

Aplicação de óleo essencial na conservação natural de mangas: uma revisão

Application of essential oil in the natural conservation of mangoes: a review

Aplicación de aceite esencial en la conservación natural del mango: una revisión

Recebido: 01/12/2022 | Revisado: 18/12/2022 | Aceitado: 19/12/2022 | Publicado: 23/12/2022

Ana Caroline Januario Filipe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3320-7297>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: anacaroline.filipe@upe.br

Maria Vanessa Feitoza da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7842-5485>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: mariavanessa.silva@upe.br

Bárbara Emanuelle Alves Silva Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4362-4561>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: beass.barbara@gmail.com

Geice Kelly Rodrigues Ramos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9006-6158>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: kellyramod215@gmail.com

Eva Gomes França Marques

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4113-0090>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: evagfranca78@gmail.com

Antonio Alves dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2800-2759>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: antonio.alvessantos@upe.br

Janiclecia Macedo Albuquerque

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4543-6767>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: janiclecia05@gmail.com

Jeane de Souza Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9901-2727>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: jeane.souza@upe.br

Lawanne Damasceno Argolo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7587-5213>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: lawanne.damasceno@upe.br

Claudileide de Sá Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3677-3000>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: Claudileide.silva@upe.br

Resumo

Com o crescimento da comercialização e ingestão de mangas, observou-se problemas relacionados à redução de vida de prateleira e a presença de microrganismos patogênicos causadores de doenças transmitidas por alimentos. Neste sentido, o mercado produtor faz uso de produtos químicos sintéticos nos alimentos em larga escala. Como método alternativo, a aplicação de óleos essenciais para controle microbiológico e antioxidante tem se mostrado promissora. Desse modo, o objetivo deste trabalho é descrever os estudos que avaliaram a ação da utilização de óleos essenciais na conservação e extensão do prazo de validade pós-colheita de mangas. Para essa finalidade, foram utilizados os descritores “mangas recobertas com óleos essenciais”, “vida de prateleira”, “validade pós-colheita mangas”, “óleos essenciais em mangas”, “óleos essenciais na conservação de mangas”, “use of essential oils in mangoes as conservation methods”, “essential oils in mangoes” e “mango and shelf life with essential oils”. Realizou-se um levantamento bibliográfico utilizando as bases de dados Google Acadêmico, Plataforma da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Scientific Electronic Library (SciELO) e ScienceDirect, delimitando os artigos de 2012 até 2023 em 2 idiomas: português e inglês. Através do estudo realizado, utilizando 15 artigos, percebeu-se que o melhor método é a aplicação de revestimento contendo óleos essenciais, principalmente o óleo de tomilho que apresentou melhores resultados, prolongando a vida útil das mangas em até 26 ± 2 dias. Portanto,

óleos essenciais associados ou não a outras substâncias, são eficazes em promover atividade antimicrobiana, retardar a maturação e, assim, prolongar a conservação das mangas pós-colheita.

Palavras-chave: Mangas; Óleos essenciais; Conservação; Pós-colheita.

Abstract

With the growth of commercialization and ingestion of mangoes, problems related to the reduction of shelf life and the presence of pathogenic microorganisms that cause diseases transmitted by food were observed. In this sense, the producer market makes use of synthetic chemicals in food on a large scale. As an alternative method, the application of essential oils for microbiological and antioxidant control has shown promise. Thus, the objective of this work is to describe the studies that evaluated the action of the use of essential oils in the conservation and extension of the post-harvest shelf life of mangoes. For this purpose, the descriptors “mangoes coated with essential oils”, “shelf life”, “post-harvest validity of mangoes”, “essential oils in mangoes”, “essential oils in the conservation of mangoes”, “use of essential oils in mangoes as conservation methods”, “essential oils in mangoes” and “mango and shelf life with essential oils”. A bibliographic survey was carried out using the Google Scholar databases, Platform for the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), Scientific Electronic Library (SciELO) and ScienceDirect, delimiting the articles from 2012 to 2023 in 2 languages: Portuguese and English. Through the study carried out, using 15 articles, it was noticed that the best method is the application of coating containing essential oils, especially thyme oil, which showed better results, extending the shelf life of mangos by up to 26 ± 2 days. Therefore, essential oils associated or not with other substances are effective in promoting antimicrobial activity, delaying maturation and, thus, prolonging the conservation of post-harvest mangoes.

Keywords: Mangoes; Essential oils; Conservation; Shelf life.

Resumen

Con el crecimiento de la comercialización y consumo del mango, se observaron problemas relacionados con la reducción de la vida útil y la presencia de microorganismos patógenos causantes de enfermedades transmitidas por alimentos. En este sentido, el mercado productor hace uso de químicos sintéticos en los alimentos a gran escala. Como método alternativo, la aplicación de aceites esenciales para el control microbiológico y antioxidante se ha mostrado prometedora. Así, el objetivo de este trabajo es describir los estudios que evaluaron la acción del uso de aceites esenciales en la conservación y extensión de la vida útil poscosecha de mangos. Para tal efecto, los descriptores “mangos recubiertos con aceites esenciales”, “vida útil”, “validez poscosecha de mangos”, “aceites esenciales en mangos”, “aceites esenciales en la conservación de mangos”, “uso de aceites esenciales en mangos como métodos de conservación”, “Aceites esenciales en mangos” y “Mango y vida útil con aceites esenciales”. Se realizó un levantamiento bibliográfico utilizando la base de datos Google Scholar, la Plataforma de Coordinación para el Perfeccionamiento del Personal de Educación Superior (CAPES), Biblioteca Científica Electrónica (SciELO) y ScienceDirect, delimitando los artículos de 2012 a 2023 en 2 idiomas: portugués y Portugués Inglés. A través del estudio realizado, utilizando 15 artículos, se percibió que el mejor método es la aplicación de un recubrimiento que contiene aceites esenciales, principalmente aceite de tomillo, que presentó mejores resultados, alargando la vida útil de los mangos hasta en 26 ± 2 días. Por lo tanto, los aceites esenciales asociados o no con otras sustancias son efectivos para promover la actividad antimicrobiana, retrasando la maduración y, por lo tanto, prolongando la conservación poscosecha de los mangos.

Palabras clave: Mangos; Aceites esenciales; Conservación; Poscosecha.

1. Introdução

A manga é a terceira fruta tropical mais exportada (Melo et al., 2019), com 1,9 milhão de toneladas exportadas em 2018, e produção mundial de 46,5 milhões de toneladas em 2016 (Statista, 2018), predominando a variedade “Tommy Atkins” (Unctad, 2016). O Brasil é um dos principais exportadores internacionais (Saúco, 2013), sendo a região do Vale do São Francisco responsável por 90% da exportação da manga brasileira (Abrafrutas, 2019).

Com o crescimento da comercialização e ingestão da manga, observou-se problemas relacionados à redução de vida de prateleira e a presença de microrganismos patogênicos causadores de doenças transmitidas por alimentos (Kim & Song, 2017; Warriner et al., 2009). Nos Estados Unidos, a Salmonella foi o agente bacteriano causador de pelo menos três surtos de infecções alimentares relacionados a mangas importadas, e um deles envolvendo mangas brasileiras (CDC, 2012; Palasingam et al., 2013), sendo o controle microbiológico ainda um desafio para os exportadores.

Embora vários compostos químicos sejam aceitos pelos órgãos sanitários para aplicação como sanitizante em frutas, o cloro tem sido o mais utilizado. Entretanto, os compostos clorados possuem baixa eficácia microbiológica e alta toxicidade dos

subprodutos formados na cloração, tornando o seu uso questionável pelo meio científico (Silva et al., 2011). Neste sentido, o mercado consumidor também tem questionado o uso de produtos químicos sintéticos em alimentos, sendo crescente a demanda por produtos naturais. Neste contexto, a aplicação de óleos essenciais para controle microbiológico e antioxidante em alimentos tem se mostrado promissora, pois são capazes de promover atividade antimicrobiana, associados ou não a outras substâncias (Calo et al., 2015; Silva et al., 2019).

