

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

ÍTALO HENRIQUE CALISTO

Revestimentos comestíveis com óleos essenciais na
preservação da qualidade pós-colheita de morangos:
uma revisão

SÃO CARLOS - SP

2021

ÍTALO HENRIQUE CALISTO

Revestimentos comestíveis com óleos essenciais na preservação da qualidade pós-colheita de morangos: uma revisão

Monografia apresentada à Coordenação de Graduação em Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) em cumprimento às exigências para obtenção do título de Bacharel em Química.

Orientador: Prof. Dr. Caio Marcio Paranhos da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Marcos David Ferreira

SÃO CARLOS - SP

2021



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - DQ/CCET

Rod. Washington Luís km 235 - SP-310, s/n - Bairro Monjolinho, São Carlos/SP, CEP 13565-905

Telefone: (16) 33518206 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-FA nº 18/2021/DQ/CCET

Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso

Folha Aprovação (GDP-TCC-FA)

FOLHA DE APROVAÇÃO

ÍTALO HENRIQUE CALISTO

REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS COM ÓLEOS ESSENCIAIS NA PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MORANGOS: UMA REVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Federal de São Carlos – Campus São Carlos

São Carlos, 23 de novembro de 2021

ASSINATURAS E CIÊNCIAS

Cargo/Função	Nome Completo
Orientador	Prof. Dr. Caio Marcio Paranhos da Silva
Membro da Banca 1	Prof. Dr. Marcos David Ferreira
Membro da Banca 2	M.Sc. Josemar Gonçalves de Oliveira Filho



Documento assinado eletronicamente por **Caio Marcio Paranhos da Silva**, Professor(a), em 10/12/2021, às 15:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufscar.br/autenticacao>, informando o código verificador **0558527** e o código CRC **21C2ED09**.

Referência: Caso responda a este documento, indicar expressamente o Processo nº 23112.024406/2021-59

SEI nº 0558527

Modelo de Documento: Grad: Defesa TCC: Folha Aprovação, versão de 02/Agosto/2019

À minha tia, Samanta Aparecida Castro, a melhor aluna da turma e uma cientista brilhante que me mostrou que eu poderia alcançar meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Sandra e Sidinei, ao meu irmão Bruno, meus avós Maria Aparecida e José Carlos e a todos os familiares que sempre me apoiaram.

Aos meus amigos de infância Piterson Guerra e Vander Castro, por sempre me incentivarem nesta etapa importante da minha vida.

Os amigos, Júlia Zapatterra, Gabriel Ferraz, Gabriel Yamakawa, Anna Loura Florido, Ana Paula Gomes, Fabio Mota e Beatriz Pachel que me proporcionaram experiências incríveis nesses anos que jamais esquecerei.

A todos que dividiram um lugar para chamar de lar, em especial Eduardo Martins, Thalís Spinelli e Gabriel Ferreira.

Ao grande amigo Markus Baptista, que sempre estará presente no meu coração.

A Graciele das Neves, uma mulher incrível, que sempre conseguiu me mostrar onde poderia chegar mesmo quando não acreditava.

À Atom Jr., Empresa Júnior de Química da UFSCar, um projeto de extensão que tenho muito orgulho de ter participado, onde cresci como pessoa e profissional e tive o prazer de conhecer pessoas tão incríveis.

Às pessoas incríveis que conheci em diversos momentos durante essa jornada, Rafaela Gregori, Vinícius Pereira, Josemar Oliveira e João Marcos Batista.

Aos professores e orientadores Marcos David Ferreira e Caio Marcio Paranhos da Silva por aceitarem me orientar neste projeto e compartilharem seus conhecimentos.

À EMBRAPA que me proporcionou formas práticas de aplicar meus conhecimentos.

RESUMO

O morango é uma fruta não climatérica caracterizada por apresentar sabor único, ser altamente desejável e ser uma fonte relevante de compostos bioativos devido aos altos níveis de vitamina C, vitamina E e compostos fenólicos, assim como antocianinas, pigmentos que conferem cor vermelha ao morango e estão relacionadas a benefícios para a saúde. A aplicação de revestimentos comestíveis na superfície do alimento é um tratamento que permite aumentar a vida útil dos alimentos com pouco efeito sobre suas características originais. Estes revestimentos podem conter ingredientes ativos na sua composição, como óleos essenciais que podem conferir propriedades antimicrobianas para esses materiais. Este estudo objetivou revisar o estado da arte sobre a aplicação de revestimentos comestíveis associados com óleos essenciais na preservação da qualidade pós-colheita de morangos. Os resultados demonstraram que a aplicação de revestimentos comestíveis com óleos essenciais pode melhorar os parâmetros de qualidade dos morangos durante o armazenamento e controlar o desenvolvimento de doenças pós-colheita. Desta forma, a aplicação desses materiais pode ser uma alternativa promissora em substituição aos fungicidas químicos sintéticos para o controle de doenças e prolongamento da vida útil de morangos.

