em água e solos contaminados, portanto podem também ser encontradas em carne bovina, produtos lácteos, vegetais e frutas cruas (JAY, 2005; TRABULSI; ALTERTHUM, 2008). A capacidade de *E. coli* O157:H7 se desenvolver em ambientes ácidos têm corroborado para a incidência de surtos relacionados a sucos de frutas ácidas (PATIL *et al.*, 2010).

Já *Salmonella* é uma enterobactéria amplamente encontrada na natureza, que pode estar presente no ambiente, na água e nos alimentos, cujos principais reservatórios são animais, inclusive domésticos, e o homem. A transmissão ocorre quando os alimentos estão contaminados por matéria fecal, possuindo maior incidência em frango, carne, leite e produtos lácteos, mas também pode ser encontrada em frutas e vegetais, principalmente se estes não forem higienizados corretamente (CARDOSO; CARVALHO, 2006; TRABULSI; ALTERTHUM, 2008).

Listeria monocytogenes é uma bactéria ubíqua, que pode estar presente em uma ampla variedade de alimentos, sendo os mais comuns: hortaliças, leite e laticínios, carnes e embutidos (JAMALI; CHAI; THONG, 2013). Embora o microrganismo seja termossensível, pode ocorrer contaminação pós-processamento, pois *L. monocytogenes* tem a capacidade de sobreviver, sob forma de biofilmes, em ambientes industriais, principalmente em superfícies com resíduos alimentares devido a falhas no procedimento de higienização. Além disso, *L. monocytogenes* é capaz de sobreviver e se multiplicar em baixas temperaturas e alimentos com pH baixos, como frutas e sucos ácidos (DOYLE; BEUCHAT, 2007; KIM; CHO, 2010). *Listeria monocytogenes* possui uma dose infectante baixa, acredita-se que 100 células por grama de alimento já são suficientes para causar listeriose. Entretanto, a maioria das pessoas conseguem eliminar o microrganismos através das fezes, não desenvolvendo a doença, porém, em indivíduos do grupo de risco e imunodeprimidos, a bactéria pode causar a forma invasiva da doença, que apresenta letalidade em até 30% dos casos (DOUMITH *et al.*, 2004; ROCOURT *et al.*, 2003; VÁZQUEZ-BOLAND *et al.*, 2001).

3.2.1 Surtos relacionados ao consumo de frutas e sucos

As Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA) são ocasionadas pela ingestão de bebidas ou alimentos contaminados, causando infecção ou intoxicação nos consumidores, devido à ingestão de bactérias e/ou suas toxinas, vírus, parasitas, príons, agrotóxicos, substâncias químicas e metais pesados (BRASIL, 2014; BRASIL, 2019c). A contaminação dos alimentos suspeitos pode ser confirmada mediante evidências clínicas, epidemiológicas e/ou laboratoriais (MARCHI *et al.*, 2011). Um surto de DTA pode ser definido como “episódio em que duas ou mais pessoas apresentam os mesmos sinais/sintomas após ingerir alimentos e/ou água da mesma origem” (BRASIL, 2019c). Porém, quando os microrganismos causadores da doença são *Clostridium botulinum*, *E. coli* O157:H7 ou *L. monocytogenes*, devido à alta severidade, somente um caso já é suficiente para ser considerado surto (TONDO; BARTZ, 2019).

Existem inúmeros relatos de surtos de DTA causados por bactérias patogênicas em alimentos como os sucos de frutas não pasteurizados (FERREE; HUDAK-ROSS, 2003). No Brasil, entre os anos 2009 e 2018, foram notificados 6.809

surtos alimentares, sendo 37,2% ocorridos em residências e 16,0% em restaurantes, padarias e afins. Além disso, dentre os 10 agentes etiológicos identificados em surtos de DTA no país, no mesmo período, 23,4% foram *E. coli* e 11,3% foram *Salmonella* (BRASIL, 2019c).

No Rio Grande do Sul, entre os anos de 2000 e 2014, 67 surtos notificados foram relacionados à água, refrigerantes e sucos. Além disso, neste mesmo período, *Salmonella* spp. foi determinada como agente etiológico em 720 surtos confirmados de Doença de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA), *Staphylococcus aureus* esteve presente em 126 ocorrências, *E. coli* em 86 e *Listeria monocytogenes* em apenas duas. Entretanto, o número de agentes difere do número de surtos, visto que em determinados surtos, mais de um microrganismo foi detectado (KLEIN; BISOGNIN; FIGUEIREDO, 2017).

Entre 1991 e 2020, foram notificados ao *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), dos Estados Unidos, 39 surtos alimentares associados ao consumo de sucos, sendo 15 deles ocasionados por suco de maçã ou cidra (JEON; HA, 2020). No ano de 1991, maçãs recolhidas do chão e contaminadas com *E. coli* O157:H7 pelo contato com excremento bovino, foram utilizadas na produção de cidra de maçã não pasteurizada, causando um surto que acometeu 23 pessoas (FENG, 1995). Em 1996, outros dois surtos ocorreram devido ao consumo de suco de maçã não tratado termicamente. O primeiro atingiu pelo menos 70 pessoas, com uma morte e três casos de Síndrome Hemolítico-Urêmica (SHU), e o segundo com 45 pessoas contaminadas, nenhuma morte e 12 pessoas com SHU (CDC, 1996). Já em 1999, um surto com 78 casos notificados, em 13 estados norte-americanos, resultou em duas mortes, sendo associado ao consumo de mangas frescas importadas do Brasil (SIVAPALASINGAM *et al.*, 2003).

Entre 1995 e 2005, confirmou-se a contaminação de 21 pessoas por *Escherichia coli* O157:H7, também nos Estados Unidos, devido a ingestão de sucos de frutas, visto que esse microrganismo apresenta resistência tanto ao ácido quanto a temperaturas levemente baixas, podendo sobreviver, por exemplo, em suco de abacaxi em temperaturas de 4 a 25 °C (PATIL *et al.*, 2008; PATIL *et al.*, 2010). Em 1999, 207 cidadãos de 15 estados dos Estados Unidos e dois do Canadá, foram acometidos em um surto envolvendo suco de laranja pasteurizado contaminado com *Salmonella* Muenchen (MMWR/CDC, 1999).

Nos Estados Unidos, em 2011, um surto multiestadual acometeu 97 pessoas, com 10 casos de hospitalização devido ao consumo de mamão fresco importado do México. *Salmonella* Agona foi o agente relacionado ao surto, identificado pela *Food and Drug Administration* (FDA), que obrigou o fornecedor a realizar um *recall* dos produtos (CDC, 2011). Outro surto envolvendo frutas, também em 2011 nos Estados Unidos, foi relacionado a melões contaminados com *L. monocytogenes*, provocando 147 casos, 33 óbitos e um aborto (CDC, 2011). Conforme o FDA este surto foi causado por uma goteira que contaminou a linha de condensação, acumulando água em buracos presentes no chão e em espaços irregulares difíceis de limpar. Além disso, diversos equipamentos usados para lavagem e secagem das frutas apresentavam sujeira e acúmulo de resíduos alimentares, demonstrando que a higienização não foi realizada de maneira adequada (FDA, 2011).

Mais recentemente o CDC (2016) noticiou que, entre setembro de 2013 e maio de 2016, 9 indivíduos foram infectados com *L. monocytogenes*, ocorrendo uma morte. O surto foi causado por vegetais e frutas congelados contaminados (mirtilos, cerejas, cranberries, pêssegos, framboesas e morangos) que foram vendidos sob nomes de diferentes marcas, mas produzidos na empresa de alimentos CRF Frozen Foods, situada em Washington.

Na Austrália, entre outubro de 2006 e janeiro de 2007, 26 pessoas foram infectadas com o patógeno *Salmonella* Litchfield, em surto associado ao consumo de mamão papaia. Embora não tenha sido encontrada esta cepa nas amostras ambientais da fazenda produtora da fruta, foram detectados outros sorotipos de *Salmonella* em amostras de água do local, que poderia estar sendo usada, sem tratamento adequado, para irrigação das frutas, causando assim a contaminação (GIBBS *et al.*, 2009).

A contaminação de água e alimentos por *E. coli*, *Salmonella* e *L. monocytogenes* são bastante comuns, tornando a distribuição de sucos uma grande preocupação. Como este tipo de alimento muitas vezes é comercializado em vias públicas e feiras, o perigo é ainda maior, pois pode se tornar impróprio para o consumo caso não receba armazenamento adequado (BRITO; ROSSI, 2005; RUSCHEL *et al.*, 2001), que conforme legislação deve ser mantido sob refrigeração abaixo de 5 °C (FURLANETTO *et al.*, 1982).

3.2.2 Sobrevivência e multiplicação de patógenos em frutas e sucos

Devido ao grande número de surtos relacionados a frutas e sucos, diversas pesquisas foram realizadas no intuito de avaliar a capacidade de sobrevivência e/ou multiplicação de patógenos como *Salmonella*, *E. coli* e *L. monocytogenes* expostos a diferentes fatores intrínsecos e extrínsecos dos alimentos. Alguns desses estudos estão discutidos abaixo.

Lim & Ha (2021) observaram que cepas de *E. coli* O157:H7 e *Salmonella* Typhimurium quando expostas a incidência de raios-X em condições subletais se adaptaram às condições ácidas e aumentaram sua resistência, conseguindo sobreviver em sucos de frutas. Em outro estudo, realizado com melão cortado, foi detectado crescimento de *E. coli* O157:H7 a 25 °C, porém em temperatura de 5 °C, o microrganismo sobreviveu mas não ocorreu a sua multiplicação (ABADIAS *et al.*, 2012). Straw e Danyluk (2010), por sua vez, observaram que *E. coli* sobreviveu em mamão e em manga por até 28 dias a 4 °C, manteve seu desenvolvimento nas duas frutas a 23 °C, porém a 12 °C somente cresceu no mamão. Em um estudo realizado nos Estados Unidos em que foram analisadas 111 amostras de morangos, 9% delas apresentaram contaminação por *E. coli* (LAIDLER *et al.*, 2013).

Estudos apontam que algumas cepas de *Salmonella* são resistentes a baixas temperaturas, como determinado por Penteado e Leitão (2004) que verificaram que a 10 °C houve crescimento de *Salmonella* Enteritidis em mamão, melancia e melão (com pH médio de 4,87, 5,50 e 5,87, respectivamente), porém ocorreu de uma maneira mais lenta quando comparado a temperaturas de 20 e 30 °C, demonstrando que este microrganismo é capaz de sobreviver a baixas temperaturas em frutas de baixa acidez.

Em estudo realizado com morangos frescos inoculados com 6 log UFC/g de *Salmonella* spp. e armazenados por 12 semanas a -18 °C foi demonstrado que o patógeno sobreviveu nos morangos congelados por até 8 dias (HUANG; CHEN, 2012). Em Fortaleza, uma pesquisa avaliou 15 amostras de frutas minimamente processadas (mamão picado, abacaxi picado e salada de frutas) analisadas após 10 dias de armazenamento a 10 °C. Foi verificado que 26,6% (duas amostras de abacaxi e duas de salada de frutas) encontravam-se impróprias para o consumo, devido à presença de *Salmonella* sp. (BRUNO *et al.*, 2005).

Flessa *et al.* (2005) avaliaram a sobrevivência de *L. monocytogenes* inoculada na superfície de morangos inteiros ou fatiados (com pH de 3,6 a 3,8) conservados em temperaturas de 24, 4 e -20 °C, durante quatro semanas. Nos morangos fatiados mantidos a 24 °C houve redução de 1 log UFC/g em 48 h e nos inteiros a redução foi de 3 log UFC/g após sete dias a 4 °C. Já para os morangos congelados, após 28 dias em armazenamento a -20 °C, a redução máxima foi de 1,2 log UFC/g. Assim, constatou-se que *L. monocytogenes* é capaz de sobreviver, mas não de multiplicar na superfície de morangos frescos, sejam fatiados ou inteiros, e que sob congelamento o patógeno sobreviveu por quatro semanas. Na Costa Rica, em polpas de frutas (graviola, manga e maracujá), foi detectada a presença de *L. monocytogenes* em três das 60 amostras analisadas, porém em contagens relativamente baixas. As amostras positivas não possuíam conservantes e eram provenientes de uma mesma indústria. Nestas condições, as polpas de frutas produzidas não poderiam ser exportadas para União Europeia nem Estados Unidos, visto que a legislação desses países define tolerância zero à *L. monocytogenes* em alimentos prontos para o consumo (VON BREYMANN *et al.*, 2013).

3.3 Antimicrobianos em alimentos

Os antimicrobianos são substâncias sintéticas ou naturais capazes de inibir a multiplicação de microrganismos ou inativá-los. Industrialmente, são adicionados aos alimentos visando o controle do crescimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos, prorrogando a deterioração biológica, prolongando sua vida de prateleira e evitando a disseminação de DTA (SILVA, 2014).

Embora os aditivos químicos sejam, na maioria das vezes, considerados econômicos e convenientes para o processamento de alimentos, os consumidores associam os termos “sintéticos” e “químicos” com perigos potenciais (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017). Dentre os aditivos utilizados em alimentos que podem causar reações adversas nos consumidores, encontram-se alguns conservantes permitidos para sucos, como o ácido benzóico e os seus derivados. Estes podem desencadear sintomas de asma, tais como dificuldades respiratórias, falta de ar, sibilos e tosse em indivíduos suscetíveis (ANVISA, 2013).

Conforme pesquisa da Mintel (empresa global fornecedora de dados, pesquisas e *insights* de mercado), 56% dos consumidores brasileiros julgam

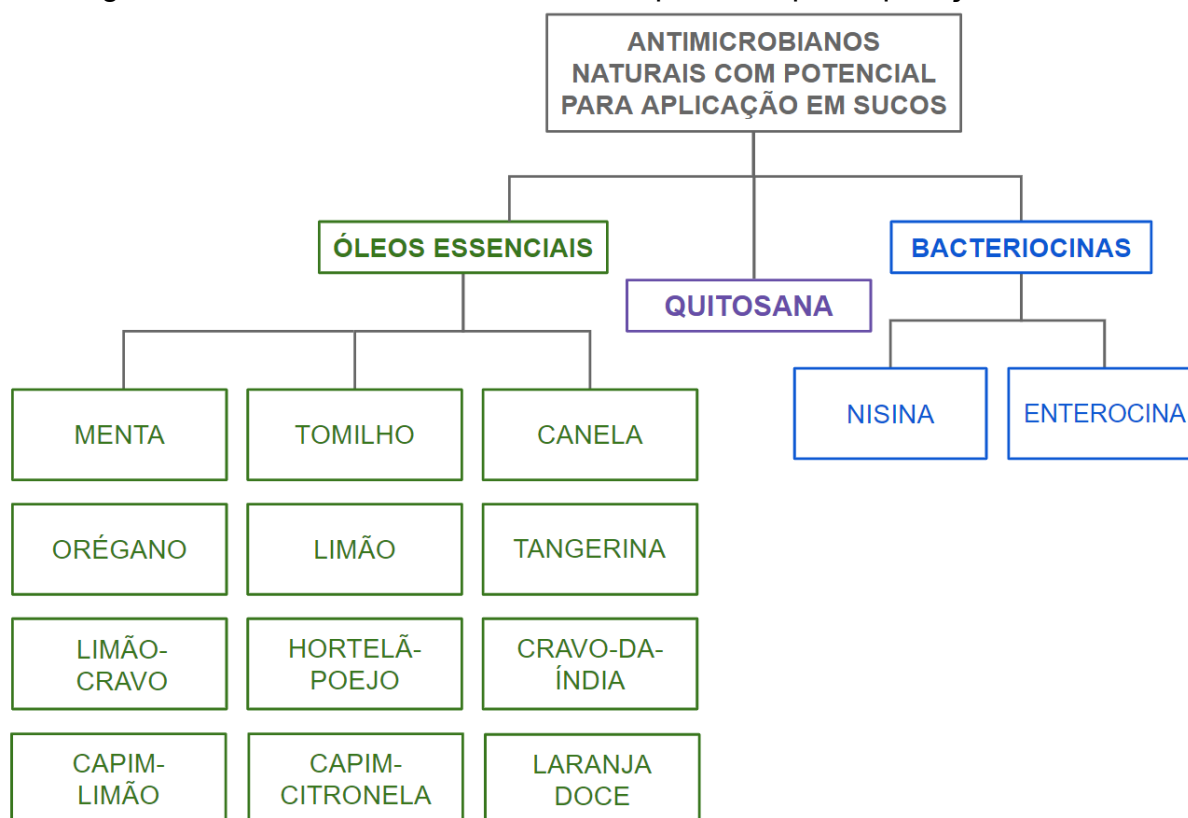
importante conhecer a maior parte dos compostos citados na lista de ingredientes de um produto (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017). Como vem crescendo a desaprovação do consumidor em relação aos aditivos e ingredientes artificiais, a indústria de alimentos precisa rever seus processos, de modo a propor alternativas para manter a qualidade e segurança de seus produtos (BUBONJA-SONJE; GIACOMETTI; ABRAM, 2011; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017). Neste sentido, cada vez mais pesquisas são desenvolvidas visando a utilização de antimicrobianos naturais em alimentos (BATIHA *et al.*, 2021). Compostos bioativos, por exemplo, vêm sendo considerados boas alternativas para a substituição dos aditivos alimentares sintéticos, principalmente quanto às atividades antioxidantes e antimicrobianas (ORTEGA-RAMIREZ *et al.*, 2014).