Sendo assim, o presente estudo objetiva descrever os trabalhos que avaliaram a ação da adição de óleos essenciais na conservação e extensão do prazo de validade pós-colheita de mangas.

2. Metodologia

Realizou-se uma revisão sistemática (Pereira et al., 2018), em que foram analisados o conteúdo quanto aos óleos essenciais e seus métodos de aplicação utilizados para conservação natural de mangas. O levantamento bibliográfico de janeiro de 2020 a abril de 2022, nas bases de dados Google Acadêmico, Plataforma da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Scientific Electronic Library (SciELO) e ScienceDirect. Foram delimitados os artigos de 2012 até 2023 em 2 idiomas: português e inglês.

Foram utilizados os seguintes descritores em português: “mangas recobertas com óleos essenciais”, “óleos essenciais em mangas”, “vida de prateleira”, “validade pós-colheita mangas”, “óleos essenciais na conservação de mangas” e em inglês: “use of essential oils in mangoes as conservation methods”, “essential oils in mangoes” e “mango and shelf life with essential oils” em que foram selecionados artigos somente os quais aplicavam óleos essenciais associados ou não a outros tratamentos cujo objetivo foi prolongar o prazo de validade pós-colheita. Sendo assim, 15 artigos compõem o presente estudo.

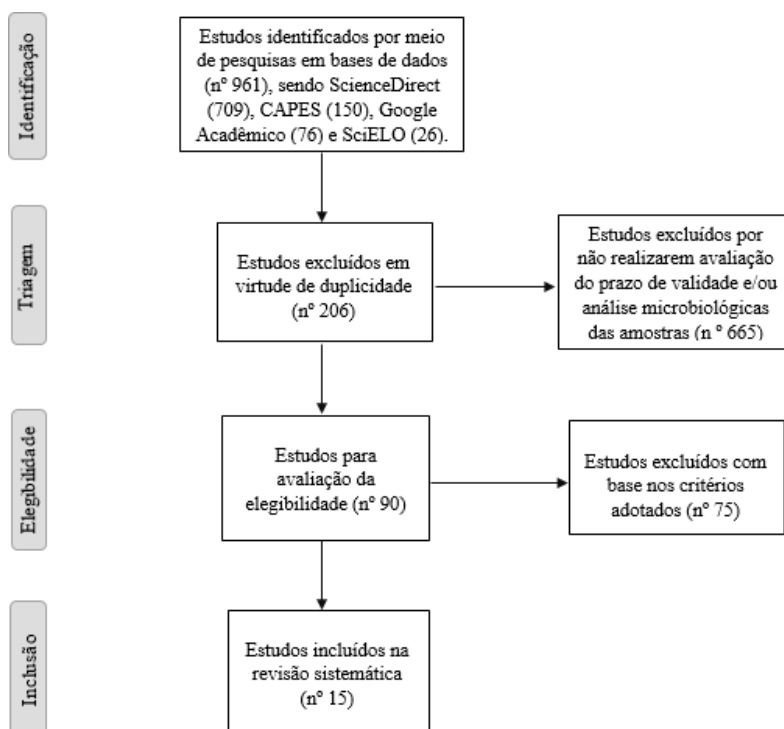
Os critérios de inclusão foram: óleos essenciais associados ou não a outras substâncias, utilizados como método de conservação em mangas com o objetivo de estender o prazo de validade e estudos com ano de publicação a partir de 2012. Os critérios de exclusão foram: estudos que não utilizavam nenhum tipo de óleo essencial para conservação natural das amostras, que não avaliaram o prazo de validade e/ou não realizaram análise microbiológica das amostras e com ano de publicação anterior ao de 2012.

O presente estudo não foi submetido a autorização do Comitê de Ética em Pesquisa tendo em vista que se trata de uma revisão da literatura, não envolvendo uso de dados de pessoas ou animais, assim como eles próprios, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) nº 466, 12 de dezembro de 2012.

3. Resultados e Discussão

No total, foram encontrados 961 artigos (Google Acadêmico = 76; CAPES = 150; Scielo = 26 e ScienceDirect = 709), por meio das buscas eletrônicas. Inicialmente, 206 artigos foram excluídos em virtude de duplicidade e 665 por não se tratarem de estudos de avaliação do prazo de validade e/ou não realizar análise microbiológicas das amostras. Portanto, foram pré-selecionados 90 artigos, dos quais 75 foram excluídos por não se enquadrarem nos critérios de inclusão (figura 1). Assim sendo, 15 publicações compõem o presente estudo, resultantes de pesquisas primárias quantitativas, qualitativas e estudos teóricos.

Figura 1 – Diagrama de fluxo desta revisão sistemática.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os dados referentes aos artigos incluídos nesta revisão são apresentados no Quadro 1, onde são abordados resultados de caracterização geral dos estudos, como autores, ano de publicação, os tipos de intervenções, público alvo e os tipos de grupos de comparação.

Quadro 1 – Delineamento amostral, objetivos e principais resultados encontrados por estudos desenvolvidos de 2012 a 2023.

<i>Autoria, ano de publicação e local do estudo</i>	<i>Objetivo do estudo</i>	<i>Resultados</i>
Perumal, A. B. et al. 2021, Kattankulathur, Índia.	Avaliar o impacto combinado de óleos essenciais (EOs) com Embalagem de atmosfera modificada em (I) incidência da doença antracnose, (II) parâmetros de qualidade (III) compostos bioativos, atividade de eliminação de radicais DPPH, aumento da atividade das examinar a qualidade geral dos frutos de duas cultivares de manga sob condição de prateleira de mercado a 20 °C durante o armazenamento pós-colheita.	A qualidade foi maior nos frutos tratados com vapor de EO contendo EAM quando em comparação com o EAM sozinho e frutas não embaladas. A EAM + TO possivelmente prolongou a vida de armazenamento livre de mofo de frutas de manga até 26 ± 2 dias e manteve as pontuações sensoriais gerais dentro do faixa aceitável durante o armazenamento a 20°C. Os tratamentos EAM + CIN e EAM + CLO também foram eficazes em retardar a decomposição pós-colheita e prolongar a vida útil de frutos de manga consideravelmente.
Nandhavathy, G. et al. 2021, Kochi, Índia.	Determinar o efeito antifúngico e atividade de óleos essenciais incorporados em filmes de embalagens, para o controle de doenças pós-colheita de manga.	O filme incorporado de óleo de tomilho foi eficaz contra <i>L. theobromae</i> e <i>C. gloeosporioides</i> , com uma porcentagem de inibição de 66% e 22%, respectivamente. Os filmes incorporados com cravo apresentaram percentual de inibição de 11% e 12% contra <i>C. gloeosporioides</i> e <i>L. theobromae</i> , respectivamente.
Klangmuang, P.; Sothornvit, R. 2018.	Investigar as propriedades de óleos essenciais tailandeses incorporados ao revestimento composto à base de HPMC nas qualidades microbiológicas, pós-colheita e sensoriais de mangas durante o armazenamento e refrigeração.	Os resultados mostraram que revestimentos nanocompósitos à base de HPMC incorporados com diferentes óleos essenciais tailandeses retardaram o amadurecimento, reduziram as alterações de qualidade e foram eficazes contra <i>C. gloeosporioides</i> de mangas, estendendo a vida útil para 18 dias a 13°C. O óleo de gengibre foi o revestimento antifúngico mais eficaz contra <i>C. gloeosporioides</i> (redução de aproximadamente 38%), seguido por óleos de plai e fingerroot.
Cai, C. et al. 2020, Nanning, China.	Avaliar a capacidade do filme de amido contendo microcápsulas de óleo de tomilho em expandir a gama de aplicação de óleos essenciais na indústria de	O filme de amido contendo microcápsulas de óleo de tomilho inibiu a perda de peso e retardou as alterações na manga relacionadas ao amadurecimento. O mesmo