Palavras-chaves: Revestimentos comestíveis; óleos essenciais; morangos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	06
2 OBJETIVO	08
2.1 Geral	08
2.2 Específicos	08
3 REVISÃO DA LITERATURA	09
3.1 Morango (<i>Fragaria x ananassa</i>)	09
3.2 Revestimentos comestíveis	10
3.3 Óleos Essenciais (OEs)	12
3.4 Efeito da refrigeração na conservação pós-colheita de morangos	15
3.5 Revestimentos com óleos essenciais na preservação da qualidade pós-colheita de morangos	15
3.6 Efeito dos revestimentos com óleos essenciais no controle de doenças pós-colheita de morangos	19
3.7 Efeito dos revestimentos com óleos essenciais nos parâmetros físico-químicos de morangos durante a pós-colheita	20
3.8 Efeito dos revestimentos com óleos essenciais nos parâmetros sensoriais de morango durante a pós-colheita	23
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
5 REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria x ananassa*) é pertencente à família Rosaceae e ao gênero *Fragaria* com mais de 22 espécies cultivadas e distribuídas em quase todo o mundo, exceto na Austrália e na Antártica (KAMNEVA et al., 2017). A sua produção vem ganhando destaque no mercado mundial, liderado pela China e pelos Estados Unidos da América (USA) como maiores produtores de morango do mundo, movimentando em média 2,5 bilhões de dólares entre os anos de 2017 e 2019 (SAMTANI et al., 2019; VALIANTE et al., 2019).

O escoamento da produção e comercialização *in-natura* de morangos tem um grande desafio. Por se tratar de um pseudofruto com curto período de vida útil, e suscetível a fatores bióticos e abióticos durante e pós-colheita. Podendo ocorrer a perda de lotes inteiros decorrentes de choques mecânicos, distúrbios fisiológicos, pragas agrícolas e doenças fitopatogênicas causadas por fungos e bactérias que acometem os morangos no campo, durante o armazenamento e nas prateleiras que podem acelerar o processo de deterioração do produto (KARIMI, ARZANLOU e PERTOT 2016; PINZON et al., 2020).

O controle de doenças é realizado concomitantemente com a prática agrícola, variedade cultivada e sucessivas aplicações de fungicidas sintéticos. Eficazes no controle dos patógenos, porém, tendem a causar sérios problemas ambientais devido à baixa biodegradabilidade, baixa seletividade, além de causar riscos à saúde dos consumidores. Podendo ainda estar selecionando cepas cada vez mais resistentes exigindo maiores aplicações e doses mais altas, elevando o custo da produção (ABBEY et al. 2018; AHMAD & MATSUBARA 2020). Desta forma, a busca científica por fungicidas ecológicos como alternativa aos sintéticos no controle de doenças tem se tornado um desafio para a produção agrícola. Motivados por consumidores cada vez mais exigentes por alimentos orgânicos ou mais saudáveis (ABBEY et al., 2018).

Uma alternativa aos fungicidas sintéticos são os compostos biológicos (biofungicidas), provenientes de peptídeos, micro-organismos antagônicos, extratos e óleos essenciais (OEs), de origem vegetal. Estes fungicidas ecológicos são viáveis aos produtores por ser de fácil manuseio, apresentar baixa toxicidade aos animais, boa seletividade biológica, não apresenta efeitos

colaterais, não agride o meio ambiente e são biodegradáveis (ABBEY et al., 2018; JIMÉNEZ-REYES et al., 2019). Um ponto importante é que os óleos essenciais são extremamente voláteis à temperatura, logo, para poderem ser utilizados, uma alternativa é incorporá-los a revestimentos comestíveis.

Os revestimentos podem ser formados de diversos biopolímeros como, por exemplo, polissacarídeos, lipídios, proteínas ou a combinação deles. O revestimento forma uma barreira física ao redor do alimento que diminui a interação dele com o meio externo, assim controlando processos que acarretam na redução da vida útil do fruto (MD NOR & DIN, 2020). Quando incorporados os óleos essenciais em sua composição, esses revestimentos atuam como carreadores dos compostos bioativos e os libera de maneira controlada ao passar do tempo (QUIRÓS-SAUCEDA et al., 2014).

Com base no exposto, o objetivo do trabalho é revisar o estado da arte sobre a aplicação de revestimentos comestíveis associados com óleos essenciais na preservação da qualidade pós-colheita de morangos.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

- O objetivo é revisar o estado da arte sobre a aplicação de revestimentos comestíveis associados com óleos essenciais na preservação da qualidade pós-colheita de morangos.