3.3.1 Antimicrobianos naturais com potencial para aplicação em sucos

Os sucos geralmente são submetidos à pasteurização, sendo o tratamento térmico mais utilizado pelas indústrias alimentícias, visando assim a manutenção de sua qualidade e segurança durante as etapas de armazenamento, distribuição e comercialização. Entretanto, embora o tratamento pelo calor inative as enzimas e reduza o número de microrganismos, as características sensoriais e nutricionais do suco produzido são negativamente alteradas (GAVA, 2009; PENG *et al.*, 2017; VEGARA *et al.*, 2013). Pode-se citar como consequências a perda de vitaminas e compostos de aroma, escurecimento não enzimático (Reação de Maillard) e desnaturação das proteínas pelo excesso de calor aplicado (LADO; YOUSEF, 2002). Assim, cada vez mais, há uma busca por tecnologias alternativas que promovam a conservação e causem mínimas alterações tanto sensoriais quanto nutricionais (FRANÇA *et al.*, 2012).

Os antimicrobianos naturais são compostos com capacidade de inibir o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes, podendo ser de origem microbiana, animal e vegetal. Contudo, os antimicrobianos de origem vegetal, tais como apresentados na Figura 1, em diversos estudos vêm demonstrando resultados promissores na redução de microrganismos patogênicos e deteriorantes, com variados relatos de impactos positivos sobre os indicadores de qualidade de frutas e também de sucos (RAYBAUDI-MASSILA *et al.*, 2009; GUEDES *et al.*, 2016).

Figura 1 – Antimicrobianos naturais com potencial para aplicação em sucos



Fonte: Autora (2021)

3.3.1.1 Quitosana

A quitosana é um polímero natural proveniente principalmente do exoesqueleto de crustáceos, um polissacarídeo abundante na natureza, o qual apresenta baixa toxicidade, biodegradabilidade, habilidade de formar gel e filme, efeito antibacteriano e antifúngico, além de ser solúvel em soluções aquosas diluídas de ácidos orgânicos e inorgânicos (COSTA *et al.*, 2012; DUTTA *et al.*, 2009; KOIDE, 1998; SINGH; VESENTINI; SINGH, 2008; VARGAS *et al.*, 2004).

Embora seu mecanismo de atividade ainda não esteja completamente esclarecido, alguns estudos sugerem que seu efeito antimicrobiano seja causado pela mudança na permeabilidade celular dos organismos por interações entre a quitosana policatiônica e as cargas eletronegativas presentes na superfície das células microbianas, gerando o extravasamento do seu conteúdo (PAPINEAU *et al.*, 1991; SUDARSHAN *et al.*, 1992; YOUNG, *et al.*, 1982). Contudo, sua atividade antimicrobiana depende de fatores intrínsecos como: concentração, solubilidade, grau de desacetilação e peso molecular. Em relação a solubilidade, quanto mais

solúvel a quitosana maior será a redução bacteriana provocada, devido à facilidade de homogeneização com o substrato testado. O grau de desacetilação, por sua vez, pode potencializar o efeito da quitosana, pois quanto maior seu valor, maior será a disponibilidade de sítios reativos, grupamentos amino (NH₂), e portanto, maior será o seu efeito antimicrobiano. Outro fator importante é o peso molecular da quitosana, pois a mobilidade, a atração e a interação iônica são facilitadas; visto que, quando esta possui cadeias pequenas com baixo peso molecular, favorece a ligação à superfície da membrana celular, melhorando sua ação antimicrobiana (ANDRES *et al.*, 2007; KUMAR *et al.*, 2005; SILVA; SANTOS; FERREIRA, 2006).

Além das características da quitosana, as condições do meio podem interferir na atividade antibacteriana, tais como: composição e nutrientes do alimento a ser testado; pH, pois a quitosana torna-se mais reativa em pH próximo de 6, e temperatura, pois temperaturas maiores potencializam o efeito antimicrobiano da quitosana (FANG *et al.*, 1994; PAPINEAU *et al.*, 1991; SUDARSHAN *et al.*, 1992; YOUNG, *et al.*, 1982).

Como a quitosana é extraída de crustáceos, ela pode causar reação alérgica em pessoas sensíveis a este composto, assim como em gestantes e lactantes, o que pode limitar seu uso como antimicrobiano em alimentos, além do alto valor agregado devido à purificação da quitosana (BARNEY, 1998). No Brasil, não é permitida sua utilização como aditivo alimentar, porém está sendo empregada em lugares como Japão, Coreia e Alemanha, enquanto que nos Estados Unidos possui *status* GRAS (*Generally Recognized as Safe*) desde 2005 (NO *et al.*, 2007).

Além do potencial antimicrobiano, alguns estudos mostram que a quitosana não altera as características sensoriais dos sucos. Por exemplo, em análise sensorial realizada em sucos de maçã, uva, limão e laranja após tratamento de 50 mL de cada um dos sucos com 5 mL de solução aquosa de quitosana (2%), os provadores avaliaram que não houve modificação no sabor e na cor, bem como atributos como aparência e aceitação obtiveram maiores médias (CHATTERJEE *et al.*, 2004). Em outro estudo, a análise sensorial foi realizada comparando quatro tipos de sucos de laranja: *in natura*, pasteurizado a 98 °C por 15 min, pasteurizado com os mesmos parâmetros juntamente com a adição de 1 g/L de quitosana e *in natura* com adição de 1 g/L de quitosana. Apenas o suco de laranja pasteurizado com adição de quitosana não foi aceito sensorialmente após 10 dias, demonstrando

que o aditivo ou a tecnologia empregados para preservação devem ser eficientes para manter a segurança do alimento, porém sem afetar sua qualidade ou características sensoriais (MARTÍN-DIANA *et al.*, 2009).

Diversos estudos comprovam o potencial de aplicação da quitosana para a preservação de sucos. A maioria dos estudos foram conduzidos utilizando suco de maçã e mostraram que a quitosana tem ótima capacidade para inibir diferentes leveduras, *S. aureus* e *E. coli* (Tabela 1).

Tabela 1 – Efeito antimicrobiano da quitosana aplicada em sucos frente a diferentes microrganismos

Concentração de quitosana	Sucos aplicados	Efeito nos microrganismos	Referências
0,05% de quitosana em pó	Maçã	Inativação das leveduras <i>Kloeckera apiculata</i> e <i>Metschnikowia pulcherrima</i> e retardou o crescimento de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> e <i>Pichia</i> spp.	(KISKO; SHARP; ROLLER, 2005)
2 mg/mL de quitosana com desacetilação de 96%	Maçã	Redução de 1,6 e 0,8 log UFC/mL, de <i>S. aureus</i> e <i>E. coli</i> , respectivamente após 1 h a 37 °C, ou contagens abaixo do limite de detecção de <i>E. coli</i> , após 20 h a 37 °C	(MALINOWSKA-PAŃCZYK <i>et al.</i> , 2009)
1 g/L de quitosana com desacetilação de 75%	Laranja	Redução de 1 log UFC/mL de aeróbios após 10 dias a 4 °C	(MARTÍN-DIANA <i>et al.</i> , 2009)
0,1 e 0,4 g/L de glutamato de quitosana (58% de quitosana com grau de desacetilação de 75 a 85%)	Maçã	Inibição de leveduras como <i>S. cerevisiae</i> , <i>Zygosaccharomyces bailii</i> , <i>Schizosaccharomyces pombe</i> , <i>S. exigua</i> e <i>Saccharomycodes ludwigii</i>	(ROLLER; COVILL, 1999)

Fonte: Autora (2021)

3.1.1.3 Bacteriocinas

As bacteriocinas são peptídeos sintetizados nos ribossomos de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, que podem apresentar ação antimicrobiana contra diversos tipos de microrganismos (CHIKINDAS *et al.*, 2018; SIDHU; NEHRA, 2019). Bacteriocinas podem ser produzidas diretamente no alimento (através da incorporação de cultura *starter*) ou adicionadas diretamente ao alimento após sintetizada e extraída (OGAKI; FURLANETO; MAIA, 2015). Dentre as diversas bacteriocinas existentes, despertam interesse na comunidade científica e na indústria especialmente aquelas produzidas por bactérias ácido-láticas, visto que possuem *status* GRAS (Geralmente Reconhecidos como Seguros) e demonstraram bons resultados em aplicação como antimicrobiano natural em diversos alimentos (CLEVELAND *et al.*, 2001; DHEWA, 2012).

As bacteriocinas, em geral, são adicionadas em alimentos visando prolongar sua vida de prateleira (CHIKINDAS *et al.*, 2018; SIDHU; NEHRA, 2019), podendo ser bactericidas ou bacteriostáticas, tendo como principal mecanismo de ação descrito a permeabilização da bicamada lipídica das membranas celulares dos microrganismos, através da formação de poros e gerando um desbalanço iônico, por meio de interações entre a carga positiva e os resíduos polares da bacteriocina com os fosfolipídios aniônicos do microrganismo (CHIKINDAS *et al.*, 1993; ABEE *et al.*, 1995). Contudo, alguns fatores podem ser limitantes para a sua utilização, tais como perda de atividade devido contato direto com a matéria orgânica ou à inativação por enzimas proteolíticas em condições inadequadas ou incompatíveis (FAHIM *et al.*, 2017; HUQ *et al.*, 2014).

Dentre uma ampla quantidade de bacteriocinas identificadas, as mais estudadas visando aplicação em alimentos são nisina, pediocina, reuterina, natamicina (BATIHA *et al.*, 2021; PRECIADO *et al.*, 2013) e enterocina. A enterocina mostrou ser uma bacteriocina bastante estável quando aplicada em sucos de laranja, maçã, pera, abacaxi, kiwi, toranja e mistos, com a manutenção de sua atividade antimicrobiana por pelo menos 15 dias em sucos armazenados a 4 °C e ainda detectável depois de 30 dias. Em sucos de laranja, maçã, pêssego e abacaxi a 4 °C, a enterocina se manteve estável, sendo que a 15 °C mais de 60% da sua atividade inicial permaneceu nos sucos, ambos por 120 dias. Em suco de alface a

temperatura de 15 °C, a bacteriocina inibiu o crescimento de *L. monocytogenes* e *B. cereus* e reduziu as contagens de *S. aureus* (GRANDE *et al.*, 2005).

Contudo, a bacteriocina mais comumente utilizada é a nisina, produzida naturalmente pela bactéria ácido-lática *Lactococcus lactis*, em vários alimentos fermentados, especialmente em produtos lácteos (RAMU *et al.*, 2015). Nisina é aprovada para o uso como aditivo alimentar em mais de 50 países (OGAKI; FURLANETO; MAIA, 2015), no entanto, no Brasil sua adição é permitida somente em queijos e requeijão, com limite máximo de 12,5 mg nisina/kg de produto (BRASIL, 1996; BRASIL, 1997).

A nisina apresenta características interessantes para aplicações em alimentos pois é atóxica, estável sob condições de calor e acidez, não afeta as propriedades organolépticas dos alimentos, além de não interferir na microbiota normal do intestino (DELVES-BROUGHTON; GASSON, 1994). Entretanto, pode ser inativada devido à degradação enzimática ou a interações com outros compostos, como lipídeos e proteínas (AASEN *et al.*, 2003; JUNG *et al.*, 1992).

Nisina é capaz de inibir bactérias Gram-positivas, como *Alicyclobacillus*, *Bacillus cereus*, *Brochothrix thermosphacta*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium sporogenes*, *Desulfotomaculum*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Listeria monocytogenes*, *Micrococcus*, *Pediococcus*, *Sporolactobacillus* e *Staphylococcus*. Entretanto, geralmente não possui ação antimicrobiana contra bactérias Gram-negativas, a menos que seja combinada com agentes quelantes, como EDTA (DAVIDSON; ZIVANOVIC, 2003; ROSS *et al.*, 2003).

A adição de 5.000 UI/mL de nisina foi realizada em sucos de caju, graviola, pêssigo e manga, mantidos na temperatura de crescimento de cada microrganismos de interesse, sendo 37 °C para *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* e *Listeria monocytogenes* e 40 °C para *Alicyclobacillus acidoterrestris*. Como resultados, nenhuma célula de *A. acidoterrestris* permaneceu viável após 24 h independentemente do suco; em 8 h, uma redução de 4 log UFC/mL de *A. acidoterrestris* foi observada nos sucos de graviola, pêssigo e manga, enquanto no de caju não houve crescimento deste microrganismo; depois de 24 h, obteve-se uma redução de 4 log UFC/mL no suco de manga para *S. aureus* e para *B. cereus*. Nos sucos de pêssigo e manga, as células viáveis de *L. monocytogenes* foram reduzidas em até 90% (JUNIOR *et al.*, 2015). Portanto, os estudos mostram que as

bacteriocinas, especialmente a nisina, apresentam potencial para inibição de microrganismos em diferentes tipos de sucos naturais.

3.1.1.4 Óleos Essenciais

Os óleos essenciais (OE) são compostos naturais com ação antimicrobiana contra ampla gama de microrganismos que, em sua maioria, possuem *status* GRAS concedido pelo FDA (PEREIRA *et al.*, 2006). Via de regra, são misturas complexas compostas por substâncias voláteis, lipofílicas e, normalmente, líquidas e odoríferas. Dentre seus constituintes encontram-se: terpenos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres e ácidos orgânicos (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2010; KRYSHEN, 2016; WOLFFENBÜTTEL, 2011). As concentrações e as composições, assim como o rendimento e a estabilidade, podem variar conforme as características genéticas, parte da planta onde são extraídos e outros fatores externos, tais como a forma de cultivo e colheita, as condições pós-colheita e ambientais (KRYSHEN, 2016; SILVA, 2009). Os OE podem ser obtidos de várias partes diferentes das plantas aromáticas, como seus frutos, folhas, flores, sementes, ramos, cascas, caules, raízes e gomos. Podem ser extraídos por diferentes técnicas, sendo as principais: destilação a vapor, prensagem a frio ou por hidrodestilação (KRYSHEN, 2016). Também podem ser extraídos a frio de resíduos das indústrias de sucos cítricos (cascas das frutas), conferindo uma aplicação tecnológica a um resíduo, o qual seria provavelmente descartado como lixo, minimizando então o efeito adverso sobre o meio ambiente (ESPINA *et al.*, 2011).

Dentre os mais de 3000 tipos de OE descritos pela literatura científica, apenas aproximadamente 300 demonstraram ação antimicrobiana por meio de comprovação, tornando-os interessantes para estudos e aplicações (KRYSHEN, 2016). Com o aumento da resistência dos microrganismos, existe uma relevância na investigação dos OE capazes de atuar no combate e/ou controle de bolores, leveduras e bactérias, tanto na preservação de alimentos quanto no controle de infecções (ALVES *et al.*, 2014; PENHA *et al.*, 2011; VICTÓRIA, 2010). Assim, sua eficácia antimicrobiana quando usados individualmente ou combinados, merece atenção especial, visto o importante papel que podem vir a desempenhar na conservação e segurança de alimentos (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2010).