	embalagens de alimentos.	tratamento reduziu com sucesso a perda de ácido ascórbico. O resultado mais significativo foi que o filme de amido com adição de TEO-M teve a capacidade de inibir <i>Botryodiplodia theobromae</i> e <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> na superfície da manga
Chi, H. et al. 2019, EUA.	Estudar o efeito de filmes nanocompósitos de ácido polilático nas propriedades físico-químicas (como perda de peso, firmeza do fruto, cor, teor de sólidos solúveis totais, acidez total, vitamina C e qualidade sensorial) e propriedade microbiana de mangas durante 15 dias de armazenamento a 20 ± 1 °C.	Os resultados mostraram que o filme nanocompósito de PLA antimicrobiano pode efetivamente retardar o amadurecimento e manter a qualidade pós-colheita de mangas durante todo o período de armazenamento, embora o efeito nos sólidos solúveis totais não tenha sido excelente. Além disso, a contagem total de bactérias foi consideravelmente menor (após 9 dias de armazenamento) no filme com óleo de bergamota do que nas amostras somente com o filme polilático.
Medeiros, E. A. A. et al. 2012, Jaboticabal, São Paulo.	Desenvolver sachês incorporados com óleos essenciais avaliando as propriedades físico-químicas e microbiológicas de mangas armazenadas em saco de papel contendo esses sachês em seu interior.	Os sachês ativos incorporados com óleos essenciais de orégano e capim-limão apresentaram controle no crescimento dos microrganismos testados, sendo o capim-limão mais eficiente, reduzindo em aproximadamente 2 ciclos Log a contagem de mesófilos aeróbios e fungos filamentosos e leveduras em relação ao tratamento controle empregado nas mangas.
Zhou, W. et al. 2021.	Avaliar os efeitos das relações Carboximetilquitosana/ Pullulan (CMCS/Pul) na estrutura e propriedades físicas de filmes incorporados com óleo essencial de galanga (GEO). Além disso, os efeitos dos filmes compostos de polissacarídeos contendo diferentes teores de GEO na vida útil e nos atributos de qualidade da manga durante o armazenamento em ambiente foram explorados.	O estudo demonstrou que o efeito de preservação considerável nas mangas foi alcançado pelo filme CMCS/Pul-8 % GEO, que estendeu a vida útil da manga por 9 dias à temperatura ambiente comparado com o das amostras de controle.
Esquivel-Chávez, F. et al. 2021.	Controlar os fitopatógenos associados à decadência da manga pela exposição a microcápsulas antifúngicas de óleo/agave frutos em sachês de nylon. Realizou-se a atividade antifúngica do óleo essencial de tomilho contra fitopatógenos associados à decomposição da manga.	O estudo mostrou que os sachês antifúngicos desenvolvidos com óleo de tomilho/amido modificado/microcápsulas de agave em microrganismos controlados <i>in vitro</i> associados à decadência da manga e na manga controlavam o crescimento de <i>C. gloeosporioides</i> . Esta embalagem pode ser usada para controlar o microrganismo associado à decomposição de outras frutas e hortaliças.
Azerêdo L. P. M. et al. 2016, São Paulo, Brasil.	Avaliar a qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ recobertas com fécula de mandioca associada a óleos essenciais e quitosana.	Mangas recobertas com fécula associada ao óleo essencial de orégano, seguido de fécula com quitosana, apresentaram as mais baixas relações sólidos solúveis/acidez titulável na condição ambiente, o que indica retardo no amadurecimento. A cor de fundo da manga ‘Tommy Atkins’ permaneceu verde nas amostras que foram revestidas com FED e FQ, sendo julgadas como pouco vermelho-alaranjadas. Quando utilizados os óleos associados à fécula de mandioca, apareceram manchas escuras. Por sua vez, quando utilizados os óleos associados à fécula de quitosana, a incidência de manchas escuras foi insignificante. Não houve incidência de podridões em nenhum fruto até o 26° dia, e apenas no FO, manteve-se como leve no 32° dia. Sendo assim, mangas recobertas com FED mantiveram por mais tempo a coloração e apresentaram a menor incidência de podridões.
Figueiredo, V. M. A. 2020, Paraíba, Brasil.	Identificar o potencial de aplicação de revestimentos biodegradáveis à base de galactomananas e pectinas, associadas ao óleo essencial nanoencapsulado de <i>Lippia grata</i> que preservem a qualidade de manga ‘Palmer’, bem como controlem podridões pós-colheita causadas por <i>L. theobromae</i> .	A galactomanana foi o polissacarídeo mais adequado, em comparação a pectinas, para a aplicação como revestimento para manga ‘Palmer’, sendo ou não à óleo essencial (OE), a proporção de 0.5%, associada a mais indicada para a manutenção da qualidade dos frutos. Sendo assim, revestimentos com galactomananas foram eficientes para redução da severidade da podridão peduncular causada por <i>L. theobromae</i> , com efeito mais proeminente quando usadas sem associação a óleo essencial nanoencapsulado de <i>Lippia grata</i> .
Nagai, L. Y. 2019, São Paulo, Brasil.	Avaliar os efeitos da aplicação de coberturas comestíveis à base de quitosana, com adição ou não de óleos essenciais, sobre a estabilidade microbiológica de mangas minimamente processadas e suas características físico químicas e nutricionais	A cobertura somente com quitosana foi efetiva na inibição do crescimento microbiano até o 7° dia de armazenamento. Com a adição dos óleos essenciais de cravo ou de canela, houve a inibição do crescimento, tanto dos mesófilos, psicrotóxicos, bolores e leveduras, podendo ser armazenados por 21 dias. As mangas que não foram recobertas, apresentaram vida de prateleira inferior a 7 dias.
Oliveira, K. A. R. 2018, João Pessoa, Brasil.	Avaliar a eficácia da aplicação de revestimentos de quitosana incorporado de óleo essencial de <i>Mentha</i>	A utilização de quitosana com óleo essencial de <i>Mentha piperita L.</i> foi eficaz em inibir o

	<i>piperita</i> L. para o controle da antracnose e de alterações pós-colheita em mangas Tommy Atkins.	crescimento micelial de todas as cepas de <i>Colletotrichum</i> testadas. Assim como, a aplicação de revestimentos contendo quitosana e óleo essencial de <i>Mentha piperita</i> L. reduziu a severidade das lesões de antracnose nas mangas contaminadas pelas cepas e retardou o amadurecimento da fruta.
Cruz, M. M. et al. 2012, Rio Grande do Norte, Brasil.	Verificar o efeito de óleos de <i>Lippia sidoides</i> Cham. e <i>Piper aduncum</i> L., associados ou não aos revestimentos de cera de carnaúba e dextrina para o controle da podridão peduncular causadas por <i>L. theobromae</i> e <i>B. dothydea</i> , em manga 'Kent'.	O uso dos óleos essenciais de plantas, <i>L. sidoides</i> e <i>P. aduncum</i> , revestimentos à base de dextrina e cera de carnaúba e suas misturas, foram os que apresentaram menor desenvolvimento de lesões. Em temperatura ambiente, só não houve desenvolvimento das lesões nas frutas tratadas com os óleos.
Guimarães, G. H.C. 2018, Paraíba, Brasil.	Avaliar a influência da forma de aplicação (parcial ou total) de recobrimentos biodegradáveis a base de amido de semente de jaca, bem como a ação de óleos essenciais de gengibre e laranja como aditivos nos recobrimentos em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas.	A forma de aplicação do recobrimento (parcial ou total) afetou a fisiologia e qualidade de mangas 'Tommy Atkins'. Na forma de aplicação na região peduncular, a utilização de óleos essenciais introduzidos nos recobrimentos intensificou o efeito do recobrimento na manutenção da qualidade e retardo na maturação. O uso de recobrimento na área do pedúnculo promove aumento na vida útil de pelo menos 3 dias, já o recobrimento total aumenta esse tempo em pelo menos 6 dias.
Cruz, M.J. S. 2012, Paraná, Brasil.	Avaliar a eficácia de produtos alternativos no controle de antracnose e na conservação de manga na pós-colheita.	A incidência de antracnose foi menor nos frutos submetidos ao tratamento com o óleo essencial de <i>Citrus sinensis</i> , comprovando-se "in vivo", a atividade fúngica do mesmo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Segundo o caderno setorial ETENE do Banco do Nordeste, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás apenas da China e da Índia (Vidal, 2019). No Brasil a produção de manga em 2020 foi de 1.319.296 mil toneladas (Demartelaere et al, 2021). O Nordeste, por sua vez, é responsável pela maior produção brasileira de manga, produzindo em torno de 637,482 mil toneladas da fruta na safra de 2020 (CONAB, 2020).

Os primeiros seis meses de 2020 foram marcados pelo agravamento das dificuldades referente à gerência de transporte para exportação de frutas devido ao cenário pandêmico da COVID-19, no entanto a partir de setembro essa problemática começou a se normalizar (Vidal, 2019). Nesse mesmo mês, as exportações de frutas alcançaram um número recorde de 117 mil toneladas, sendo este valor 5% superior em comparação com setembro de 2019, além de registrar um crescimento de 19% para as exportações de manga (CNA, 2020).

Segundo Demartelaere et al. (2021), a manga está entre as frutas responsáveis por mais de 80% do total das exportações de frutas do Nordeste em 2019, contribuindo para o faturamento de US \$699,7 milhões em divisas, superando o valor de 2018 em 13%. As variedades como Tommy Atkins, Keitt, Kent e Palmer são responsáveis pela maior parte das exportações brasileiras.

De acordo com Vidal (2019), Pernambuco e o estado da Bahia são os grandes exportadores nordestinos de manga e outras frutas. Ainda em 2019, o Brasil exportou 19,4% de manga para os Estados Unidos, sendo um dos principais importadores da fruta. O terceiro maior importador de frutas frescas do Nordeste é a Espanha, em 2019, o país importou 12,7% de manga.

Com isso, os polos produtores de manga em Petrolina e Juazeiro garantem impacto econômico não somente na região onde estão inseridos, mas também para o todo o Brasil. A região do Vale do São Francisco representa em torno de 60% da produção de manga no país (Codevasf, 2020) cultivadas em cerca de 35 mil hectares, sendo aproximadamente 70% de sua produção destinada à exportação para países europeus, uma vez que a variedade Tommy Atkins é sua preferida; e 30% para América do Sul, Ásia e Estados Unidos (Ramos, 2019).

3.1 Aspectos microbiológicos e de conservação das mangas (*Mangífera indica*)

A cultura hortifrutícola tem sofrido grandes perdas associadas à doenças pós-colheita. Há uma variedade significativa de patógenos e pragas que contaminam a cultura de manga em escala mundial (Souza, 2011). Uma das principais causas de deterioração da manga está associada à antracnose, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, *Alternaria black spot* e à podridão da extremidade do caule, causadas por *Alternaria alternata* e *Lasiodiplodia theobromae*, respectivamente (Esquivel-Chávez et al., 2021).

A manga é uma fruta extremamente perecível, e por ser bastante consumida o ano todo devidos às suas características sensoriais marcantes, parte de sua produção é designada a indústria para a elaboração de subprodutos, como geléias, sucos, doces, néctares e polpas congeladas (Azevedo et al., 2020). Visando o aumento de vida útil da manga, redução dos custos de produção e da perda pós colheita, as técnicas de conservação empregadas a essa fruta têm objetivado maior ampliação e versatilidade na sua comercialização (Sousa, 2020).

Técnicas como desidratação, irradiação, congelamento e enlatamento são utilizadas na conservação das propriedades sensoriais e nutricionais dos alimentos, solucionando problemas oriundos do desperdício e distribuição, além de incorporar valor ao produto final (Aragão, 2017). Apesar dessas técnicas alternativas, ainda há em torno de 30% de perdas de frutas frescas, podendo chegar a 50% devido ao manejo e infraestrutura inadequados durante seu processamento e preservação (Aragão, 2017).

Além de prejuízos econômicos, há relatos de prejuízos à saúde. Tratamentos hidrotérmicos e de resfriamento com água contaminada com *Salmonella Newport* e sem cloração para desinfecção de mangas cultivadas no Brasil culminaram em um surto nos Estados Unidos, em dezembro de 1999, produzindo 78 casos de doença humana, com 2 vítimas fatais (Sivapalasingam et al., 2013; Kakani et al., 2018). Outro surto foi registrado em 2001, causado por *Salmonella Saintpaul* por meio do consumo de mangas cruas importadas do Peru, investigadores suspeitavam da mesma causa citada anteriormente (Beatty et al., 2004).

A utilização de sanitizantes é uma medida eficaz para manter a segurança microbiológica da água de processamento de frutas e vegetais. Gerenciar adequadamente a desinfecção da água é de suma importância para evitar contaminação cruzada no processo de lavagem dos alimentos frescos. O sanitizante mais comumente utilizado ainda é o cloro, tendo muitas aplicações na desinfecção pós-colheita em horticultura, uma vez que, a cloração da água de processo é geralmente eficaz, relativamente barata e pode ser facilmente implementada em operações de diversos tamanhos (López-Gálvez; et al., 2021; Mishra; et al., 2018).

A higienização de frutas e vegetais frescos com soluções químicas, incluindo o cloro, tem influência principalmente na segurança e na preservação desses produtos. Porém, os constituintes à base de cloro são corrosivos e provocam irritações na pele e no trato respiratório de manipuladores de alimentos. A hipercloração da água gera altas concentrações de trihalometanos (triclorometano, bromodiclorometano, clorofórmio) entre outros subprodutos desinfetantes que são iminentemente carcinogênicos e prejudiciais à saúde humana (Beirão-da-Costa et al., 2012; São José et al., 2014).

Apesar do cloro ser um desinfetante eficaz e barato, sua atividade é reduzida na presença de matéria orgânica, esta produz uma fonte de alimento e proteção aos microrganismos, impedindo o contato do desinfetante com a superfície. Sendo assim, as indústrias que utilizam água clorada para sanitizar alimentos tendem a aumentar as quantidades de cloro em processos repetidos de lavagem. Ao passo que essa prática assegura o controle microbiano, expõe o alimento a alta concentração de subprodutos de desinfecção (Barbosa, 2019; Egwari et al., 2020).

As exposições aos subprodutos do cloro desencadeiam uma série de problemas para a saúde, incluindo câncer de fígado, rim, no sistema nervoso, além de doenças renais e efeitos adversos na saúde reprodutiva, dentre eles, abortos espontâneos, malformações congênitas, retardamento do desenvolvimento fetal e natimortos (Dubey et al., 2020). Dessa

maneira, alguns estudos têm proposto novos métodos de conservação de produtos frescos como alternativa para diminuir essas consequências à saúde.

3.2 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são compostos líquidos, voláteis, bioativos e complexos, que apresentam coloração e aroma característico. Estão presentes em todas as partes das plantas, das quais podem ser extraídos, como brotos, folhas, flores, cascas, sementes, frutas, raízes, madeira e são nomeados de acordo com a planta da qual foram obtidos (El Sawi et al., 2019; Khorshidian, et al., 2018; Ríos, 2016). Na natureza, essas substâncias podem proteger a planta contra ataques de microrganismos e insetos. Além disso, são considerados como aromatizantes naturais liberados para serem utilizados em alimentos (Bakalli et al., 2008).