Os OE apresentam importantes benefícios quando aplicados em alimentos de origem vegetal e seus derivados, demonstrando ser eficazes contra microrganismos patogênicos e deteriorantes (AZERÊDO *et al.*, 2011; BARBOSA *et al.*, 2016; GUTIERREZ *et al.*, 2008; LEITE *et al.*, 2016; RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2006). Estudos estimam que sua ação ocorra na membrana plasmática dos microrganismos, aumentando sua permeabilidade e levando a morte celular por meio da liberação de seu conteúdo intracelular, ou através da desnaturação e coagulação de proteínas da parede celular bacteriana, ou ainda pela inibição dos sistemas enzimáticos bacterianos (DORMAN; DEANS, 2000; ERNANDES; GARCIA-CRUZ, 2007; SOUSA *et al.*, 2015; TURINA *et al.*, 2006). Os OE são um dos compostos naturais mais utilizados como antimicrobianos, pois possuem amplo espectro de atuação, provavelmente devido à variedade de mecanismos de ação, fator que dificulta a adaptação e criação de mecanismos de defesa pelos microrganismos (GOMES NETO *et al.*, 2012; LUZ *et al.*, 2012; SOUZA, 2016). Além disso, apresentam baixa toxicidade aos humanos, o que viabiliza o seu uso não somente pelas indústrias farmacêuticas e cosméticas, como também em alimentos. Isto torna os OE uma alternativa para a substituição de aditivos químicos, os quais tanto os consumidores quanto os aspectos legislativos da produção de alimentos vêm procurando reduzir (BAKKALI *et al.*, 2008; SOUZA *et al.*, 2005).

Nos sucos a ação antimicrobiana dos OE podem ser influenciadas pelas características intrínsecas deste alimento, como: pH ácido, baixo conteúdo de lipídeos e necessidade de conservação sob refrigeração. Em pH menor que 4,5 a hidrofobicidade dos OE aumenta, e como os sucos possuem poucos lipídios em sua composição, os compostos terpênicos aumentam sua interação com os lipídios da membrana dos microrganismos (BURT, 2004; GUTIERREZ; BARRY-RYAN; BOURKE, 2009). Cava *et al.*, (2007) e López-Gómez *et al.*, (2009) demonstraram que em baixas temperaturas o efeito antimicrobiano dos OE é aumentado, pois seu grau de insaturação aumenta.

Contudo, apesar de serem amplamente estudados, a aplicação dos OE como antimicrobianos em alimentos pode ser inviável, uma vez que as doses necessárias para a inativação dos microrganismos são altas, causando alterações sensoriais muitas vezes indesejadas nos sabores e aromas dos produtos (KOUTSOUMANIS *et al.*, 1998 apud BUSATTA, 2006). Além disso, os OE são hidrofóbicos, sendo

bastante dificultada sua dispersão em alimentos com elevadas quantidades de água, como é o caso dos sucos (DONSÌ *et al.*, 2011).

Estudos demonstraram que a adição direta de OE (como menta) em sucos de manga, goiaba, abacaxi e caju afeta negativamente seu sabor, gosto residual e aceitação global, gerando notas mais baixas em análise sensorial (GUEDES *et al.*, 2016). Em suco de abacaxi, a incorporação de 1,25 ou 2,5 µL/mL de OE de capim-limão não afetou a aparência, o odor e a viscosidade, mas provocou alterações insatisfatórias no sabor e no gosto residual (LEITE *et al.*, 2016). A adição de OE de limão numa concentração de 0,25 µL/mL afetou positivamente o sabor do suco de maçã, contudo, o odor foi percebido como desagradável em algumas amostras (TSERENNADMID *et al.*, 2011).

Portanto, são necessários mais estudos que avaliem o efeito sinérgico da adição de OE em baixas doses combinadas a tecnologias tradicionais ou emergentes, térmicas e não-térmicas, na inativação de microrganismos patogênicos e deteriorantes em sucos. Alguns destes estudos estão apresentados na Tabela 2, entretanto, como a maioria não realizou análise sensorial dos sucos após os testes, não há parâmetros para avaliar uma possível aplicação real. É importante que as características organolépticas dos alimentos sejam mantidas inalteradas (GUEDES *et al.*, 2016), pois ao mesmo tempo que os consumidores procuram produtos com menos aditivos artificiais, não desejam àqueles que apresentem alterações sensoriais ou de qualidade (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017).

Tabela 2 – Efeito antimicrobiano de óleos essenciais aplicados em sucos frente a diferentes microrganismos

Óleos essenciais	Sucos aplicados	Efeito nos microrganismos	Referências
0,625 µL/mL de <i>Mentha arvensis</i>	Manga	Redução ≥ 5 log UFC/mL de <i>E. coli</i> e <i>S. Enteritidis</i> , após 8 e 12 h a 4 °C, respectivamente	(GUEDES <i>et al.</i> , 2016)
0,625 µL/mL de <i>Mentha arvensis</i> ou 1,25 µL/mL de <i>Mentha piperita</i>	Caju, goiaba e abacaxi	Redução ≥ 5 log UFC/mL de <i>E. coli</i> , <i>S. Enteritidis</i> e <i>L. monocytogenes</i> , após 1 h a 4 °C	

Continuação

Tabela 2 – Efeito antimicrobiano de óleos essenciais aplicados em sucos frente a diferentes microrganismos

Óleos essenciais	Sucos aplicados	Efeito nos microrganismos	Referências
0,625 µL/mL de <i>Mentha arvensis</i> ou 1,25 µL/mL de <i>Mentha piperita</i>	Abacaxi	Redução > 5 log UFC/mL de <i>E. coli</i> , <i>S. Enteritidis</i> e <i>L. monocytogenes</i> , após 15 min a 4 °C	(GUEDES; SOUZA, 2018)
0,625 µL/mL de <i>Mentha arvensis</i> ou 1,25 µL/mL de <i>Mentha piperita</i>	Manga	Redução média de 1,3 ou 0,8 log UFC/mL de <i>E. coli</i> , <i>S. Enteritidis</i> e <i>L. monocytogenes</i> , respectivamente, após 15 min a 4 °C	
1 µL/mL de <i>Mentha piperita</i>	Maçã	Redução de 6 a 7 log UFC/mL de <i>Zygosaccharomyces rouxii</i> e <i>Z. bailii</i> , após 15 dias refrigerado	(KARAMAN <i>et al.</i> , 2016)
1,13 mg/mL de <i>Mentha piperita</i>	Misto de maçã e laranja 1:1	Redução de 2 log UFC/mL de <i>S. cerevisiae</i> , após 8 dias em temperatura ambiente	(TYAGI <i>et al.</i> , 2013)
3,75 µL/mL de <i>Mentha spicata</i>	Caju, goiaba, manga e abacaxi	Redução ≥ 5 log UFC/mL a 4 °C de <i>Pichia anomala</i> , <i>S. cerevisiae</i> e <i>Candida albicans</i> após 48, 1 e 72 h, respectivamente no suco de caju; após 4 h, 45 min e 72 h no de goiaba; para <i>S. cerevisiae</i> após 8 h no de manga e no de abacaxi para <i>P. anomala</i> e <i>S. cerevisiae</i> após 48 h	(ALMEIDA <i>et al.</i> , 2018)
15 µL/mL de <i>Mentha × villosa</i>	Caju, goiaba, manga e abacaxi	Redução ≥ 5 log UFC/mL a 4 °C de <i>P. anomala</i> , <i>S. cerevisiae</i> e <i>C. albicans</i> após 72, 24 e 72 h no suco de caju; após 72, 12 e 48 h no de goiaba; para <i>S. cerevisiae</i> após 8 h no de manga e após 4 h no suco de abacaxi	

Continuação

Tabela 2 – Efeito antimicrobiano de óleos essenciais aplicados em sucos frente a diferentes microrganismos

Óleos essenciais	Sucos aplicados	Efeito nos microrganismos	Referências
0,6 µL/mL de capim-limão	Abacaxi	Redução ≥ 5 log UFC/mL de um pool de <i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> e <i>S. Enteritidis</i> , a 4 °C após 1 h, 45 min e 12 h, respectivamente	(LEITE <i>et al.</i> , 2016)
2 µL/mL de capim-limão ou de canela	Maçã e pêra	Letal contra <i>E. coli</i> , <i>L. innocua</i> e <i>S. Enteritidis</i> , após 24 h a 35 °C	(RAYBAUDI-MASSILIA <i>et al.</i> , 2006)
5 µL/mL de capim-limão ou 10 µL/mL de canela	Melão	Letal contra <i>E. coli</i> , <i>L. innocua</i> e <i>S. Enteritidis</i> , após 24 h a 35 °C	
9000 mg/mL de cravo-da-índia ou 4500 mg/mL de cravo-da-índia	Melancia	Redução de 6 para 8 log UFC/mL de mesófilos ou 4 log UFC/mL de mesófilos, respectivamente, após 7 dias a 37 °C	(SIDDIQUA <i>et al.</i> , 2014)
0,5% de tomilho	Misto de maçã e cenoura	Redução de 0,71 log UFC/mL de <i>L. monocytogenes</i> e 0,63 log UFC/mL de <i>Candida albicans</i> , após 5 dias a 4 °C	(IRKIN; KORUKLUOGLU, 2009)
1,5; 2,5; 5,0; 10,0; 15,0; 25,0 e 50,0% de capim-citronela limão-cravo e segurelha montanhosa	<i>In vitro</i>	<i>E. coli</i> foi mais suscetível a segurelha montanhosa e <i>S. aureus</i> a limão-cravo após 24 h a 37 °C	(MILLEZI <i>et al.</i> , 2014)
0,1; 0,5; 1; 5; 10; 20; 30; 40 e 50% de capim-limão, orégano e cravo-da-índia	<i>In vitro</i>	Cravo-da-índia apresentou melhor inibição contra <i>S. aureus</i> e <i>E. coli</i>	(CRAVEIRO <i>et al.</i> , 1981; PEREIRA <i>et al.</i> , 2008)

Continuação

Tabela 2 – Efeito antimicrobiano de óleos essenciais aplicados em sucos frente a diferentes microrganismos

Óleos essenciais	Sucos aplicados	Efeito nos microrganismos	Referências
0,6250 µL/mL de casca de canela	Tomate	A 25 °C, redução de 2,6 log UFC/mL de <i>L. monocytogenes</i> em 24 h e 3,6 log UFC/mL em 48 h. A 10°C, redução de 1,8 log UFC/mL em 48 h	(KIM <i>et al.</i> , 2021)
0,6250 µL/mL de tomilho ou 0,6250 µL/mL de casca de canela e tomilho 2:1	Tomate	Redução ≥ 5,2 log UFC/mL, ficando abaixo do limite de detecção, após 24 h a 25 °C	

Fonte: Autora (2021)

Neste contexto, torna-se fundamental a busca por novas formas de minimizar as limitações da aplicação direta de alguns antimicrobianos naturais em sucos, pois embora apresentem diversos benefícios, suas desvantagens ainda precisam ser solucionadas. As principais vantagens e desvantagens dos óleos essenciais encontram-se apresentadas na Figura 2.

Figura 2 – Vantagens e desvantagens da aplicação de óleos essenciais em sucos



Fonte: Autora (2021)

Vários tipos de óleos essenciais têm sido estudadas pelo seu potencial antimicrobiano, com destaque àqueles obtidos a partir de *Mentha* spp. que possui

como principais monoterpenos: mentol, mentona, carvona, linalol e acetato de linalila (GARLET *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2012; DESCHAMPS *et al.*, 2013). O OE de menta também possui propriedades anti-inflamatórias, antiespasmódica, antiemética e analgésica (BETONI *et al.*, 2006; ISCAN *et al.*, 2002; MALHEIROS, 2014; SINGH *et al.*, 1992; TAMPIERI *et al.*, 2005). A ação antimicrobiana ocorre principalmente pelo mentol presente, o qual é capaz de migrar em ambientes aquosos e interagir com os fosfolipídios da membrana plasmática, causando perturbações que alteram sua permeabilidade e ocasionam a liberação de materiais intracelulares (SCHELZ; MOLNAR; HOHMANN, 2006; TROMBETTA *et al.*, 2005).

Conforme estudos apresentados na Tabela 2, os óleos essenciais *Mentha arvensis* e *M. piperita* quando aplicados em sucos elaborados a partir de diferentes frutas, como manga, caju, goiaba, abacaxi, maçã e misto sob diferentes condições, foram capazes de gerar reduções significativas nas contagens de microrganismos patogênicos e de leveduras (ALMEIDA *et al.*, 2018; GUEDES *et al.*, 2016; GUEDES; SOUZA, 2018; KARAMAN *et al.*, 2016; TYAGI *et al.*, 2013). Contudo, os efeitos antimicrobianos dos OE de *Mentha* spp. podem estar relacionados com a concentração utilizada, características do meio bem como da temperatura de armazenamento dos sucos (GUEDES *et al.*, 2016).

Os efeitos inibitórios do OE de capim-limão são atribuídos à presença de monoterpenos oxigenados como citral, neral e geraniol (LEITE *et al.*, 2016). Enquanto que em canela e cravo-da-índia estes efeitos devem-se principalmente a compostos como *trans*-cinamaldeído e eugenol, respectivamente (RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2006; SIDDIQUA *et al.*, 2014). O OE de tomilho possui majoritariamente timol em sua composição (IRKIN; KORUKLUOGLU, 2009). Em pesquisa que testou OE de capim-limão, orégano e cravo-da-índia em diferentes concentrações contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, foi demonstrado que o óleo de cravo-da-índia apresentou os melhores resultados de inibição contra ambas bactérias, provavelmente em razão da elevada quantidade de eugenol presente (CRAVEIRO *et al.*, 1981; PEREIRA *et al.*, 2008).

Capim-citronela, limão-cravo e segurelha montanhosa, por sua vez, foram mais efetivos, apresentando maiores diâmetros dos halos inibitórios à medida que uma maior concentração foi aplicada, devido às quantidades superiores de citronelal, limoneno e timol, respectivamente (MILLEZI *et al.*, 2014).

Em suco de tomate a 25 °C, 0,6250 µL/mL de OE de casca de canela reduziu 2,6 log UFC/mL de *Listeria monocytogenes*. Em relação à temperatura foi detectado que houve maior efeito antilisterial em armazenamento a 25 °C (redução de 3,6 log UFC/mL) quando comparado a 10 °C (redução de 1,8 log UFC/mL) (KIM *et al.*, 2021). Na literatura, diferentes autores estabelecem correlações divergentes sobre o efeito da temperatura em antimicrobianos naturais. Por exemplo, Friedman *et al.* (2004) estudaram a atividade antimicrobiana de compostos como carvacrol, cinamaldeído, citral e timol aplicados em suco de maçã a 4, 21 e 37 °C, contra *E. coli* O157:H7 e *Salmonella* spp., onde a elevação da temperatura favoreceu o aumento da atividade desses compostos. Em discordância, Ting e Deibel (1991) avaliaram que uma maior inibição foi obtida a 4 °C com óleo de sálvia, mas com cravo e orégano foi diminuída, quando aplicados em meio de caldo de soja triptico TSB em 4 e 24 °C, contra *L. monocytogenes*.

Cava *et al.* (2007) e López-Gómez *et al.* (2009) propuseram que em temperaturas menores as células microbianas apresentam maior grau de insaturação, a fim de manter sua fluidez e função, o que favorece a dissolução dos óleos essenciais na membrana mitocondrial e na célula, melhorando a atividade antimicrobiana. Contudo, mais estudos precisam avaliar os efeitos da temperatura, a fim de se obterem dados mais conclusivos.

Usualmente, a literatura científica cita que bactérias Gram-negativas, como *E. coli* e *S. Enteritidis*, são menos sensíveis aos óleos essenciais do que as Gram-positivas, como *L. monocytogenes* e *S. aureus*, pois a membrana externa ao redor da parede celular das bactérias Gram-negativas (ausente nas Gram-positivas) pode dificultar a entrada de compostos hidrofóbicos na célula (BURT, 2004; MAZZARRINO *et al.*, 2015; MOSQUEDA-MELGAR *et al.*, 2008). Contudo, não é possível generalizar, pois seu potencial antimicrobiano depende de vários fatores: partes da planta onde são extraídos, sua forma de cultivo e colheita, condições pós-colheita e ambientais, a concentração utilizada, características do meio e os alimentos em que são aplicados, assim como a temperatura de armazenamento dos produtos (GUEDES *et al.*, 2016; KRYSHEN, 2016; SILVA, 2009).