Segundo a International Organization for Standardization (ISO), óleo essencial é definido como um “produto retirado de uma matéria-prima natural de origem vegetal, por destilação a vapor, processos mecânicos a partir do epicarpo de frutas cítricas ou por destilação a seco”, bem como pode ser tratado fisicamente sem modificar sua composição (Mati; Nat, 2013). A extração dos óleos essenciais pode ocorrer de diferentes maneiras, como hidrodestilação, extração por solventes orgânicos, destilação a vapor e hidro difusão (Aziz et al., 2018). Existem diversos aspectos que influenciam no rendimento da extração, entre eles, o tipo de planta escolhida, sua composição, temperatura, o horário no momento da colheita, o processo escolhido para extração e a interatividade do solvente com o óleo essencial (Barros; et al., 2014).

No processo de hidrodestilação, os materiais vegetais são imersos em um recipiente contendo água, misturados e, em seguida, essa mistura é aquecida (Oliveira, 2012). O principal benefício desse processo é a extração de plantas hidrofóbicas com elevado ponto de ebulição, além disso, esse método proporciona retirar material vegetal com temperatura abaixo de 100 ° C (El Asbahani et al., 2009). No método de extração por solventes orgânicos, sendo os solventes hexano, éter, acetona ou etanol, ocorre a mistura dessas substâncias com o material vegetal, posteriormente são moderadamente aquecidos, filtrados e, em seguida, o solvente é evaporado. O composto filtrado é combinado com álcool para diluir o óleo essencial (Tongnuanchan, 2014).

O principal método aplicado é a destilação a vapor. Nesse processo, o gerador de vapor fornece o aquecimento do material vegetal e isso define a efetividade da modificação estrutural do material vegetal, liberando o óleo essencial, além disso, esse procedimento diminui a porção de água residual que é formada no decorrer da extração (Masango, 2005). Já na extração por hidro difusão, os materiais vegetais precisam ser secos e o vapor é concedido utilizando um recipiente, neste caso a temperatura do vapor necessita ser baixa, ficando abaixo de 100 ° C e a parte superior do gerador fornece o vácuo (Vian et al., 2008).

Geralmente, os óleos essenciais são líquidos, incolores e são diferenciados pelo odor característico. Além disso, também podem ser caracterizados pela elevada atividade óptica e pelo nível do índice de refração. Essas substâncias voláteis possuem baixa solubilidade em água e elevada solubilidade em óleos fixos, éter e álcool (Dhifi et al., 2016; Filly et al., 2016). Compostos de hidrogênio, carbono, oxigênio, nitrogênio ou derivados de enxofre, também fazem parte da composição dos óleos essenciais. Esses extratos de plantas aromáticas podem ser divididos em hidrocarbonetos e terpenos (Moghaddam; Mehdizadeh, 2017).

Os hidrocarbonetos são formados por átomos de hidrogênio e carbono. Podem ser classificados em alifáticos, alcanos e aromáticos, dependendo da sua estrutura (Bhavaniramya et al., 2019). Os terpenos, conhecidos pela elevada atividade antimicrobiana, são constituídos por unidades diferentes de isopreno e, dependendo do número dessas unidades, eles podem ser classificados em hemiterpenos, monoterpênicos, sesquiterpenos, diterpenos, entre outros. Além disso, os terpenos também podem ser subdivididos em grupos de acíclicos, monocíclicos e bicíclicos. Grande parte dos óleos essenciais são compostos de

monoterpenos (Blowman et al., 2018; Rubulotta, 2019).

Dentre os terpenos que apresentam melhor atividade antimicrobiana, podem ser citados o carvacrol, eugenol e timol. O carvacrol é um composto fenólico que está presente em vários óleos essenciais como, por exemplo, no orégano. Este componente parece controlar a pressão osmótica e interferir na quantidade de solutos ativos (Nogueira, 2019). Sobre o eugenol, composto fenólico que está presente no óleo essencial do cravo-da-índia, a sua atividade antimicrobiana pode estar associada ao rompimento da membrana ou a interrupção da ação enzimática (Oliveira; Filho, 2012). O timol, que também apresenta estrutura fenólica, é um dos principais compostos do óleo de tomilho, sua atividade antimicrobiana ocorre na elevação da permeabilidade e interligação com as enzimas presentes na parede celular (Belato, 2014).

3.3 Aplicação de óleos essenciais na conservação de mangas

No manejo da conservação de frutas, em especial da manga, os compostos naturais com ação antimicrobiana e propriedades antioxidantes são os preferidos a fungicidas e produtos químicos sintéticos devido à efeitos danosos largamente conhecidos sobre a saúde do consumidor e o meio ambiente (Zhou et al., 2021; Cai et al., 2020). Em estudo realizado por Perumal et al. (2021) foi observado o aumento da vida útil de armazenamento livre de mofo em até 26 ± 2 dias a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e, conseqüentemente, da qualidade de mangas acondicionadas em embalagem de atmosfera modificada contendo óleo essencial de tomilho, cravo ou canela. O óleo essencial de tomilho está presente em vários outros trabalhos que buscam explorar cada vez mais seu potencial de atividade antifúngica (Nandhavathy et al., 2021; Cai et al., 2020; Esquivel-Chávez et al., 2021).

Nandhavathy et al. (2021) determinaram a eficiência de filmes biocompósitos de fibras de cascas de romã incorporados com óleo essencial de tomilho e de cravo contra *L. theobromae* e *C. gloeosporioides*. Sendo o óleo de tomilho mais eficaz que o óleo de cravo, com um percentual de inibição de até 66%. Cai et al. (2020) também tiveram resultados promissores quanto a utilização de filmes de amido contendo microcápsulas de óleo essencial de tomilho. Além de retardar as alterações conseqüentes do amadurecimento da manga e reduzir a perda de vitamina C, o filme de amido com adição de óleo essencial de tomilho inibiu o aparecimento de *B. theobromae* e *C. gloeosporioides* na superfície da manga. Bem como, Esquivel-Chávez et al. (2021) obtiveram em seu trabalho um controle satisfatório do crescimento de *C. gloeosporioides* em mangas, utilizando sachês antifúngicos desenvolvidos com óleo de tomilho/amido modificado/microcápsulas de agave.

Outros óleos essenciais menos convencionais explorados em alguns estudos também demonstraram resultados favoráveis para a conservação de mangas. O óleo essencial de bergamota incorporado ao filme nanocompósito de ácido polilático retardou o amadurecimento e manteve a qualidade pós-colheita de mangas, além de reduzir a contagem bacteriana total após 9 dias de armazenamento, em virtude de sua atividade microbiana, segundo Chi et al. (2019). Já no estudo de Klangmuang, P. e Sothornvit, R. (2018), em que foi utilizado revestimento à base de hidroxipropil metilcelulose com óleos essenciais de gengibre, e óleos essenciais tailandeses de plai e fingerroot. Estes últimos retardaram o amadurecimento, reduziram as alterações de qualidade e foram eficazes contra *C. gloeosporioides* de mangas. O óleo essencial de gengibre, por sua vez, teve maior atividade antifúngica contra *C. gloeosporioides*, cerca de 38%. As amostras com todos os óleos essenciais referidos estenderam a vida útil das mangas para 18 dias a $13\text{ }^{\circ}\text{C}$.

No estudo realizado por Figueiredo (2020), no qual foi testado a utilização de revestimentos à base de galactomananas e pectinas, associadas a óleo essencial de *Lippia grata*, foi possível sugerir que a presença do óleo essencial afetou a estrutura do revestimento da casca das mangas, amenizando a perda de água e reduzindo a atividade respiratória. Camatari et al. (2018) mostraram que quando ocorre redução na taxa respiratória de frutos revestidos, foi formada uma barreira que diminui a oxigenação ao redor da amostra, dessa forma, permite que a vida útil seja prolongada já que o metabolismo se torna mais tardio.

Figueiredo (2020) também observou que a utilização do óleo essencial de *Lippia grata* proporcionou maior retardo nas

fases de mudanças na coloração da casca, que é um processo natural do amadurecimento e decisivo para determinar a qualidade das frutas. Tais modificações são decorrentes da síntese de carotenóides e degradação das clorofilas, que está relacionado com a atividade respiratória. Sendo assim, esse retardo no desenvolvimento da cor da casca, atrasa a maturação e aumenta a conservação da manga (Zerbini et al., 2015; Jongsri et al., 2016).