3.3.2 Minimização das limitações dos antimicrobianos naturais em sucos

Apesar da reconhecida ação de diferentes antimicrobianos naturais, alguns problemas de hidrofobicidade, estabilidade e interferência negativa nas características sensoriais ainda são um empecilho para sua utilização em alimentos. Visando minimizar os problemas acima expostos, a encapsulação destes compostos ou aplicação de tecnologia de barreiras podem ser estratégias interessantes para possibilitar seu uso em sistemas alimentares (CALO *et al.*, 2015; GÁLVEZ *et al.*, 2007; ZHU *et al.*, 2021).

Neste cenário, mais estudos testando combinações de antimicrobianos naturais ou de tecnologias, bem como outras formas de minimizar as limitações demonstram-se indispensáveis para uma viável e segura aplicação em sucos. Kaur e Kaur (2021) relatam que o encapsulamento dos antimicrobianos naturais é uma alternativa promissora para possibilitar sua utilização em alimentos. Já Gálvez *et al.* (2007) citam que a sinergia obtida pela tecnologia de barreiras possibilita a utilização de menores quantidades de antimicrobianos, gerando assim poucas alterações sensoriais indesejáveis nos alimentos.

3.3.2.1 Encapsulação

A encapsulação é uma técnica em que um composto ativo, na forma sólida, líquida ou gasosa, é revestido por um material encapsulante (ou uma mistura de mais de um material). O composto ativo a receber a cobertura é chamado de material de núcleo ou recheio, enquanto o composto encapsulante é chamado de material de parede ou cobertura (AMARAL; ANDRADE; CONTO, 2019; AZEREDO, 2005; NAZZARO *et al.*, 2012).

Em geral, o encapsulamento melhora a bioatividade e a estabilidade química, física e térmica, além de fornecer liberação controlada e direcionada desses compostos. Essa aplicação, protege as substâncias contra condições adversas do processamento ou armazenamento como umidade, alta temperatura, oxigênio, pH e da luz, preservando as características sensoriais e prolongando a vida útil dos alimentos (CASTRO-RODAS *et al.*, 2017; CHANDRAKASAN *et al.*, 2019; BEIRÃO-DA-COSTA *et al.*, 2013).

Conforme as propriedades químicas e físicas dos compostos bioativos, a aplicação desejada e o método de encapsulamento a ser utilizados, é possível selecionar o material encapsulante mais adequado (SUAVE *et al.*, 2006). De modo geral, o material encapsulante ideal precisa oferecer boa capacidade de proteção do composto encapsulado, possuir propriedades emulsificantes, liberar o material encapsulado no produto final, ter baixo custo, alta disponibilidade e apresentar baixa higroscopicidade (CARNEIRO, 2011). Contudo, na prática, geralmente são utilizadas misturas de compostos como material encapsulante, visto a dificuldade de encontrar um que apresente todas as propriedades citadas. Assim, os mais comumente utilizados para produtos alimentícios são: gomas, gelatina, amidos modificados, quitosana, caseinato de sódio, maltodextrina, proteína de soro de leite, alginato, pectina e também mucilagens (CARNEIRO, 2011; GÓMEZ *et al.*, 2018; SINHA E KUMRIA, 2001).

Dentre os diversos métodos para a encapsulação de bioativos deve-se escolher o mais adequado conforme características físico-químicas dos compostos encapsulado e encapsulante, tamanho almejado das partículas, mecanismo de liberação do material protegido e características do produto em que se aplica, assim como ser um método de baixo custo e com condições operacionais simples (COOK *et al.*, 2012; UBBINK; KRÜGER, 2006; VINCEKOVIC *et al.*, 2017). Os métodos dividem-se em físicos, como por exemplo *spray drying*, *spray chilling*, liofilização e extrusão; químicos, como polimerização interfacial e a inclusão molecular; e físico-químicos, como gelificação iônica, coacervação complexa e emulsificação (ASBAHANI *et al.*, 2015). Contudo, os mais utilizados são *spray drying*, gelificação iônica e coacervação complexa (SALVADORI *et al.*, 2019).

Como citado anteriormente, a encapsulação consegue superar muitas limitações que a aplicação direta do composto bioativo pode gerar no alimento. Por exemplo, estudos demonstram que a encapsulação de óleos essenciais foi eficiente para redução de microrganismos em sucos, sem alterações sensoriais (DONSÌ *et al.*, 2011; JOE *et al.*, 2011). A incorporação de 1 g/L de uma mistura de terpenos extraída de *Melaleuca alternifolia* encapsulada na forma de nanoemulsão causou alterações sensoriais mínimas em sucos de laranja e de pera a 32 °C e retardou o crescimento de *Lactobacillus delbrueckii* em cinco e em dois dias, respectivamente. Com 5 g/L no suco de laranja e 10 g/L no suco de pera houve inativação completa do microrganismo, porém, ocorreu grande modificação na cor do suco de pera

(DONSÌ *et al.*, 2011). Uma nanoemulsão preparada com diferentes OE (mamona, girassol, coco, amendoim e gergelim), aplicada em suco de maçã, foi capaz de exercer atividade antibacteriana contra *Salmonella* Typhi, *L. monocytogenes*, *S. aureus* e antifúngica contra *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus niger* e *Penicillium* spp. (JOE *et al.*, 2011).

Em suco de melancia, nanoemulsão óleo-água de *trans*-cinamaldeído (composto majoritário do OE da casca de canela) a 0,8% inibiu o crescimento de *S. aureus* e *S. Typhimurium*, mas não de *E. coli* (JO *et al.*, 2015). Em sidra de maçã, 0,5 g/L de timol (proveniente principalmente de tomilho) nano-disperso apresentou efeito bacteriostático, impedindo a multiplicação de *E. coli* e *L. monocytogenes* por até 48 h em pH 5,5; enquanto que em pH 3,5, *L. monocytogenes* não sobreviveu mais de 12 h, *E. coli* sobreviveu após 12 h e seu crescimento foi retardado após 58 h (SHAH; DAVIDSON; ZHONG, 2012).

Além dos óleos essenciais, a nisina pode ter sua ação antimicrobiana potencializada pela encapsulação. Porém, até o momento, os estudos realizados com nisina encapsulada aplicada em alimentos geralmente ocorrem em produtos cárneos (AYMERICH *et al.*, 2005; BARROS, 2009; KALSCHNE *et al.*, 2014; YUSTE *et al.*, 2002) ou lácteos (DEAN; ZOTTOLA, 2012; FELÍCIO, 2013; MAISNIER-PATIN; TATINI; RICHARD, 1995; MALHEIROS, DAROIT, BRANDELLI, 2012, ZOTTOLA *et al.*, 1994).

Até o presente momento foram realizadas poucas pesquisas visando a aplicação de nisina encapsulada para controle de microrganismos em sucos. Entretanto, os resultados são promissores, demonstrando que nisina encapsulada possui potencial para inibição de microrganismos patogênicos e deteriorantes em sucos. Em estudo utilizando nisina carregada em nanofibras na concentração de 20 mg de nisina/15 mL de suco de maçã, após 48 h, ocorreu redução de 4 a 6 log UFC/mL de *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* e *Leuconostoc mesenteroides*, enquanto que após 24, 72 e 96 h, respectivamente, não foi mais possível detectá-los (SOTO *et al.*, 2019). Nanopartículas de quitosana carregadas com nisina a 2,5 mg/mL, quando aplicadas em suco de laranja, foram capazes de reduzir 3,84 log UFC/mL de *S. aureus*, 3,54 log UFC/mL de *L. monocytogenes*, 3,44 log UFC/mL de *E. coli* O157:H7 e 2,51 log UFC/mL de *S. Typhimurium*, após 48 h a 25 °C (LEE; KHAN; OH, 2018).

3.3.2.2 Tecnologia de barreiras

A tecnologia de barreiras consiste na combinação de mais de uma tecnologia, a fim de garantir o controle ou eliminação de microrganismos patogênicos e/ou deteriorantes de alimentos (LEISTNER; GOULD, 2012; SANKHLA *et al.*, 2012). O efeito sinérgico permite a utilização de menores concentrações e tratamentos mais brandos, quando comparado com aplicações exclusivas (GÁLVEZ *et al.*, 2007; LEISTNER; GOULD, 2012).

Desde que a tecnologia de barreiras começou a ser utilizada as indústrias de alimentos perceberam que esta ferramenta promovia uma maior inativação de microrganismos, pois as injúrias causadas eram mais intensas, sendo necessária mais energia para a reparação dos danos, levando os microrganismos à exaustão e, conseqüentemente, a morte celular (GÁLVEZ *et al.*, 2007; LEISTNER; GORRIS, 1995; LEISTNER, 2000).

A Tabela 3 apresenta estudos que avaliaram a ocorrência de efeitos sinérgicos ao testar antimicrobianos naturais combinados com outra tecnologia contra diferentes microrganismos em sucos.

Tabela 3 – Antimicrobianos naturais em combinação com outras tecnologias frente a diferentes microrganismos

Antimicrobiano natural + tecnologia	Sucos aplicados	Efeito nos microrganismos	Referências
2 mg/mL de quitosana + 193 MPa de alta pressão a -20 °C	Maçã	Contagens abaixo do limite de detecção de <i>E. coli</i> e <i>S. aureus</i>	(MALINOWSKA-PAŃCZYK <i>et al.</i> , 2009)
25 ppm de nisina + 500 MPa de alta pressão a 20 °C por 2 min ou 25 ppm de nisina + 300 MPa de alta pressão a 35 °C por 2 min	Cenoura	Redução de 7 log UFC/mL de <i>L. innocua</i> e <i>E. coli</i> ou contagem menor que 2 log UFC/mL	(POKHREL <i>et al.</i> , 2019)

Continuação

Tabela 3 – Antimicrobianos naturais em combinação com outras tecnologias frente a diferentes microrganismos

Antimicrobiano natural + tecnologia	Sucos aplicados	Efeito nos microrganismos	Referências
10 UI/mL de nisina + 250 MPa de alta pressão ou 10 UI/mL de nisina 350 MPa alta pressão	Maçã e cenoura	Redução de 5 log UFC/mL de <i>E. coli</i> ou redução de 5 log UFC/mL de <i>L. innocua</i>	(PATHANIBUL <i>et al.</i> , 2009)
7,81 µg/mL de nisina + luz UV-C por 6 min a 5,04 kJ/m ² ou 15,62 µg/mL de nisina + luz UV-C por 3 min a 2,52 kJ/m ²	Laranja	Contagem menor que 1,7 log UFC/mL de <i>Alicyclobacillus acidoterrestis</i> (abaixo do limite de detecção)	(FERREIRA <i>et al.</i> , 2020)
20 mg/mL de nisina ou 20 mg/mL de nisina + campo elétrico pulsado (80 kV/cm; 10 pulsos; 42 °C)	Cidra de maçã não pasteurizada	Redução de 4,63 ou 8,78 log UFC/mL de <i>E. coli</i> , respectivamente	(IU; MITTAL; GRIFFITHS, 2001)
100 UI/mL de nisina ou 100 UI/mL de nisina + campo elétrico pulsado (90 kV/cm; 30 pulsos; 45°C)	Laranja espremida na hora e pasteurizada por 10 s a 80 °C prévio a inoculação	Redução de 1,5 ou 2,91 log UFC/mL de <i>S. Typhimurium</i> , respectivamente	(LIANG; MITTAL; GRIFFITHS, 2002)
0,2 µL/mL de hortelã-poejo + tratamento térmico 54 °C por 10 min	Maçã	Redução ≥ 5 log UFC/mL de <i>E. coli</i> O157:H7 em menor tempo quando comparado ao tratamento térmico aplicado isoladamente	(AIT-OUAZZOU <i>et al.</i> , 2012)
75 µL/L de limão + tratamento térmico 54 °C por 10 min	Maçã	Redução ≥ 5 log de <i>E. coli</i> O157:H7 em menor tempo quando comparado ao tratamento térmico aplicado isoladamente	(ESPINA <i>et al.</i> , 2012)

Continuação

Tabela 3 - Antimicrobianos naturais em combinação com outras tecnologias frente aos microrganismos

Antimicrobiano natural + tecnologia	Sucos aplicados	Efeito nos microrganismos	Referências
0,1% de casca de canela + 35 kV/cm de campo elétrico pulsado	Maçã e pera	Inativação de 5 log UFC/mL de <i>S. Enteritidis</i> e <i>E. coli</i> O157:H7	(MOSQUEDA-MELGAR; RAYBAUDI-MASSILIA; MARTÍN-BELLOSO, 2008)
0,05% de casca de canela + 35 kV/cm de campo elétrico pulsado	Morango	Inativação de 5 log UFC/mL de <i>S. Enteritidis</i> e <i>E. coli</i> O157:H7	
0,16 µL/mL de <i>Mentha piperita</i> nanoemulsionada + 30 kV/cm de campo elétrico pulsado	Manga	Redução de 5 log UFC/mL de <i>E. coli</i> O157:H7	(CARVALHO <i>et al.</i> , 2018)
200 µL/L de laranja doce ou tangerina + 400 MPa por 20 min de alta pressão	Laranja e maçã	Redução de 5 log UFC/mL de <i>Escherichia coli</i> O157:H7 no suco de laranja e 7 log UFC/mL no suco de maçã	(ESPINA <i>et al.</i> , 2013)
200 µL/L de limoneno + 300 MPa por 20 min de alta pressão	Laranja e maçã	Redução de 5 log de <i>Escherichia coli</i> O157:H7 em ambos os sucos	
0,02 mg/mL de folha de canela + ultrassom (24 kHz; 105 µm; 33,31 W; 50°C) por 30 min	Laranja e romã	Redução de 2,52 e 2,81 log UFC/mL de <i>S. cerevisiae</i> , em suco de laranja e romã respectivamente	(SÁNCHEZ-RUBIO <i>et al.</i> , 2016)
1,5 mg/mL de vanilina + ultrassom (20 kHz; 95,2 µm; 600 W; 45 °C) por 15 min ou 0,1 mg/mL de citral juntamente com 1,5 mg/mL vanilina + ultrassom (24 kHz; 105 µm; 33,31 W; 50°C) por 7 min	Laranja	Redução de 3,4 ou 6 log UFC/mL de <i>L. monocytogenes</i> , respectivamente	(FERRANTE; GUERRERO; ALZAMORA, 2007)

Fonte: Autora (2021)

Combinações entre aplicação de antimicrobianos naturais e de diferentes tecnologias demonstram-se eficazes para controle ou inibição de crescimento microbiano em sucos, visto o efeito sinérgico que pode ser atingido.

Malinowska-Pañczyk *et al.* (2009) verificaram que a combinação de alta pressão e quitosana com grau de desacetilação de 96%, foi capaz de reduzir as contagens de *E. coli* e *S. aureus* abaixo do limite de detecção em suco de maçã. No estudo de Pokhrel *et al.* (2019), um efeito sinérgico foi obtido pela utilização de alta pressão, nisina e controle da temperatura em suco de cenoura contra *L. innocua* e *E. coli*, evidenciando potencial para obtenção de sucos de alta qualidade e *clean label*, uma vez que reduções maiores foram observadas em comparação com apenas o uso de alta pressão. Quando suco de laranja foi exposto à luz UV-C combinada com nisina, a redução de *A. acidoterrestris* foi maior do que somente aplicação de luz UV-C (FERREIRA *et al.*, 2020). Contudo, a transmitância da radiação UV-C depende de fatores como quantidade de sólidos solúveis e matéria suspensa, o que pode dificultar a comparação com sucos de diferentes frutas ou com °Brix diferentes (KEYSER; CILLIERS; NEL; GOUWS, 2008). A combinação entre nisina e campo elétrico pulsado também contribuiu para maiores reduções nas contagens de *E. coli* em cidra de maçã e de *S. Typhimurium* em suco de laranja, em comparação com o uso de nisina isoladamente, indicando que tal combinação pode tornar as células mais vulneráveis à eletroporação, pela maior permeabilização da sua membrana celular (HO; MITTAL, 1996; IU; MITTAL; GRIFFITHS, 2001; LIANG; MITTAL; GRIFFITHS, 2002).