No estudo realizado por Nagai (2019), onde foi avaliado a aplicação de quitosana adicionada ou não de óleo essencial de cravo e canela nas mangas, percebeu-se que ocorreu o efeito antimicrobiano mais eficaz nas amostras que foram cobertas pelos óleos. Adicionar óleo essencial nas formulações que serão utilizadas na superfície da fruta, faz com que os elementos presentes nesses compostos, atuem contribuindo no controle do problema, inibindo ou amenizando a proliferação microbiana (Aloui et al., 2014). No entanto, Azerêdo et al. (2016) observou que, apesar das mangas que foram recobertas por fécula de mandioca associada à óleo essencial de erva-doce terem a cor mantida por mais tempo e menor incidência de podridões, percebeu-se uma quantidade de manchas significativas e menor suculência.

Os óleos essenciais têm sido objeto de vários estudos (He, 2021; Perdana, 2021; Basaglia, 2021) realizados em frutas como alternativa de conservação. Cerejas frescas foram revestidas com nanopartículas de quitosana contendo óleo essencial de *Eryngium campestre* encapsulado em 100 mg, sendo observado a eficiência desse revestimento no controle microbiano na redução da população de bactérias totais em cerejas, podendo ser aplicados em outros tipos de frutas com características semelhantes (Arabpoor et al., 2021). Nanoemulsões de óleos essenciais de cravo-da-índia e semente preta, formuladas por ultrassom também se mostraram eficientes na redução do crescimento linear micelial e inibição em 100% da esporulação dos fungos *Galactomyces candidum*, *Alternaria tenuissima* e *Fusarium solani*, suprimindo assim o apodrecimento de frutos de pepino na pós-colheita conforme relatado por Mossa et al. (2021).

Os óleos com atividade antifúngica são bastante utilizados para conservar e aumentar a vida de prateleira das frutas. Geralmente, para uso industrial, entre as fontes de óleos essenciais mais usadas, podem ser citados o capim-limão, cravo, coentro, orégano, sálvia, canela, frutas cítricas e alecrim por possuírem maior atividade antimicrobiana comprovada, conservando o produto por mais tempo (Guerreiro et al., 2015). As espécies *Verbena officinalis* e *Thymus vulgaris*, originárias da verbena e do tomilho, respectivamente, apresentaram capacidade de diminuir a podridão nos pêssegos, causada por fungos como, por exemplo, o *Monilinia fructigena* (Elshafie et al., 2015).

Outros óleos que demonstraram ser promissores no que concerne a atividade fungicida, foram os óleos de *Aloysia citriodora*, *Lippia alba*, *Cymbopogon winterianus* e *Ocimum americanum* sobre o controle de doenças em morangos e pêssegos no processo de pós-colheita (Fontana et al., 2021).

Nesse contexto, os óleos essenciais, utilizados como antimicrobianos naturais, vem cada vez mais dominando e ganhando espaço nas áreas de pesquisas em alimentos, pois é visto como uma alternativa de conservação, aumentando a vida de prateleira dos produtos, e, além disso, é empregado para a controlar as doenças alimentares transmitidas por alimentos, contribuindo para segurança da saúde do consumidor.

4. Conclusão

De acordo com os estudos pesquisados e analisados, foi possível perceber e comprovar que a aplicação de óleos essenciais associados ou não a outras substâncias são eficazes na conservação de mangas pós-colheita. Pois, foi observado que eles possuem atividade antimicrobiana, antifúngica, retardam o amadurecimento das mangas, além de ter ação antioxidante diminuindo as perdas de ácido ascórbico. Tais fatores contribuem positivamente no aumento da vida útil e qualidade das mangas. Além de ser favorável para a saúde dos consumidores e produtores, uma vez que sanitizantes químicos amplamente utilizados possuem efeitos danosos para o ser humano e meio ambiente. Sendo assim, a aplicabilidade de óleos essenciais como método alternativo na conservação de mangas se mostra promissora, podendo ser utilizada em larga escala. Com isso,

espera-se que o presente trabalho possa contribuir para realização de novos estudos, os quais explorem os óleos essenciais na conservação de mangas.

Referências

- Abrafrutas (2019). Tratamento natural garante exportação de manga para mercados exigentes. <https://abrafrutas.org/2019/02/06/tratamento-natural-garante-exportacao-de-manga-para-mercados-exigentes/>
- Aloui, H., et al. (2014). Efficacy of the combined application of chitosan and Locust Bean Gum with different citrus essential oils to control postharvest spoilage caused by *Aspergillus flavus* in dates. *International Journal of Food Microbiology*, 170, 21–8
- Arabpoor, B., Yousefi, S., Weisany, W., & Ghasemlou, M. (2021). Multifunctional coating composed of *Eryngium campestre* L. essential oil encapsulated in nano-chitosan to prolong the shelf-life of fresh cherry fruits. *Food Hydrocolloids*, 111, 106394.
- Aragão, P. D. P., Loss, R. A., Silva, S. S., & Guedes, S. F. (2017). Avaliação do potencial de utilização de pré-tratamento osmótico na produção de manga desidratada. *Revista Destaques Acadêmicos*, 9(4).
- Azerêdo, L. P. M., Silva, S. D. M., Lima, M. A. C., Dantas, R. L., & Pereira, W. E. (2016). Qualidade de manga ‘Tommy Atkins’ da produção integrada recoberta com fécula de mandioca associada a óleos essenciais e quitosana. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(1), 141–150.
- Azevedo, O. O. C., Lima, D. V., Silva, N. de S., Silva, G. S., Pontes, E. D. S., Araújo, M. G. G., Pereira, D. E., Martins, A. C. S., Soares, J. K. B., Oliveira, M. E. G., & Viera, V. B. (2020). Aproveitamento integral de resíduo de polpa de manga na elaboração e avaliação sensorial de leite fermentado. *Research, Society and Development*, 9(6), e94963557.
- Aziz, Z. A. A., Ahmad, A., Setapar, S. H. M., Karakucuk, A., Azim, M. M., Lokhat, D., Rafatullah, Mohd., Ganash, M., Kamal, M. A., & Ashraf, G. M. (2018). Essential Oils: Extraction Techniques, Pharmaceutical And Therapeutic Potential - A Review. *Current Drug Metabolism*, 19(13), 1100–1110.
- Barbosa, A. C. P. (2019). *Estudo de detergentes e desinfetantes adequados para a indústria alimentar e avaliação da eficácia microbiológica dos mesmos para mãos e superfícies nas unidades fabris*. 2019. Relatório de estágio (mestrado em Engenharia Alimentar) - Escola superior de biotecnologia, Universidade Católica Portuguesa, Lisboa.
- Barros, N. A., Assis, A. von R., & Mendes, M. F. (2014). Extração do óleo de manjeriço usando fluido supercrítico: análise experimental e matemática. *Ciência Rural*, 44(8), 1499–1505.
- Basaglia, R. R., Pizato, S., Santiago, N. G., Maciel de Almeida, M. M., Pinedo, R. A., & Cortez-Vega, W. R. (2021). Effect of edible chitosan and cinnamon essential oil coatings on the shelf life of minimally processed pineapple (Smooth cayenne). *Food Bioscience*, 41, 100966.
- Beatty, M. E., LaPorte, T. N., Phan, Q., Van Duyne, S. V., & Braden, C. (2004). A Multistate Outbreak of *Salmonella enterica* Serotype Saintpaul Infections Linked to Mango Consumption: A Recurrent Theme. *Clinical Infectious Diseases*, 38(9), 1337–1338.
- Beirão-da-Costa, S., Moura-Guedes, M. C., Ferreira-Pinto, M. M., Empis, J., & Moldão-Martins, M. (2012). Alternative Sanitizing Methods to Ensure Safety and Quality of Fresh-Cut Kiwifruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 1–10.
- Belato, K. K. *Análise in vitro da atividade antimicrobiana, citotoxicidade e genotoxicidade de um princípio ativo (timol) e de um enxaguatório bucal (listerine® zerotm)*. 2014. Dissertação de Mestrado - Instituto de Ciência e Tecnologia, UNESP - Univ Estadual Paulista, São José dos Campos, 2014.
- Bhavaniramya, S., Vishnupriya, S., Al-Aboody, M. S., Vijayakumar, R., & Baskaran, D. (2019). Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. *Grain & Oil Science and Technology*, 2(2), 49–55.
- Blowman, K., Magalhães, M., Lemos, M. F. L., Cabral, C., & Pires, I. M. (2018). Anticancer Properties of Essential Oils and Other Natural Products. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1–12.
- Cna. Boletim CNA destaca exportação recorde de frutas em setembro e cenário internacional. *Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil*, 2020. <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/boletim-cna-destaca-exportacao-recorde-de-frutas-em-setembro-e-cenario-internacional>.
- Cai, C., Ma, R., Duan, M., Deng, Y., Liu, T., & Lu, D. (2020). Effect of starch film containing thyme essential oil microcapsules on physicochemical activity of mango. *LWT*, 131, 109700.
- Calo, J. R., Crandall, P. G., O’Bryan, C. A., & Ricke, S. C. (2015). Essential oils as antimicrobials in food systems – A review. *Food Control*, 54, 111–119.
- Camatari, F. O. Dos S., Santana, L. C. L. De A., Carmelossi, M. A. G., Alexandre, A. P. S., Nunes, M. L., Goulart, M. O. F., Narain, N., & Silva, M. A. A. P. da. (2018). Impact of edible coatings based on cassava starch and chitosan on the post-harvest shelf life of mango (*Mangifera indica*) ‘Tommy Atkins’ fruits. *Food Science and Technology*, 38(suppl 1), 86–95.
- CDC. 2012. *Multistate outbreak of Salmonella Braenderup infections associated with mangoes (final update)*. <http://www.cdc.gov/salmonella/braenderup-08-12/>.
- Chi, H., Song, S., Luo, M., Zhang, C., Li, W., Li, L., & Qin, Y. (2019). Effect of PLA nanocomposite films containing bergamot essential oil, TiO₂ nanoparticles, and Ag nanoparticles on shelf life of mangoes. *Scientia Horticulturae*, 249, 192–198. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.059>
- Companhia nacional de abastecimento - CONAB. *Programa de Modernização do Mercado Hortigranjeiro (Prohort)*. Informações Gerenciais: BI-Prohort. <http://dw.prohort.conab.gov.br/pentaho/Prohort>.