Efeitos sinérgicos também foram observados ao combinar óleos essenciais com outras tecnologias. Ait-Ouazzou *et al.* (2012), avaliaram a eficácia do OE de *Mentha pulegium* com tratamento térmico contra *E. coli* O157:H7 em suco de maçã, de modo que a redução de 5 log UFC/mL ocorreu mais rapidamente quando usado em combinação do que somente a aplicação do tratamento térmico. A mesma redução foi observada por Espina *et al.* (2012) com OE de limão, possibilitando uma diminuição de 5,7 vezes menos tempo de tratamento ou 4,5 °C, quando comparado com o tratamento térmico isolado, além de não afetar a aceitação sensorial do suco. Óleos essenciais e campo elétrico pulsado foram capazes de reduzir 5 log UFC/mL de *S. Enteritidis* e *E. coli* em sucos de maçã, de pera e de morango, e *E. coli* O157:H7 em suco de manga (MOSQUEDA-MELGAR; RAYBAUDI-MASSILIA; MARTÍN-BELLOSO, 2008; CARVALHO *et al.*, 2018). Além disso, óleos essenciais

em conjunto com alta pressão reduziram 5 log UFC/mL de *E. coli* O157:H7 em suco de laranja e 7 log UFC/mL no suco de maçã. Em ambos os sucos, menores intensidades de alta pressão foram necessárias quando os OE foram adicionados; e conseqüentemente, de modo vantajoso, isto possibilitaria custos operacionais menores para o tratamento de sucos (ESPINA *et al.*, 2013). Quanto ao uso de óleos essenciais em adição a tecnologia de ultrassom os resultados foram similarmemente positivos, de modo que reduções de microrganismos como *L. monocytogenes* em suco de laranja e *S. cerevisiae* em sucos de laranja e de romã também foram alcançadas (FERRANTE; GUERRERO; ALZAMORA, 2007).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Surtos alimentares e Doenças Transmitidas por Alimentos ocorrem anualmente, no Brasil e no mundo, por microrganismos patogênicos relacionados ao consumo de frutas e sucos contaminados. Isso se deve ao fato de que muitos microrganismos possuem a capacidade de sobrevivência e/ou multiplicação em frutas e sucos, embora sejam afetados de formas diversas quando expostos a diferentes fatores intrínsecos e extrínsecos destes alimentos. Além disso, a população em geral vem buscando estabelecer hábitos de vida mais saudáveis e evitar o consumo de conservantes artificiais. Uma união dos fatos apresentados motivou a comunidade científica a pesquisar alternativas para estas necessidades.

Os principais antimicrobianos naturais com potencial para aplicação em sucos de diferentes frutas, identificados a partir da presente revisão, foram quitosana, bacteriocinas (especialmente nisina) e diversos óleos essenciais. Estes agentes naturais são capazes de causar inibição ou redução significativa de microrganismos deteriorantes como bolores e leveduras, indicadores como *Escherichia coli* e patogênicos como *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* spp. Além disso, esses antimicrobianos mostram ser interessantes para a adequação desta bebida aos padrões microbiológicos estabelecidos na Instrução Normativa nº 60, de 26 de abril de 2019, assim como contribuir com a diminuição do número de surtos de DTA e prolongar a vida de prateleira de sucos.

Contudo, embora alguns destes antimicrobianos naturais apresentem determinadas desvantagens, tais como alterações indesejáveis nas características sensoriais, instabilidade e hidrofobicidade quando aplicados diretamente em alimentos; atualmente já existem técnicas, como a encapsulação e a tecnologia de barreiras, que demonstram serem eficazes na minimização destas limitações, ampliando a possibilidade de sua aplicação em sucos.

REFERÊNCIAS

- AASEN, I. M.; MARKUSSEN, S.; MORETRO, T.; KATLA, T.; AXELSSON, L.; NATERTAD, K. Interactions of the bacteriocins sakacin P and nisin with food constituents. **International Journal of Food Microbiology**, v. 87, p. 35-43, 2003.
- ABADIAS, M.; ALEGRE, I.; OLIVEIRA, M.; ALTISENT, R.; VINAS, I. Growth potential of *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut fruits (melon and pineapple) and vegetables (carrot and escarole) stored under different conditions. **Food Control**, v. 27, p. 37-44, 2012.
- ABEE, T.; KROCKEL, L.; HILL, C. Bacteriocins: modes of action and potentials in food preservation and control of food poisoning. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 28, n. 2, p. 169-85, 1995.
- ABIR (Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não Alcoólicas). **Bebidas não alcoólicas**: a cadeia de produção e distribuição que movimenta a economia do país. 2020. Disponível em: <<https://abir.org.br/abir/wp-content/uploads/2020/03/revista-abir-2020.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2021.
- AIT-OUAZZOU, A.; ESPINA, S.; CHERRAT, L.; HASSANI, M.; LAGLAOUI, A.; CONCHELLO, P.; PAGÁN, R. Synergistic combination of essential oils from Morocco and physical treatments for microbial inactivation. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 16, p. 283-290, 2012.
- ALMEIDA, E. T. C.; BARBOSA, I. M.; TAVARES, J. F.; BARBOSA-FILHO, J. M.; MAGNANI, M.; SOUZA, E. L. Inactivation of spoilage yeasts by *Mentha spicata* L. and *M. × villosa* Huds. essential oils in cashew, guava, mango, and pineapple juices. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, 2018.
- 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**, Botucatu, v. 9, n. 4, p. 86-91, 2007.
- ALVES, E. F.; SANTOS, B. S.; MATIAS, E. F. F. Avaliação da atividade antibacteriana e modulatória da fração hexânica do extrato hexânico de *Cordia verbenacea* DC. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**, v. 2, n. 5. Juazeiro do Norte, 2014.
- AMARAL, P. H. R.; ANDRADE, P. L.; CONTO, L. C. Microencapsulation and its uses in food science and technology: a review. Microencapsulation-processes, technologies and industrial applications. **IntechOpen**, 2019.
- ANDRES, Y.; GIRAUD, L.; GERENTE, C.; LE CLOIREC, P. Antibacterial effects of chitosan powder: mechanisms of action. **Environmental Technology**, v. 28, p. 1357-1363, 2007.

ASBAHANI, E.; MILADI, C.; BRADI, C.; SALA, E. H.; ADDI, A.; CASABIANCA A.; MOUSADI, A. E.; HARTMANN; JILALE; RENAUD, F. N. R.; ELAISSARI, A. Essential oils: from extraction to encapsulation. **International Journal of Pharmaceutics**, França, v. 483, p. 220-243, 2015.

ASIOLI, D.; ASCHEMANN-WITZEL, J.; CAPUTO, V.; VECCHIO, R.; ANNUNZIATA, A.; NAES, T.; VARELA, P. Making sense of the “clean label” trends: a review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. **Food Research International**, v. 99, p. 58-71, 2017.

ASSIS, A. S. **Produção e caracterização do biofilme de quitosana como envoltório protetor em morangos**. 2009. Tese (Doutorado em nutrição). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 89p., 2009.

ASSIS, O. B. G.; ALVES, H. C. **Metodologia mínima para a produção de filmes comestíveis de quitosana e avaliação preliminar de seu uso como revestimento protetor em maçãs cortadas**. São Carlos: EMBRAPA, Comunicado Técnico 49, 5 p., 2002.

AYMERICH, M T.; JOFRÉ, A.; GARRIGA, M.; HUGAS, M. Inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* by natural antimicrobials and high hydrostatic pressure in sliced cooked ham. **Journal of Food Protection**, v. 68, p. 173-177, 2005.

AZERÊDO, G. A.; STAMFORD, T. L. M.; NUNES, P. C.; NETO, N. J. G.; OLIVEIRA, M. E. G.; SOUZA, E. L. Combined application of essential oils from *Origanum vulgare* L. and *Rosmarinus officinalis* L. to inhibit bacteria and autochthonous microflora associated with minimally processed vegetables. **Food Research International**, v. 44, p. 1541–1548, 2011.

AZEREDO, H. M. C. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 89-97, 2005.

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.

BALLA, C.; FARKAS, J. Minimally processed fruits and fruit products and their microbiological safety. In: HUI, Y. H.; BARTA, J.; CANO, M. P.; GUSEK, T.; SIDHU, J. S.; SINHA, N. 1. ed. **Handbook of fruits and fruit processing**. Ames, Iowa: Blackwell Publishing, p. 115-128, 2006.

BARBOSA, I. M.; MEDEIROS, J. A. C.; OLIVEIRA, K. A. R.; GOMES NETO, N. J.; TAVARES, J. F.; MAGNANI, M.; SOUZA, E. L. Efficacy of the combined application of oregano and rosemary essential oils for the control of *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* Enteritidis in leafy vegetables. **Food Control**, v. 59, p. 468-477, 2016.

BARNEY, P. **Doctor's guide to natural medicine**. Orem, Utah: Woodland Publishing Inc. 406 p., 1998.

BARROS, J. R. Aplicação de nisina em tripa natural para o controle de micro-organismos deteriorantes da salsicha. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Centro Universidade de Instituto Mauá de Tecnologia, São Paulo. 63 p., 2009.

BASKARAN, S. A.; AMALARADJOU, M. A. R.; HOAGLAND, T.; VENKITANARAYANAN, K. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in apple juice and apple cider by trans-cinnamaldehyde. **International Journal of Food Microbiology**, v. 141, p. 126-129, 2010.

BASSOLÉ, I. H. N.; LAMIEN-MEDA, A.; BAYALA, B.; TIROGO, S.; FRANZ, C.; NOVAK, J.; NEBIÉ, R. C.; DICKO, M. H. Composition and antimicrobial activities of *Lippia multiflora* Moldenke, *Mentha x piperita* L. and *Ocimum basilicum* L. essential oils and their major monoterpene alcohols alone and in combination. **Molecules**: v. 15, n. 11, p. 7825-7839, 2010.

BATIHA, G. E.; HUSSEIN, D. E.; ALGAMMAL, A. M.; GEORGE, T. T.; JEANDET, P.; AL-SNAFI, A. E.; TIWARI, A.; PAGNOSSA, J. P.; LIMA, C. M.; THORAT, N. D.; ZAHOOR, M.; EL-ESAWI, M.; DEY, A.; ALGHAMDI, S.; HETTA, H. F.; CRUZ-MARTINS, N. Application of natural antimicrobials in food preservation: recent views. **Food Control**, v. 126, 2021.

BEIRÃO-DA-COSTA, Sara et al. Inulin potential for encapsulation and controlled delivery of Oregano essential oil. **Food Hydrocolloids**, Portugal, p.199-206, dez. 2013.

BETONI, J.E.C. et al. Synergism between plants extracts antimicrobial drugs used on *Staphylococcus aureus* diseases. **Revista Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 101, n. 4, p. 387-390, 2006.

SNA (Sociedade Nacional de Agricultura). **Boas perspectivas para o mercado de sucos**. 2017. Disponível em: <<https://www.sna.agr.br/boas-perspectivas-para-o-mercado-de-sucos/>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Portaria nº 146, de 07 de março de 1996**. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos. Diário Oficial da União, Brasília, 11 mar. 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Portaria nº 359, de 04 de setembro de 1997**. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do Requeijão ou Requesón. 4 set. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 04 jun. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 9 set. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 19, de 19 de julho de 2013**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Edição 117, Seção 1, p. 14, 20 jun. 2013a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Edição 187, Seção 1, p. 4, 27 set. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Edição 249, Seção 1, p. 133, 23 dez. 2019a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 8, de 6 de março de 2013**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 8 mar. 2013b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p. 96, 23 dez. 2019b.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Doenças transmitidas por alimentos**. 2014. Disponível em: <<https://portalsaude.saude.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde - SVS. **Surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil**. 2019c. Disponível em: <<https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/fevereiro/15/Apresenta----o-Surtos-DTA---Fevereiro-2019.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2021.

BRITO, C. S.; ROSSI, D. A. Bolors e leveduras, coliformes totais e fecais em sucos de laranja *in natura* e industrializados não pasteurizados comercializados na cidade de Uberlândia-MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 133-140, 2005.

BRUNO, L. M.; QUEIROZ, A. M. M.; ANDRADE, A. P. C.; VASCONCELOS, N. M.; BORGES, M. F. Avaliação microbiológica de hortaliças e frutas minimamente processadas comercializadas em Fortaleza (CE). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 75-84, 2005.

BUBONJA-SONJE, M.; GIACOMETTI, J.; ABRAM, M. Antioxidant and antilisterial activity of olive oil, cocoa and rosemary extract polyphenols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 27, p. 1821-1827, 2011.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, p. 223-253, 2004.

BUSATTA, C. **Caracterização química e atividade antimicrobiana *in vitro* e em alimentos dos extratos de orégano e manjerona**. Departamento de Ciências Agrárias, Erechim. 2006.

CALO, J. R.; CRANDALL, P. G.; O'BRYAN, C. A.; RICKE, S. C. Essential oils as antimicrobials in food systems: a review. **Food Control**, v. 54, p. 111-119, 2015.

CAPDEVILLE, G.; WILSON, C. L.; BEER, S. V.; AIST, J. R. Alternative disease control agents induce resistance to blue mold in harvested 'red delicious' apple fruit. **Phytopathology**, v. 92, n. 8, p. 900-908, 2002.

CARDOSO, T., CARVALHO, V. Toxinfecção alimentar por *Salmonella* spp. **Revista do Instituto de Ciências da Saúde**, v. 24, p. 95-101, 2006.

CARNEIRO, H. C. F. Microencapsulação de óleo de linhaça por spray drying: influência da utilização de diferentes combinações de materiais de parede. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, 2011.

CARMO, L. S.; CUMMINGS, C.; LINARDI, V. R.; DIAS, R. S.; SOUZA, J. M.; SENA, M. J.; SANTOS, D. A.; SHUPP, J. W.; PEREIRA, R. K. P.; JETT, M. A case study of a massive staphylococcal food poisoning incident. **Foodborne Pathogens and Disease**, v. 1, n. 4, p. 241-246, 2004.

CARVALHO, R. J.; SOUZA, G. T.; PAGÁN, E.; GARCÍA-GONZALO, D.; MAGNANI, M.; PAGÁN, R. Nanoemulsions of *Mentha piperita* L. essential oil in combination with mild heat, pulsed electric fields (PEF) and high hydrostatic pressure (HHP) as an alternative to inactivate *Escherichia coli* O157: H7 in fruit juices. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 8, p. 219-227, 2018.

CASTRO-ROSAS, J.; FERREIRA-GROSSO, C. R.; GÓMEZ-ALDAPA, C. A.; RANGEL-VARGAS, E.; RODRÍGUEZ-MARÍN, M. L.; GUZMÁN-ORTIZ, F. A. Recent advances in microencapsulation of natural sources of antimicrobial compounds used in food: a review. **Food Research International**, v. 102, p. 575-587, 2017.

CAVA, R.; NOWAK, E.; TABOADA, A.; MARIN-INIESTA, F. Antimicrobial activity of clove and cinnamon essential oils against *Listeria monocytogenes* in pasteurized milk. **Journal of Food Protection**, v. 70, p. 2757-2763, 2007.

CDC (Centers for Disease Control and Prevention). **Multistate outbreak of human *Salmonella* Agona infections linked to whole, fresh imported papayas**. 2011. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/salmonella/agonapapayas/072511/>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

CDC (Centers for Disease Control and Prevention). **Multistate outbreak of listeriosis linked to frozen vegetables**. 2016.

CDC (Centers for Disease Control and Prevention). Outbreaks of *Escherichia coli* O157:H7 infections and cryptosporidiosis associated with drinking unpasteurized apple cider - Connecticut and New York. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 46, n. 1, p. 4-8, 1997.

CDC (Centers for Disease Control and Prevention). Outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infections associated with drinking unpasteurized commercial apple juice - British Columbia, California, Colorado and Washington. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 45, n. 44, p. 975, 1996.

CHANDRAKASAN, G.; RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, A. I.; LÓPEZ-CUELLAR, M.; PALMA-RODRÍGUEZ, H. M.; CHAVARRÍA-HERNÁNDEZ, N. Bacteriocin encapsulation for food and pharmaceutical applications: advances in the past 20 years. **Biotechnology Letters**, v. 41, p. 453-469, 2019.

CHATTERJEE, S.; CHATTERJEE, S.; CHATTERJEE, B. P. Clarification of fruit juice with chitosan. **Process Biochemistry**, v. 39, p. 2229-2232, 2004.

CHIKINDAS, M. L.; GARCIA-GARCERA, M. J., DRIESSEN A. J.; LEDEBOER, A. M.; NISSEN-MEYER, J.; NES, I. F.; ABEE, T.; KONINGS, W. V.; VENEMA, G. N. Pediocin PA-1, a bacteriocin from *Pedococcus acidilactici* PAC1.0, forms hydrophilic pores in the cytoplasmic membrane of target cells. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 59, p. 3577-3584, 1993.

CHIKINDAS, M. L.; WEEKS, R.; DRIDER, D.; CHISTYAKOV, V. A.; DICKS, L. M. Functions and emerging applications of bacteriocins. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 49, p. 23-28, 2018.

CLEVELAND, J.; MONTVILLE, T.; NES, I. F.; CHIKINDAS, M. L. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. **International Journal of Food Microbiology**, Oxford, v. 71, n. 1, p. 1-20, 2001.

COOK, M.; TZORTZIS, G.; CHARALAMPOPOULOS, D.; KHUTORYANSKIY, V. Microencapsulation of probiotics for gastrointestinal delivery. **Journal of Controlled Release**, Estados Unidos, v. 162, p. 56-67, 2012.

COSTA, T. L. E.; OLIVEIRA, T. A.; SANTOS, F. K. G.; AROUCHA, M. M.; LEITE, R. H. L. Avaliação de coberturas comestíveis compostas por quitosana e argila no revestimento em tomates sob refrigeração pelo método dipping. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 5, p. 12-19, 2012.

CRAVEIRO, A. A.; CRAVEIRO, A. C.; QUEIROZ, D. C. Quitosana: a fibra do futuro. Parque de Desenvolvimento Tecnológico, Fortaleza, CE, 1999.

CRAVEIRO A. A.; FERNANDES, A. G.; ANDRADE, C. H. S.; MATOS, F. J. A. ALENCAR, J. W.; MACHADO, M. Óleos essenciais de Plantas do Nordeste. Fortaleza: Editora UFC, p. 127-131, 1981.

CRUZ, F. **Pesquisa mostra que 80% dos brasileiros buscam alimentação saudável**. 2018. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2018-05/pesquisa-mostra-que-80-dos-brasileiros-buscam-alimentacao-saudavel>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

DAVIDSON, P. M.; ZIVANOVIC, S. The use of natural antimicrobials. In: ZEUTHEN, P.; BOGH-SORENSEN, L. **Food preservation techniques**. Boca Raton: CRC Press LLC, p. 5-30, 2003.

DEAN, M.; ZOTTOLA, E. A. Use of nisin in ice cream and effect on the survival of *Listeria monocytogenes*. **Journal of Food Protection**, v. 59, p. 476-80, 1996.

DELVES-BROUGHTON, J.; GASSON, M. J. Nisin. In: DILLON, V. M.; BOARD, R. G. **Natural antimicrobial systems and food preservation**. Wallingford: Cab International, p. 99-131, 1994.

DESAI, K. G. H.; PARK, H. J. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. **Drying Technology**, Estados Unidos, v. 23, p.1361-1394, 2007.

DESCHAMPS, C.; MONTEIRO, R.; MACHADO, M. P.; SCHEER, A. P.; COCCO, L.; YAMAMOTO, C. Avaliação de genótipos de *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha* spp. para produção de mentol. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 178-183, 2013.

DHEWA, T. Screening, production purification and potential use of bacteriocins from lactic acid bacteria of meat and dairy food origin. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NUTRITION AND FOOD SCIENCES, 2012, Singapore. Proceedings... Singapore: IACSIT Press, v. 39, p. 35-41, 2012.

DONSÌ, F.; ANNUNZIATA, M.; SESSA, M.; FERRARI, G. Nanoencapsulation of essential oils to enhance their antimicrobial activity in foods. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 44, n. 9, p.1908-1914, 2011.

DORMAN, H. J. D.; DEANS, S. G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 88, n. 2, p. 308-316, 2000.

DOTTO, G. L.; GREVINELI, A. C.; OLIVEIRA, A.; PONS, G.; PINTO, L. A. A. Uso de quitosana como filme microbiológico para o aumento da vida útil de mamões papaia. In: 17º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E 10º ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, Rio Grande. **Anais...** Rio Grande, 2008.

DOUMITH, M.; BUCHRIESER, C.; GLASER, P.; JACQUET, C.; MARTIN, P. Differentiation of the major *Listeria monocytogenes* serovars by multiplex PCR. **Journal of Clinical Microbiology**, Washington D.C., v. 42, n. 8, p. 3819-1822, 2004.

DOYLE, M. P.; BEUCHAT, L. R., **Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers**, 3. ed. ASM Press: Washington D.C., 2007.

DUTTA, P. K.; TRIPATHI, S.; MEHROTRA, G. K.; DUTTA, J. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. **Food Chemistry**, v. 114, n. 4, p. 1173-1182, 2009.

ENGELKIRK, P. G.; DUBEN-ENGELKIRK, J. Infecções bacterianas. In: ENGELKIRK, P. G.; DUBEN-ENGELKIRK, J. **Burton Microbiologia para as ciências da saúde**. Rio de Janeiro: Gen Guanabara Koogan, p. 332-357, 2015.

ERNANDES, F. M. P. G.; GARCIA-CRUZ, C. H.; Atividade antimicrobiana de diversos óleos essenciais em microrganismos isolados do meio ambiente, **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba v. 25, n. 2, p. 193-206, 2007.

ESPINA, L.; GARCÍA-GONZALO, D.; LAGLAOUI, A.; MACKEY, B. M.; PAGÁN, R. Synergistic combinations of high hydrostatic pressure and essential oils or their constituents and their use in preservation of fruit juices. **International Journal of Food Microbiology**, v. 161, p. 23 - 30, 2013.

ESPINA, L.; GARCÍA-GONZALO, D.; PAGÁN, R. Impact of essential oils on the taste acceptance of tomato juice, vegetable soup, or poultry burger. **Journal of Food Science**, v. 79, p. 1575-1583, 2014a.

ESPINA, L.; GARCÍA-GONZALO, D.; PAGÁN, R. Synergistic effect of orange essential oil or (+)-limonene with heat treatments to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 in orange juice at lower intensities while maintaining hedonic acceptability. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, p. 471-481, 2014b.

ESPINA, L.; SOMOLINOS, M.; LORÁN, S.; CONCHELLO, P.; GARCÍA, D.; PAGAN, R. Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes. **Food Control**, Oxford, v. 22, n. 6, p. 896-902, 2011.

ESPINA, L.; SOMOLINOS, M.; OUAZZOU, A. A.; CONDÓN, S.; GARCÍA-GONZALO, D.; PAGÁN, R. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in fruit juices by combined treatments of citrus fruit essential oils and heat. **International Journal of Food Microbiology**, v. 159, p. 9-16, 2012.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Soft drinks in Brazil**: industry overview. London: Euromonitor International, 2017.

FANG, S. W.; LI, C. F.; SHIH, D. D. C. Antifungal activity of chitosan and its preservative effect on low-sugar candied kumquat. **Journal of Food Protection**, v. 52, p. 136-140, 1994.

FAO/WHO. 2013. **Evaluations of the joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA) nisin**. Disponível em: <<https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=572>>. Acesso em 11 abr. 2021.

FELÍCIO, B. A. Efeito inibitório de diferentes concentrações de nisina sobre *Staphylococcus aureus* em queijo minas frescal. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

FENG, P. *Escherichia coli* serotype O157:H7: novel vehicles of infections and emergence of phenotypic variants. **Emerging Infectious Diseases**, v. 1, n. 2, p. 1-9, 1995.

FERRANTE, S.; GUERRERO, S.; ALZAMORA, S. M. Combined use of ultrasound and natural antimicrobials to inactivate *Listeria monocytogenes* in orange juice. **Journal of Food Protection**, v. 70, p. 1850-1856, 2007.

FERREIRA, C. P. **Caracterização química e morfológica de genótipos de *Mentha* spp.** Brasília: Universidade de Brasília, 96p. 2008.

FERREIRA, T. A.; MIZUTA, A. G.; MENEZES, J. L.; DUTRA, T. V.; BONIN, E.; CASTRO, J. C.; SZCZEREPA, M.M. A.; PILAU, E. J.; NAKAMURA, C. V.; MIKCHA, J. M. G.; FILHO, B. A. A. Effect of ultraviolet treatment (UV-C) combined with nisin on industrialized orange juice in *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 133, 2020.

FERREE, B.; HUDAK-ROSS, M. Essential elements of sanitation in the beverage industry. In: FOSTER, T.; VASAVADA, P. C. **Beverage Quality and Safety**. 1. ed. CRC Press, cap. 8, 2003.

FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo). **Brasil Food Trends 2020**. 2010. Disponível em: <<http://www.brazilfoodtrends.com.br>>. Acesso em: 25 jan. 2021.

FLESSA, S.; LUSK, D. M.; HARRIS, L. J. Survival of *Listeria monocytogenes* on fresh and frozen strawberries. **International Journal of Food Microbiology**, v. 101. p. 255-262, 2005.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION – FDA. **Environmental assessment: factors potentially contributing to the contamination of fresh whole cantaloupe implicated in a multi-state outbreak of listeriosis**. 2011.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Agentes antimicrobianos químicos e naturais**, n. 15, 2010. Disponível em: <https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060451504001467225580.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2021.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Conservantes**, n. 42, 2017. Disponível em: <https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201711/2017110730727001512043728.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2021.

FRANÇA, F. C.; MENDES, A. C. R.; ANDRADE, I. S.; RIBEIRO, G. S.; PINHEIRO, I. B. Mudanças dos hábitos alimentares provocados pela industrialização e o impacto sobre a saúde do brasileiro. In: SEMINÁRIO ALIMENTAÇÃO E CULTURA NA BAHIA, Bahia. **Anais...** Bahia: UNEB, p. 1-7, 2012.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 196 p., 2005.

FRIEDMAN, M.; HENIKA, P. R.; LEVIN, C. E.; MANDRELL, R. E. Antibacterial activities of plant essential oils and their components against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* in apple juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 19, p. 6042-6048, 2004.

FURLANETTO, S. M. P.; PAULA, C. R.; GAMBALE, W.; NASCIMENTO, D. Ocorrência de bolores e leveduras em sucos de laranja ao natural. **Revista de Microbiologia**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 31-34, 1982.

GÁLVEZ, A.; ABRIOUEL, H.; LÓPEZ, R. L.; OMAR, N. B. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. **International Journal of Food Microbiology**, v. 120, p. 51-70, 2007.

GARLET, T. M. B.; FLORES, R.; MESSCHMIDT, A. A. Influência de citocininas na micropropagação de *Mentha x gracilis* Sole. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 1, p. 30-34. 2011.

GARLET, T. M. B.; SANTOS, O. S.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; GARCIA, D. C.; FLEIG, E. B. Produção e qualidade do óleo essencial de menta em hidroponia com doses de potássio. **Revista do Centro de Ciências Rurais**: v. 37, n. 4, p. 956-962, 2007.

GAVA, A. J. **Tecnologia de alimentos**: princípios e aplicações. São Paulo: Nobel, 512 p., 2009.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. **Higiene e Vigilância Sanitária de Alimentos**. São Paulo: Editora Varela, 2001.

GIBBS, R.; PINGAULT, N.; MAZZUCHELLI, T.; O'REILLY, L.; MACKENZIE, B.; GREEN, J.; MOGYOROSY, R.; STAFFORD, R.; BELL, R.; HILEY, L.; FULLERTON, K.; BUYNDER, P. V. An outbreak of *Salmonella enterica* serotype Litchfield infection in Australia linked to consumption of contaminated papaya. **Journal of Food Protection**, v. 72, n. 5, p. 1094-1098, 2009.

GOMES NETO, N. J.; LUZ, I. S.; HONÓRIO, W. G.; TAVARES, A. G.; SOUZA, E. *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and the related compound 1,8-cineole do not induce direct or cross-protection in *Listeria monocytogenes* ATCC 7644 cultivated in meat broth. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 58, p. 973-981, 2012.

GÓMEZ, B.; BARBA, F. J.; DOMÍNGUEZ, R.; PUTNIK, P.; KOVACEVIC, D. B.; PATEIRO, M.; TOLDRÁ, F.; LORENZO, J. M. Microencapsulation of antioxidant compounds through innovative technologies and its specific application in meat processing. **Trends in Food Science & Technology**, v. 82, p. 135-147, 2018.

GRANDE, M. J.; LUCAS, R.; VALDIVIA, E.; ABRIOUEL, H.; MAQUEDA, M.; OMAR, N. B.; MARTÍNEZ-CAÑAMERO, M.; GÁLVEZI, A. Stability of enterocin AS-48 in fruit and vegetable juices. **Journal of Food Protection**, v. 68, n. 10, p. 2085-2094, 2005.

GUEDES, J. P. A.; SOUZA, E. L. Investigation of damage to *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* Enteritidis exposed to *Mentha arvensis* L. and *M. piperita* L. essential oils in pineapple and mango juice by flow cytometry. **Food Microbiology**, v. 76, p. 564-571, 2018.

GUEDES, J. P.; MEDEIROS, J. A. C.; SILVA, R. S. S.; SOUSA, J. M. B.; CONCEIÇÃO, M. L.; SOUZA, E. L. The efficacy of *Mentha arvensis* L. and *M. piperita* L. essential oils in reducing pathogenic bacteria and maintaining quality characteristics in cashew, guava, mango, and pineapple juices. **International Journal of Food Microbiology**, v. 238, p. 183-192, 2016.

GUERRA, I. C. D.; OLIVEIRA, P. D. L.; PONTES, A. L. S.; LÚCIO, A. S. S. C.; TAVARES, J. F.; BARBOSA-FILHO, J. M.; MADRUGA, M. S.; SOUZA, E. L. Coatings comprising chitosan and *Mentha piperita* L. or *Mentha x villosa* Huds essential oils to prevent common postharvest mold infections and maintain the quality of cherry tomato fruit. **International Journal of Food Microbiology**, v. 214, 168-178, 2015.

GUTIERREZ, J.; BARRY-RYAN, C.; BOURKE, P. Antimicrobial activity of plant essential oils using food model media: efficacy, synergistic potential and interactions with food components. **Food Microbiology**, v. 26, p. 142-150, 2009.

GUTIERREZ, J.; RODRIGUEZ, G.; BARRY-RYAN, C.; BOURKE, P. Efficacy of plant essential oils against food-borne pathogens and spoilage bacteria associated with ready to eat vegetables: antimicrobial and sensory screening. **Journal of Food Protection**, v. 71, p. 1946-1854, 2008.

HA Fahim , WM El Rouby , AO El-Gendy , AS Khairalla , IA Naguib , AA Farghali Enhancement of the productivity of the potent bacteriocin avicin A and improvement of its stability using nanotechnology approaches. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2017.

HO, S. Y.; MITTAL, G. S. Electroporation of cell membranes: a review. 1996. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 16, p. 349-362, 1996.

HUANG, Y.; YE, M.; CHEN, H. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. in strawberry puree by high hydrostatic pressure with/without subsequent frozen storage. **International Journal of Food Microbiology**, v. 160, p. 337-343, 2012.

HUQ, T.; RIEDL, B.; BOUCHARD, J.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. Microencapsulation of nisin in alginate-cellulose nanocrystal (CNC) microbeads for prolonged efficacy against *Listeria monocytogenes*. **Cellulose**, v. 21, n. 6, p. 4309-4321, 2014.

IRKIN, R.; KORUKLUOGLU, M. Growth inhibition of pathogenic bacteria and some yeasts by selected essential oils and survival of *L. monocytogenes* and *C. albicans* in apple-carrot juice. **Foodborne Pathogens and Disease**, v. 6, n. 3, p. 387-394, 2009.

IŞCAN, G.; KIRIMER, N.; KÜRKÇÜOĞLU, M.; BAŞER, H. C.; DEMIRCI, F. Antimicrobial screening of *Mentha piperita* essential oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 14, p. 3943-3946, 2002.

IU, J.; MITTAL, G. S.; GRIFFITHS, M. W. Reduction in levels of *Escherichia coli* O157:H7 in apple cider by pulsed electric fields. **Journal of Food Protection**, v. 64, n. 7, p. 964–969, 2001.