- Cruz, M. J. S., et al. (2012). Efeitos dos compostos naturais bioativos na conservação pós-colheita de frutos de mangueira Tommy Atkins. *Ciência e Agrotecnologia*, 34, 2.
- Cruz, M. M., et al. (2012). Efeito de óleos essenciais e revestimentos comestíveis sobre podridões pós-colheita em manga, cv. kent. *Revista Caatinga*, 25, 2, 1-6.
- Demartelaere, A. C. F., Preston, H. A. F., Mata, T. C. da, Costa, W. P. L. B. da, Nicolini, C., Gomes, W. de A., Medeiros, D. C. de, Silva, T. P. de P., Souza, J. B. de, Paiva, L. L. de, Medeiros, P. L. de, Candido, D., Monte, F. D. M. do, Lazzarini, L. E. S., & Cordeiro, K. A. S. (2021). Utilização de extratos no controle da antracnose em pós-colheita de mangifera indica / extracts utilization to control postharvest anthracnose in mangifera indica. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 4872-4892.
- Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential Oils' Chemical Characterization and Investigation of Some Biological Activities: A Critical Review. *Medicines*, 3(4), 25.
- Dubey, S., Gusain, D., Sharma, Y. C., & Bux, F. (2020). The occurrence of various types of disinfectant by-products (trihalomethanes, haloacetic acids, haloacetonitrile) in drinking water. *Disinfection By-Products in Drinking Water*, 371-391.
- Egwari, L. O., Effiok, W. W., & Ugboko, H. U. (2020). Disinfection by-products in food and beverages. *Disinfection By-Products in Drinking Water*, 169-183.
- El Asbahani, A., Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Addi, E. H. A., Casabianca, H., & Elaissari, A. (2009). Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 483, 220-243.
- El Sawi, S. A., Ibrahim, M. E., El-Rokiek, K. G., & El-Din, S. A. S. (2019). Allelopathic potential of essential oils isolated from peels of three citrus species. *Annals of Agricultural Sciences*. 64, 89-94.
- Elshafie, H. S., Mancini, E., Camele, I., Martino, L. D., & De Feo, V. (2015). In vivo antifungal activity of two essential oils from Mediterranean plants against postharvest brown rot disease of peach fruit. *Industrial Crops and Products*, 66, 11-15.
- Esquivel-Chávez, F., Colín-Chávez, C., Virgen-Ortiz, J. J., Martínez-Téllez, M. Á., Avena-Bustillos, R. de J., Peña-Madrugal, G., & Miranda-Ackerman, M. A. (2021). Control of mango decay using antifungal sachets containing of thyme oil/modified starch/agave fructans microcapsules. *Future Foods*, 3, 100008.
- Figueiredo, V. M. A. *Revestimentos de galactomananas e pectinas contendo óleo essencial de lippia grata nanoencapsulado para qualidade e controle de podridão peduncular em manga 'palmer'* (2020). [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba], Repositorio.
- Filly, A., Tixier, A. S. F., Louis, C., Fernandez, X., & Chemat, F. (2006). Water as a green solvent combined with different techniques for extraction of essential oil from lavender flowers. *Comptes Rendus Chimie*, 19, 6, 707-717.
- Fontana, D. C., Neto, D. D., Pretto, M. M., Mariotto, A. B., Caron, B. O., Kulczynski, S. M., & Schmidt, D. (2021). Using essential oils to control diseases in strawberries and peaches. *International Journal of Food Microbiology*, 338, 108980.
- Guerreiro, A. C., Gago, C. M. L., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. C., & Antunes, M. D. C. (2015). The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 51-60.
- Guimarães, G. H. C. *Desenvolvimento de filmes e recobrimentos multifuncionais a partir de fontes de amido e seu impacto na fisiologia e conservação pós-colheita de frutos*. 2018. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.
- Jongsri, P., et al. (2016). Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. *LWT, - Food Science and Technology*, 73, 28-36.
- Kakani, G., Taylor, T. M., Martínez-González, N. E., Rodríguez-García, M. O., Martínez-Cardenas, C., Escalona-Buendía, H. B., & Castillo, A. (2018). Using antimicrobials as a food safety measure during phytosanitary treatments in mangoes. *Postharvest Biology and Technology*, 138, 114-124.
- Khorshidian, N., Yousefi, M., Khanniri, E., & Mortazavian, A. M. (2018). Potential application of essential oils as antimicrobial preservatives in cheese. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 45, 62-72.
- Kim, H., & Song, K.B. (2017). Combined treatment with chlorine dioxide gas, fumaric acid, and ultraviolet-C light for inactivating *Escherichia coli* 0157:H7 and *Listeria monocytogenes* inoculated on plums. *Food Control*, 71, 371-375.
- Klangmuang, P., & Sothornvit, R. (2018). Active coating from hydroxypropyl methylcellulose-based nanocomposite incorporated with Thai essential oils on mango (cv. Namdokmai Sithong). *Food bioscience*, 23, 9-15.
- López-Gálvez, F., Allende, A., & Gil, M. I. (2021). Recent progress on the management of the industrial washing of fresh produce with a focus on microbiological risks. *Current Opinion in Food Science*, 38, 46-51.
- Martim, N. S. P. P. (2006). *Estudo das Características de Processamento da Manga (Mangifera indica L.) Variedade Tommy atkins Desidratada*. 2006. [Dissertação, Universidade Federal do Paraná], Repositório.
- Masango, P. Cleaner production of essential oils by steam distillation. *Journal of Cleaner Production*, 13, 833-839.
- Mati, V., & Nat, V. International standard ISO Aromatic natural raw materials. *Academic Press*. 2013.
- Medeiros, E. A. A., et al. (2012). Sachês Antimicrobianos em pós-colheita de manga. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33, 363-370.
- Melo, P. E. F., Silva, A. P. M., Marques, F. P., Ribeiro, P. R. V., Souza Filho, M. S. M., Brito, E. S., & Azeredo, H. M. C. (2019). Antioxidant films from mango kernel components. *Food Hydrocolloids*, 95, 487-495.