JAMALI, H.; CHAI, L. C.; THONG, K. L. Detection and isolation of *Listeria* spp. and *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods with various selective culture media. **Food Control**, v. 32, p. 19-24, 2013.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2005. 711 p.

JEON, M.; HA, J. Inactivating foodborne pathogens in apple juice by combined treatment with fumaric acid and ultraviolet-A light, and mechanisms of their synergistic bactericidal action. **Food Microbiology**, v. 87, 2020.

JO, Y. J.; CHUN, J. Y.; KWON, Y. J.; MIN, S. G.; HONG, G. P.; CHOI, M. J. Physical and antimicrobial properties of trans-cinnamaldehyde nanoemulsions in water melon juice. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 60, p. 444-451, 2015.

JOE, M. M.; BRADEEBA, K.; PARTHASARATHI, R.; SIVAKUMAAR, P. K.; CHAUHAN, P. S.; TIPAYNO, S.; BENSON, A.; SA, T. Development of surfactin based nanoemulsion formulation from selected cooking oils: evaluation for antimicrobial activity against selected food associated microorganisms. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, 2011.

JUNIOR, A. A. O.; COUTO, H. G. S. A.; BARBOSA, A. A. T.; CARNELOSSI, M. A. G.; MOURA, T. R. Estabilidade, atividade antimicrobiana e efeito da nisina nas propriedades físico-químicas de sucos de frutas. **International Journal of Food Microbiology**, v. 211, p. 38-43, 2015.

JÚNIOR, F. P. A.; LIMA, B. T. M.; ALVES, T. W. B.; MENEZES, M. E. S. Fatores que propiciam o desenvolvimento de *Staphylococcus aureus* em alimentos e riscos atrelados a contaminação: uma breve revisão. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, v. 18, n. 1, p. 89-93, 2019.

JUNG, D. S.; BODYFELT, F. W.; DAESHEL, M. A. Influence of fat and emulsifiers on the efficacy of nisin in inhibiting *Listeria monocytogenes* in fluid milk. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 387-393, 1992.

KALSCHNE D. L.; GEITENES, S.; VEIT, M. R.; SARMENTO, C. P.; COLLA, E. Growth inhibition of lactic acid bacteria in ham by nisin: a model approach. **Meat Science**, v. 98, p. 744-752, 2014.

KARAMAN, K.; SAGDIC, O.; YILMAZ, M. T. Multiple response surface optimization for effects of processing parameters on physicochemical and bioactive properties of apple juice inoculated with *Zygosaccharomyces rouxii* and *Zygosaccharomyces bailii*. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 69, n. 1, p. 258-272, 2016.

KEYSER, M. M. I. A.; CILLIERS, F. P.; NEL, W.; GOUWS, P. A. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 9, p. 348-354, 2008.

KISKO, G.; SHARP, R.; ROLLER, S. Chitosan inactivates spoilage yeasts but enhances survival of *Escherichia coli* O157:H7 in apple juice. **Journal of Applied Microbiology**, 2005, v. 98, p. 872–880, 2005.

KIM, H.; CHO, J. Simple and rapid detection of *Listeria monocytogenes* in fruit juice by real-time PCR without enrichment culture. **Food Control**, v. 21, p. 1419-1523, 2010.

KIM, J.; KIM, H.; BEUCHAT, L. R.; RYUA, J. Synergistic antimicrobial activities of plant essential oils against *Listeria monocytogenes* in organic tomato juice. **Food Control**, v. 125, 2021.

KLEIN, L. R.; BISOGNIN, R. P.; FIGUEIREDO, D. M. S. Estudo do perfil epidemiológico dos surtos de doenças de transmissão hídrica e alimentar no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 13, p. 48-64, 2017.

KRAUSE, G.; TERZAGIAN, R.; HAMMOND, R. Outbreak of *Salmonella* serotype Anatum infection associated with unpasteurized orange juice. **Southern Medical Journal**, v. 94, p. 1.168-1.172, 2001.

KRYSHEN, A. Avaliação do potencial antimicrobiano de óleos essenciais e nisina. 63f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Aplicada), Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

KUMAR, A. B. V.; VARADARAJ, M. C.; GOWDA, L. R.; THARANATHAN, R. N. Characterization of chito-oligosaccharides prepared by chitosan analysis with the aid of papain and Pronase, and their bactericidal action against *Bacillus cereus* and *Escherichia coli*. **Biochemical Journal**, v. 391, p. 167-175, 2005.

LADO, B. H.; YOUSEF, A. E. Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms. **Microbes and Infection**, v. 4, p. 433-440, 2002.

LAILER, M. R.; TOURDJMAN, M.; BUSER, G. L.; HOSTETLER, T.; REPP, K. K.; LEMAN, R.; SAMADPOUR, M.; KEENE, W. E. *Escherichia coli* O157:H7 infections associated with consumption of locally grown strawberries contaminated by deer. **Clinical Infectious Diseases**, v. 57, p. 1129-1134, 2013.

LEISTNER, L. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. **International Journal of Food Microbiology**, v. 55, p. 181-186, 2000.

LEISTNER, L.; GORRIS, L. G. M. Food preservation by hurdle technology. **Trends in Food Science & Technology**, v. 6, p. 41-46, 1995.

LEISTNER, L.; GOULD, G. W. Hurdle technologies. In: LEISTNER, L.; GOULD, G. W. **Combination treatments for food stability, safety and quality**. EUA: Springer Science & Business Media, p.17-27, 2012.

LEITE, C. J. B.; SOUSA, J. P.; MEDEIROS, J. A. C.; CONCEIÇÃO, M. L.; FALCÃO SILVA, V. S.; SOUZA, E. L. Inactivation of *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* Enteritidis by *Cymbopogon citratus* D.C. Stapf. essential oil in pineapple juice. **Journal of Food Protection**, v. 79, p. 213-219, 2016.

LIANG, Z.; MITTAL, G. S.; GRIFFITHS, M. W. Inactivation of *Salmonella* Typhimurium in orange juice containing antimicrobial agents by pulsed electric field. **Journal of Food Protection**, v. 65, n. 7, p. 1081-1087, 2002.

LIM, J. S.; HA, J. W. Effect of acid adaptation on the resistance of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium to X-ray irradiation in apple juice. **Food Control**, v. 120, 2021.

LÓPEZ-GÓMEZ, A.; FERNÁNDEZ, P. S.; PALOP, A.; PERIAGO, P. M.; MARTINEZ-LÓPEZ, A.; MARIN-INIESTA, F.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Food safety engineering: an emerging perspective. **Food Engineering Reviews**, v. 1, p. 84-104, 2009.

LUPO, B.; MAESTRO, A.; PORRAS, M.; GUTIÉRREZ, J. M.; GONZÁLEZ, G. Preparation of alginate microspheres by emulsification/internal gelation to encapsulate cocoa polyphenols. **Food Hydrocolloids**, Barcelona, v. 38, p.56-65, 2014.

LUZ, I. S.; GOMES-NETO, N. J.; TAVARES, A. G.; NUNES, P. C.; MAGNANI, M.; SOUZA, E. L. Evidence for lack of acquisition of tolerance in *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium ATCC 14028 after exposure to subinhibitory amounts of *Origanum vulgare* L. essential oil and carvacrol. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, p. 5021-5024, 2012.

MAISNIER-PATIN, S.; TATINI, S. R.; RICHARD, J. Combined effect of nisin and moderate heat on destruction of *Listeria monocytogenes* in milk. **Lait**, Les Ulis, v. 75, p. 81-91, 1995.

MALHEIROS, D. F. **Óleo essencial de *Mentha piperita* (Lamiaceae) no controle de monogenoides das brânquias de *Arapaima gigas* (Arapaimidae)**. Tese (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical). Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2014.

MALHEIROS, P. S.; DAROIT, D. J.; BRANDELLI, A. Inhibition of *Listeria monocytogenes* in minas frescal cheese by free and nanovesicle-encapsulated nisin. **Brazilian Journal of Microbiology**, p. 1414-1418, 2012.

MALINOWSKA-PAŃCZYK, E.; KOTODZIEJSKA, I.; MURAWSKA, D.; WOTOSEWICZ, G. The combined effect of moderate pressure and chitosan on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* cells suspended in a buffer and on natural microflora of apple juice and minced pork. **Food Technology Biotechnology**, v. 47, n. 2, p. 202-209, 2009.

MALLON, C.; BORTOLOZO, E. A. F. Q. Alimentos comercializados por ambulantes: uma questão de segurança alimentar. **Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde**, Ponta Grossa, v. 10, n. 3/4, p. 65-76, 2004.

MARCHI, D. M.; BAGGIO, N.; TEO, C. R. P. A.; BUSATO, M. A. Ocorrência de surtos de doenças transmitidas por alimentos no município de Chapecó, Estado de Santa Catarina, Brasil, no período de 1995 a 2007. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 401-407, 2011.

MARTÍN-DIANA, A. B.; RICO, D.; BARAT, J. m.; BARRY-RYAN, C. Orange juices enriched with chitosan: optimisation for extending the shelf-life. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, p. 590-600, 2009.

MAZZARINO, G.; PAPARELLA, A.; CHAVES-LÓPEZ, C.; FABERI, A.; SERGI, M.; SIGISMONDI, C.; COMPAGNONE, D.; SERIO, A. *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* inactivation dynamics after treatment with selected essential oils. **Food Control**, v. 50, p. 794-803, 2015.

MELGAR-MOSQUEDA, J.; RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; MARTÍN-BELLOSO, O. Non-thermal pasteurization of fruit juices by combining high-intensity pulsed electric fields with natural antimicrobials. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.9, p 328-340, 2008.

MILLEZI, A. F.; BAPTISTA, N. N.; CAIXETA, D. S.; ROSSONI, D. F.; CARDOSO, M. G.; PICCOLI, R. H. Caracterização química e atividade antibacteriana de óleos essenciais de plantas condimentares e medicinais contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 1, 2014.

MIRANDA, M. E. S. **Caracterização físico-química, bioquímica, microscópica, e sensorial, da N-carboximetilquitosana em solução e filme**. 2004. Tese (Doutorado em ciência e tecnologia de alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Santa Catarina, Brasil, 152 p., 2004.

MMWR (Morbidity and Mortality Weekly Report), CDC. **Outbreak of *Salmonella* serotype Muenchen infections associated with unpasteurized orange juice - United States and Canada, June 1999**. 1999. Disponível em: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm4827a2.htm>. Acesso em: 12 fev. 2021.

MOREIRA, H. R. **Influência da cobertura de quitosana com e sem adição de óleo essencial de orégano na vida útil de tomates**. 2020. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2020.

MORIN-CRINI, N.; LICHTFOUSE, F.; TORRI, G.; CRINI, G. Applications of chitosan in food, pharmaceuticals, medicine, cosmetics, agriculture, textiles, pulp and paper, biotechnology, and environmental chemistry. **Environmental Chemistry Letters**, v. 17, p. 1667-1692, 2019.

MOSQUEDA-MELGAR, J.; RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; MARTIN-BELLOSO, O. Combination of high intensity pulsed electric fields with natural antimicrobials to inactivate pathogenic microorganisms and extend the shelf life of melon and watermelon juices. **Food Microbiology**, v. 25, p. 479-491, 2008.

MURIEL-GALET, V.; CERISUELO, J. P.; LÓPEZ-CARBALLO, G.; AUCEJO, S.; GAVARA, R.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P. Evaluation of EVOH-coated PP films with oregano essential oil and citral to improve the shelf-life of packaged salad. **Food Control**, v. 30, n. 1, p. 137-143, 2013.

NASCIMENTO, D.; FURLANETTO, S. M. P. Determinação quantitativa de grupos de bactérias em sucos de laranja ao natural. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 221-235, 1981.

NAZZARO, F.; ORLANDO, P.; FRATIANNI, F.; COPPOLA, R. Microencapsulation in food science and biotechnology. **Current Opinion In Biotechnology**, Itália, v. 23, p.182-186, 2012.

NEVES, M. F., TROMBIN, V. G., LOPES, F. F., KALAKI, R., MILAN, P. World consumption of fruit juices, nectars, and still drinks. In: NEVES, M.F., TROMBIN, V.G. **The orange juice business: a Brazilian perspective**. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, p. 119-119, 2011.

NO, H. K.; MEYERS, S. P.; PRINYAWIWATKUL, W.; XU, Z. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: a review. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 5, 2007.

ORTEGA-RAMIREZ, L. A.; RODRIGUES-GARCIA, I.; LEVYA, J. M.; CRUZ-VALENZUELA, M. R.; SILVA-ESPINOZA, B. A.; GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; SIDDIQUI, W.; AYALA-ZAVALA, J. F. Potential of medicinal plants as antimicrobial and antioxidant agents in food industry: a hypothesis. **Journal of Food Science**, v. 79, p. 130-137, 2014.

OSTYN, A.; BUYSER, M. L.; GUILLIER, F.; GROULT, J.; FELIX, B.; SALAH, S.; DELMAS, G.; HENNEKINNE, J. A. First evidence of a food poisoning outbreak due to staphylococcal enterotoxin type E, France, 2009. **Euro Surveillance**, v. 15, n. 13, 2010.

PAPINEAU, A. M.; HOOVER, D. G.; KNORR, D.; FARKAS, D. F. Antimicrobial effect of water-soluble chitosan with high hydrostatic pressure. **Food Biotechnology**, v. 5, p. 45-57, 1991.

PATHANIBUL, P.; TAYLOR, T. M.; DAVIDSON, P. M.; HARTE, F. Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple and carrot juices using high pressure homogenization and nisin. **International Journal of Food Microbiology**, v. 129, p. 316-320, 2009.

PATIL, S.; BOURKE, P.; FRIAS, J. M.; TIWARI, B. K.; CULLEN, P.J. Inactivation of *Escherichia coli* in orange juice using ozone. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Dublin, Irlanda, v. 10, p. 551-557, 2008.

PATIL, S.; VALDRAMIDIS, V.; CULLEN, P.; FRIAS, J. M.; BOURKE, P. Inactivation of *Escherichia coli* by ozone treatment of apple juice at different pH levels. **Food Microbiology**, v. 27, p. 835-840, 2010.

PENG, J.; TANG, J.; BARRETT, D. M.; SABLANI, S. S.; ANDERSON, N.; POWERS, J. R. Thermal pasteurization of ready-to-eat foods and vegetables: critical factors for process design and effects on quality. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 14, p. 2970-2995, 2017.

PENHA, D. A. C.; HASHIMOTO, E. T.; SILVA, W. R. B.; NABAS, J. M. A. B. B.; MOTIZUKI, R. S. Avaliação da atividade antimicrobiana de *Mikania glomerata* e da própolis utilizados no laboratório de fitoterápicos da FAI. **Revista OMNIA Saúde**, v. 5, p. 23-28, 2011.

PENTEADO, A. L.; LEITÃO, M. Growth of *Salmonella* Enteritidis in melon, watermelon and papaya pulp stored at different times and temperatures. **Food Control**, v. 15, p. 363-373, 2004.

PEREIRA, A. A.; CARDOSO, M. G.; ABREU, L. R.; MORAIS, A. R.; GUIMARÃES, L. G. L.; SALGADO, A. P. S. Chemical characterization and inhibitory effect of essential oils on the growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, 2008.

PEREIRA, M. C.; VILELA, G. R. COSTA, L. M. A. S.; SILVA, R. F.; FERNANDES, A. F.; FONSECA, E. W. N.; PICOLLI, R. H. Inibição do desenvolvimento fúngico através da utilização de óleos essenciais de condimentos. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 731-738, 2006.

PEREIRA, M. L.; LEITÃO, M. F. F. *Salmonella* e *Escherichia coli* em sucos de frutas e outros substratos ácidos: uma revisão sobre injúria bacteriana. **Revista de Farmácia e Bioquímica**, v. 10, p. 67-80, 1989.

PIRILLO, C. P.; SABIO, R. P. 100% suco: nem tudo é suco nas bebidas de frutas. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 8, n. 81, p. 6-13, 2009.

POKHREL, P. R.; TONIAZZO, T.; BOULET, C.; ONER, M. E.; SABLAN, S. S.; TANG, J.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Inactivation of *Listeria innocua* and *Escherichia coli* in carrot juice by combining high pressure processing, nisin, and mild thermal treatments. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 54, p. 93-102, 2019.

PRECIADO, G. ; MINAKATA, P. E.; CASTRO, J. A. O.; JUNQUERA, V. I.; CHÁVEZ, J. A. M.; GONZÁLEZ, C. N. A.; HERRERA, R. R. Bacteriocinas: características y aplicación en alimentos. **Investigación y Ciencia**, n. 59, p. 64-70, 2013.

PRIYADARSHINI, A.; PRIYADARSHINI, A. Market dimensions of the fruit juice industry. In: RAJAURIA, G.; TIWARI, B. K.; **Fruit juices**: extraction, composition, quality and analysis. Academic Press, p. 15-32, 2018.

RAMU, R.; SHIRAHATTI, P. S.; DEVI, A. T.; PRASAD, A. Bacteriocins and their applications in food preservation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2015.

RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; MOSQUEDA-MELGAR, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Antimicrobial activity of essential oils on *Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli*, and *Listeria innocua* in fruit juices. **Journal of Food Protection**, v. 69, p. 1579-1586, 2006.

RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; MOSQUEDA-MELGAR, J.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Control of pathogenic and spoilage microorganisms in fresh-cut fruits and fruit juices by traditional and alternative natural antimicrobials. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 8, p. 157-180, 2009.

REYES-DE-CORCUERA, J. I.; GOODRICH-SCHNEIDER, R. M.; BARRINGER, S. A.; LANDEROS-URBINA, M. A. Processing of fruit and vegetable beverages. In: CLARK, S.; JUNG, S.; LAMSAL, B. **Food Processing**: principles and applications. New Jersey: Wiley & Sons, cap. 15, p. 339-362, 2014.

RIACHI, L. G.; DE MARIA, C. A. Peppermint antioxidants revisited. **Food chemistry**, p. 72-81, 2015.

RIBEIRO, E. G. A.; MARTINS, A. M. B.; SILVA, P.; FERREIRA, M. C. CARLONI, M. C.; OLIVEIRA, S. A. V.; LAICINI, Z. M. Identificação do agente causal de um surto de toxinfecção alimentar. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 13, n. 61, p. 88-90, 1999.

ROCHA M. A. M.; COIMBRA, M. A.; NUNES, C. Applications of chitosan and their derivatives in beverages: a critical review. **Current Opinion in Food Science**, v. 15, p. 61-69, 2017.

ROCOURT, J.; BEN EMBAREK, P.; TOYOFUKU, H. SCHLUNDT, J. Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat: the FAO/WHO approach. **FEMS Immunology and Medical Microbiology**, v. 35, n. 3, p. 263-267, 2003.

ROLLER S.; COVILL, N. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. **International Journal of Food Microbiology**, v. 47, p. 67-77, 1999.

ROSA, S. E. S.; COSENZA, J. P.; LEÃO, L. T. S. Panorama do Setor de Bebidas no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 23, p. 101-150, 2006.

ROSS, A. I. V.; GRIFFITHS, M. W.; DEETH, H. C. Combining nonthermal technologies to control foodborne microorganisms. **International Journal of Food Microbiology**, v. 89, p. 125-138, 2003.

SANKHLA, S.; CHATURVEDI, A.; KUNA, A.; DHANLAKSHMI, K. Preservation of sugarcane juice using hurdle technology. **Sugar Tech**, v. 14, p. 26-39, 2012.

RUSCHEL, C. K.; CARVALHO, H. H.; SOUZA, R. B.; TONDO, E. C. Qualidade microbiológica e físico química de sucos de laranja comercializados nas vias públicas de Porto Alegre/RS. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 94-97, 2001.

SALVADORI, N. M.; ACOSTA, B. S.; NESSLER, M. A. S.; GRAEFF, T.; SILVA, M. N. Estudo sobre técnicas de encapsulação para óleos essenciais. In: III SIMPÓSIO EM SAÚDE E ALIMENTAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL, 2019.

SÁNCHEZ-RUBIO, M.; TABOADA-RODRÍGUEZ, A.; CAVA-RODA, R.; LÓPEZ-GÓMEZ, A.; MARÍN-INIESTA, F. Combined use of thermo-ultrasound and cinnamon leaf essential oil to inactivate *Saccharomyces cerevisiae* in natural orange and pomegranate juices. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 73, p. 140-146, 2016.

SANTOS, J. A. N.; CARNEIRO, W. M. A.; BRAINER, M. S. C. P.; SOUZA, G. S.; SILVA, C. E. G. **A agroindústria de alimentos de frutas e hortaliças no Nordeste e demais áreas de atuação do BNB: desempenho recente e possibilidades de políticas**. Banco do Nordeste do Brasil, 2008. 324 p.

SANTOS, V. M. C. S.; PINTO, M. A. S.; BIZZO, H.; DESCHAMPS, C. Seasonal variation of vegetative growth, essential oil yield and composition of menthol mint genotypes at southern Brazil. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p. 790-798, 2012.

SCHELZ, Z.; MOLNAR, J.; HOHMANN, J. Antimicrobial and antiplasmid activities of essential oils. **Fitoterapia**, v. 77, p. 279-285, 2006.

SHAH, B.; DAVIDSON, P. M.; ZHONG, Q. Nanocapsular dispersion of thymol for enhanced dispersibility and increased antimicrobial effectiveness against *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in model food systems. **Applied Environmental Microbiology**, v. 78, p. 8448-8453, 2012.

SIDDIQUA, S.; ANUSHA, B. A.; ASHWINI, L. S.; NEGI, P. S. Antibacterial activity of cinnamaldehyde and clove oil: effect on selected foodborne pathogens in model food systems and watermelon juice. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 9, p. 5834-5841, 2014.

SIDHU, K.; NEHRA, K. Bacteriocin-nanoconjugates as emerging compounds for enhancing antimicrobial activity of bacteriocins. **Journal of King Saud University Science**, v. 31, n. 4, p. 758-767, 2019.

SILVA, S. R.; SÁ, D. M. A. T.; PASSOS, A. A. C. Influência de óleos essenciais na inibição do desenvolvimento microbiano em alimentos. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO, 7., 2012, Palmas. **Anais...** Palmas: CONNEPI, 2012.

SILVA, F. S. Atividade antifúngica do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* frente a cepas de *Candida albicans* e *Candida tropicalis* isoladas de infecções nosocomiais. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 68, n. 3, p. 434-441, 2009.

SILVA, H. S. R. C.; SANTOS, K. S. C. R.; FERREIRA, E. I. Quitosana: derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. **Química Nova**, v. 29, n. 4, 2006.

SILVA, Janine Passos Lima da. **Avaliação da ação de antimicrobianos naturais no controle de *Salmonella* Enteritidis em salada de legumes com maionese.** 2007. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos). Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, São Paulo, 2007.

SILVA, Larissa Morais Ribeiro. **Compostos bioativos em polpas e subprodutos de frutas tropicais:** quantificação, atividade antimicrobiana e encapsulamento. 2014. Tese (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2014.

SILVA, N.; SILVEIRA, N. F. A.; YOKOYA, F.; OKAZAKI, M. M. Ocorrência de *Escherichia coli* O157:H7 em vegetais e resistência aos agentes de desinfecção de verduras. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 23, n. 2, 2003.

SINGH, G. M.; MICHA, R.; KHATIBZADEH, S.; SHI, P.; LIM, S.; ANDREWS, K. G.; ENGELL, K. G.; EZZATI, M.; MOZAFFARIAN, D. Global, regional, and national consumption of sugar-sweetened beverages, fruit juices, and milk: a systematic assessment of beverage intake in 187 countries. **Plos One**, v. 10, p. 1-20, 2015.

SINGH, S. P.; CHAND, L.; NEGRI, S.; SINGH, A. K. Antibacterial and antifungal activities of *Mentha arvensis* essential oil. **Fitoterapia**, v. 63, n. 1, p. 76-78, 1992.

SINGH, T.; VESENTINI, D.; SINGH, A. P.; DANIEL, G. Effect of chitosan on physiological, morphological, and ultrastructural characteristics of wood-degrading fungi. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 62, n. 116, 2008.

SINHA, V. R.; KUMRIA, R. Polysaccharides in colon-specific drug delivery. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 224, n. 1, p. 19-38, 2001.

SIVAPALASINGAM, S; BARRETT, E; KIMURA, A; VAN DUYN, S; DE WITT, W; YING, M; FRISCH, A; PHAN, Q; GOULD, E; SHILLAM, P; REDDY, V; COOPER, T; HOEKSTRA, M; HIGGINS, C; SANDERS, J. P; TAUXE, R. V; SLUTSKER, L. A multistate outbreak of *Salmonella enterica* serotype Newport infection linked to mango consumption: impact of water-dip disinfestation technology. **Clinical Infectious Diseases**, Chicago, v. 37, p. 1585-1590, 2003.

SOTO, K. M.; HERNÁNDEZ-ITURRIAGA, M.; LOARCA-PIÑA, G.; LUNA-BÁRCENAS, G.; MENDOZA, S. Antimicrobial effect of nisin electrospun amaranth: pullulan nanofibers in apple juice and fresh cheese. **International Journal of Food Microbiology**, v. 295, p. 25-32, 2019.

SOUSA, Jossana Pereira. **Eficácia de óleos essenciais de *Mentha* spp. no controle de bactérias patogênicas em sucos de frutas**. Tese (Pós-Graduação em Nutrição). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

SOUSA, J. P.; OLIVEIRA, K. A. R.; FIGUEIREDO, R. C. B. Q.; SOUZA, E. L. Influence of carvacrol and 1,8-cineole on cell viability, membrane integrity, and morphology of *Aeromonas hydrophila* cultivated in a vegetable-based broth. **Journal of Food Protection**, v. 78, p. 424-429, 2015.

SOUZA, E. L.; STAMFORD, T. L. M.; LIMA, E. O.; TRAJANO, V. N.; BARBOSA, J. M. Orégano (*Origanum vulgare* L. Lamiaceae): Uma especiaria como potencial fonte de compostos antimicrobianos. **Revista Higiene Alimentar**, v. 19, n. 132, p. 40-45, 2005.

SOUZA, E. L. The effects of sublethal doses of essential oils and their constituents on antimicrobial susceptibility and antibiotic resistance among food-related bacteria: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 56, p. 2-12, 2016.

STRAW, L.; DANYLUK, M. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. on fresh and frozen cut mangoes and papayas. **International Journal of Food Microbiology**, v. 138, p. 78-84, 2010.

SUAVE, J.; DALL'AGNOL, E. C.; PEZZIN, A. P. T.; SILVA, D. A. K.; MEIER, M. M.; SOLDI, V. Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 7, n. 2, 2006.

SUDARSHAN, N. R.; HOOVER, D. G.; KNORR, D. Antibacterial action of chitosan. **Food Biotechnology**, v. 6, p. 257-272, 1992.

TAMPIERI, M. P.; GALUPPI, R.; MACCHIONI, F.; CARELLE, M. S.; FALCIONI, L.; CIONI, P. L.; MORELLI, I. The inhibition of *Candida albicans* by selected essential oils and their major components. **Revista Mycopathologia**, v. 159, n. 3, p. 339-345, 2005.

TETRA PAK. *Insights e oportunidades associadas ao suco 100%: Uma visão global*. 9. ed. Índice Tetra Park. 2016.

THOMAS, L. V.; DELVES-BROUGHTON, J. Nisin. In: DAVIDSON, P. M. S. J. N.; BRANEN, A. L. **Antimicrobials in food**. CRC Press Taylor & Francis Group, p. 237-273, 2005.

TING, W. E.; DEIBEL, K. E. Sensibility of *Listeria monocytogenes* to spices at two temperatures. **Journal of Food Safety**, v. 12, n. 2, p. 129-137, 1991.

TONDO, E.; BARTZ, S. **Microbiologia e sistemas de gestão da segurança dos alimentos**. 2 ed., Porto Alegre: Sulina, 407 p., 2019.

TRABULSI, L.R., ALTERTHUM, F. **Microbiologia**. 5 ed., São Paulo: Atheneu, 2008.

TROMBETTA, D.; CASTELLI, F.; SARPIETRO, M. G.; VENUTI, V.; CRISTANI, M.; DANIELE, C.; SAIJA, A.; MAZZANTI, G.; BISIGNANO, G. Mechanisms of antibacterial action of three monoterpenes. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 49, p. 2474-2478, 2005.

TSERENNADMID, R.; TAKÓ, M.; GALGÓCZY, L.; PAPP, T.; PESTI, M.; VÁGVÖLGYI, K.; ALMÁSSY, K.; KRISCH, J. Anti-yeast activities of some essential oils in growth medium, fruit juices and milk. **International Journal of Food Microbiology**, v. 144, p. 480-486, 2011.

TURINA, A. V.; NOLAN, M. V.; ZYGADLO, J. A.; PERILLO, M. A. Natural terpenes: self-assembly and membrane partitioning. **Biophysical Chemistry**, v. 122, p. 101-113, 2006.

TYAGI, A. K.; GOTTARDI, D.; MALIK, A.; GUERZONI, M. E. Anti-yeast activity of mentha oil and vapours through *in vitro* and *in vivo* (real fruit juices) assays. **Food Chemistry**, v. 137, p. 108-114, 2013.

UBBINK, J.; KRÜGER, J. Physical approaches for the delivery of active ingredients in foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 5, p. 244-254, 2006.

VÁZQUEZ-BOLAND, J. A.; KUHN, M.; BERCHE, P.; CHAKRABORTY, T.; DOMÍNGUEZ-BERNAL, G.; GOEBEL, W.; GONZÁLEZ-ZORN, B.; WEHLAND, J.; KREFT, J. *Listeria* pathogenesis and molecular virulence determinants. **Clinical Microbiology Reviews**, Washington D.C., v. 14, n. 3, p. 584-640, 2001.

VEGARA, S.; MARTÍ, N.; MENA, P.; SAURA, D.; VALERO, M. Effect of pasteurization process and storage on color and shelf-life of pomegranate juices. **LWT - Food Science and Technology**, v. 54, n. 2, p. 592-596, 2013.

VICTORIA, F. N. **Novos compostos organosselênio bioativos**: estudo da ação antimicrobiana frente à patógenos de importância em alimentos. Universidade Federal de Pelotas, 2010.

VINCEKOVIC, M.; VISKIC, M.; JURIC, S.; GIACOMETTI, J.; KOVACEVIC, D. B.; PUTNIK, P.; DONSI, F.; BARBA, F.; JAMBRAK, B. A. R. Tecnologias inovadoras para encapsulamento de extratos de plantas mediterrâneas. **Trends in Food Science & Technology**, v. 69, p. 1-12, 2017.

VON BREYMAN, J.; CHAVES, C.; ARIAS, M. L. Análisis de la calidad microbiológica y potencial presencia de *Listeria monocytogenes* en pulpas de guanábana (*Annona muricata*), mango (*Mangifera indica*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) costarricenses. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 63, n. 1, p. 53-57, 2013.

WARRINER, K.; HUBER, A.; FAN, W.; DUNFIELD, K. Recent advances in the microbial safety of fresh fruits and vegetables. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 57, p. 155-208, 2009.

WOLFFENBÜTTEL, A. N. **Base da química dos óleos essenciais e aromaterapia: abordagem técnica e científica**. São Paulo: Roca, 312 p., 2011.

YOUNG, D. H.; KOHLE, H.; KAUSS, H. Effect of chitosan on membrane permeability of suspension cultures *Glycine max* and *Phaseolus vulgaris* cells. **Plant Physiology**, v. 70, p. 1449-1454, 1982.

YUSTE, J.; PLA, R.; CAPELLAS, M.; MOR-MUR, M. Application of high-pressure processing and nisin to mechanically recovered poultry meat for microbial decontamination. **Food Control**, v. 13, p. 451-455, 2002.

ZHU, Y.; LI, C.; CUI, H.; Lin, L. Encapsulation strategies to enhance the antibacterial properties of essential oils in food system. **Food Control**, v. 123, 2021.

ZOTTOLA, E. A.; YEZZI, T. I.; AMO, D. B.; ROBERTS, R. F. Utilization of cheddar cheese containing nisin as an antimicrobial agent in other foods. **International Journal of Food Microbiology**, v. 24, 1994.