- Mishra, V., Abrol, G. S., & Dubey, N. (2018). Sodium and Calcium Hypochlorite as Postharvest Disinfectants for Fruits and Vegetables. In: SIDDIQUI, M. W. (ed.). *Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables*. 14, 253-272.
- Moghaddam, M., & Mehdizadeh, L. (2017). Chemistry of Essential Oils and Factors Influencing Their Constituents. *Soft Chemistry and Food Fermentation*, 379-419.
- Mossa, A.-T. H., Mohafrash, S. M. M., Ziedan, E.-S. H. E., Abdelsalam, I. S., & Sahab, A. F. (2021). Development of eco-friendly nanoemulsions of some natural oils and evaluating of its efficiency against postharvest fruit rot fungi of cucumber. *Industrial Crops and Products*, 159, 113049.
- Nagai, L. Y. (2019). *Estabilidade e qualidade de mangas minimamente processadas obtidas por aplicação de cobertura comestível à base de quitosana adicionada ou não de óleo essencial de cravo ou canela*. [Tese de Doutorado - Universidade Estadual Paulista] Repositório.
- Nandhavathy, G., et al. (2021). Determination of antifungal activities of essential oils incorporated-pomegranate peel fibers reinforced-polyvinyl alcohol biocomposite film against mango postharvest pathogens. *Materials today proceedings*, 38, 923-927.
- Nogueira, J. O. (2019). *Ação antimicrobiana de diferentes terpenos e fenilpropanoides em Escherichia coli e Staphylococcus aureus*. [Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Lavras], Repositório.
- Oliveira, J. G., & Filho, B. A. A. (2012). Propriedade antimicrobiana do eugenol frente às amostras de *Alicyclobacillus* spp. isoladas de suco de laranja. *Rev. Inst. Adolfo Lutz (Impr.)*, 71, 2.
- Oliveira, K. A. R. (2018). *Aplicação de revestimento de quitosana incorporado de óleo essencial de Mentha piperita L. para o controle de antracnose e alterações pós-colheita em mangas cultivar tommy atkins*. [Tese de Doutorado - Universidade Federal da Paraíba], Repositório.
- Oliveira, W. P., & Souza, M. E. A. O. (2012). *Comparação dos métodos extração de óleo essencial de arraste a vapor e hidrodestilação utilizando casca de manga nos estados de desidratação e in natura*. In: Congresso Norte E Nordeste De Pesquisa E Inovação, 4., 2012, Palmas. Anais eletrônicos [...]. Palmas: VII CONNEPI, 2012. Tema: Ciência, tecnologia e inovação: ações sustentáveis para o desenvolvimento regional, p. 1-7. <https://propi.ift.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/4320/3040>.
- Perdana, M. I., Ruamcharoen, J., Panphon, S., & Leelakriangsak, M. (2021). Antimicrobial activity and physical properties of starch/chitosan film incorporated with lemongrass essential oil and its application. *LWT*, 141, 110934.
- Pereira, A. S., Shitsuka D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica* [recurso eletrônico], (ed. 1, pp.1-119) Santa Maria, RS: UFSM, NTE, e-book.
- Perumal, A. B., Nambiar, R. B., Sellamuthu, P. S., & Emmanuel, R. S. (2021). Use of modified atmosphere packaging combined with essential oils for prolonging post-harvest shelf life of mango (cv. Banganapalli and cv. Totapuri). *LWT*, 148, 111662.
- Codevasf, 2020. *Projetos de irrigação da Codevasf produziram mais de 3,7 milhões de toneladas de itens agrícolas em 2019*. <https://www.codevasf.gov.br/noticias/2020/projetos-de-irrigacao-da-codevasf-produziram-mais-de-3-7-milhoes-de-toneladas-de-itens-agricolas-em-2019>.
- Ramos, E. (2019). Novo regulador de crescimento para manga muda cenário de produção no Vale do São Francisco. *Revista Attalea Agronegócios*, mar. 2019. <https://revistadeagronegocios.com.br/novo-regulador-de-crescimento-para-manga-muda-cenario-de-producao-no-vale-do-sao-francisco/>.
- Ríos, J. L. (2016). Essential oils: What they are and how the terms are used and defined. *Essential Oils in Food Preservation. Flavor and Safety*. 3-10.
- Rubulotta, G. (2019). Terpenes: A valuable family of compounds for the production of fine chemical. *Studies in Surface Science and Catalysis*, 178, 215-229.
- São José, J. F. B. de, Andrade, N. J. de, Ramos, A. M., Vanetti, M. C. D., Stringheta, P. C., & Chaves, J. B. P. (2014). Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. *Food Control*, 45, 36-50.
- Saúco, V. G. (2013). Worldwide mango production and market: Current situation and future prospects. *Acta Horticulturae*, 992, 37-48.
- Silva, S. B., Luvielmo, M. M., Geyer, M. C., & Prá, I. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. *Ciências Agrárias*, v.32, p.659-682, 2011.
- Sivapalasingam, S., Barrett, E., Kimura, A., Van Duyne, 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. (2019). multistate outbreak of Salmonella enterica serotype Newport infection linked to mango consumption: impact of waterdip disinfestation technology. *Clin. Infect. Dis*, 37, 1585-1590.
- Sousa, F. F. (2020). *Conservação de mangas 'palmer' com recobrimento comestível de hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha*. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2020.
- Statista. *Mango production worldwide from 2000 to 2016*. (in million metric tons). <https://www.statista.com/statistics/577951/world-mangoproduction/>.
- Tongnuanchan, P., & Benjakul, S. (2014). Essential oils: Extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of Food Science*, 79, 1231-1249.
- Unctad – United Nations Conference on Trade and Development, 2016. *Mango – na INFOCOMM commodity profile*. http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/INFOCOMM_cp07_Mango_en.pdf.
- Vian, M. A., Fernandez, X., Visinoni, F., & Chemat, F. (2009). Microwave hydrodiffusion and gravity, a new technique for extraction of essential oils. *Journal of Chromatography*, 1190, 1-2, 14-17.
- Vidal, M. de F. *Fruticultura na área de atuação do bnb: produção e mercado*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. 11 p. (Caderno Setorial - ETENE, n. 84).

Warriner, K., Huber, A., Fan, W., & Dunfield, K. (2009). Recent advances in the microbial safety of fresh fruits and vegetables. *Advances in Food and Nutrition Research*, 57, 155-208.

Eccher Zerbini, P., Vanoli, M., Rizzolo, A., Grassi, M., Pimentel, R. M. de A., Spinelli, L., & Torricelli, A. (2015). Optical properties, ethylene production and softening in mango fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 101, 58–65.

Zhou, W., He, Y., Liu, F., Liao, L., Huang, X., Li, R., Zou, Y., Zhou, L., Zou, L., Liu, Y., Ruan, R., & Li, J. (2021). Carboxymethyl chitosan-pullulan edible films enriched with galangal essential oil: Characterization and application in mango preservation. *Carbohydrate Polymers*, 256, 117579.