2.2 Específicos

- Realizar um levantamento de artigos sobre a aplicação de revestimentos comestíveis associados com óleos essenciais na preservação da qualidade pós-colheita de morangos.

- Avaliar a contribuição dos revestimentos comestíveis associados com óleos essenciais na manutenção da qualidade e conservação de pós-colheita de morangos.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Morango (*Fragaria x ananassa*)

Atualmente existe uma grande procura por alimentos saudáveis, e as frutas apresentam uma grande fonte de compostos bioativos associados a benefícios para saúde humana (GIAMPIERI et al., 2012). Dentre as frutas, o morango possui uma vasta gama de compostos bioativos como, por exemplo, vitamina C e constituintes fenólicos expressando grandes propriedades antioxidantes (PROTEGGENTE et al., 2002).

O processo de maturação do morango envolve mudança na cor, textura, sabor e aroma do fruto, acarretando o seu valor nutricional dependendo do estágio de maturação. Pode-se resumir os estágios de maturação em quatro etapas (GIOVANNONI, 2004):

(I) Alteração do acúmulo de clorofila, carotenoide e/ou antocianinas modificando a cor.

(II) A modificação da estrutura da parede celular e o teor de turgor variam a textura.

(III) Ácidos, açúcares e voláteis são alterados e acumulados alterando a qualidade nutricional, aroma e sabor.

(IV) Aumento da suscetibilidade a patógenos e herbívoros.

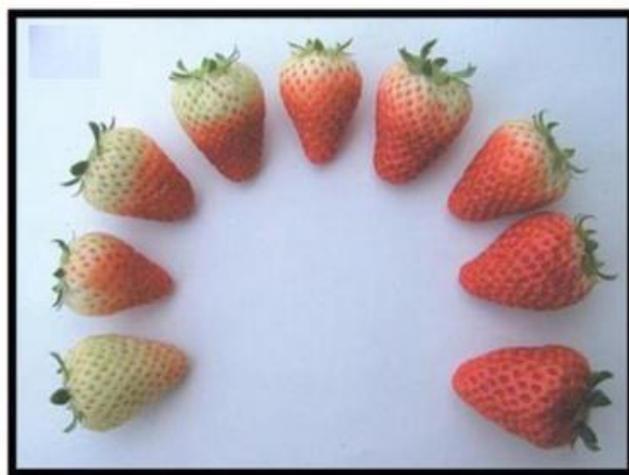


Figura 1. Estágios de desenvolvimento de frutas, da esquerda para direita, desenvolvimento de cor em direção ao receptáculo (Fonte: HAYASHI et al., 2010)

O morango é classificado como uma fruta não climatérica, ou seja, a maturação do fruto ocorre enquanto está ligado à planta, logo, é importante selecionar as frutas que possuam 50 a 75% da superfície do fruto de cor vermelha brilhante, pois, caso estejam verdes, não irão amadurecer como frutas climatéricas (GIOVANNONI, 2001).

O morango possui uma vida pós-colheita extremamente curta. Danos mecânicos como feridas e batidas durante a colheita, logística de transporte e a comercialização podem deixar a fruta vulnerável ao ataque de microrganismos, resultando em perdas nutritivas, qualitativas e econômicas (FLORES CANTILLANO et al., 2003). Os principais patógenos que afetam os morangos durante a pós-colheita são os fungos *Colletotrichum acutatum* (também conhecido como *C. nymphaeae*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium digitatum*, *Aspergillus niger* e *Botrytis cinera* [KARIMI et al., 2016; PINZON et al., 2020; SIEDLISCA et al., 2018]).

A maneira mais utilizada para lidar com essas doenças são os fungicidas agrícolas, eles apresentam bons resultados na diminuição dos patógenos, porém, apresentam grandes problemas ambientais, pois possuem baixa biodegradabilidade, baixa seletividade, além de causar riscos à saúde dos consumidores. A utilização desses fungicidas também gera patógenos cada vez mais resistentes, necessitando o aumento de aplicações para eliminá-los, gerando um custo maior para a produção do morango (ABBEY et al. 2018; AHMAD & MATUBARA 2020).

3.2 Revestimentos Comestíveis

Os revestimentos comestíveis podem ser utilizados como uma estratégia para preservar a qualidade e aumentar a vida útil de frutas e hortaliças durante a pós-colheita. Eles são definidos como uma camada fina de materiais biológicos formada sob a superfície da fruta. De maneira geral são formados a partir de materiais de qualidade alimentar, somando ou substituindo as ceras naturalmente presente na superfície das frutas. Os componentes presentes podem ser consumidos, dependendo da fruta em questão, logo devem ser GRAS: geralmente reconhecido como seguro para o consumo humano (BURDOCK & CARABIN, 2004).

Os revestimentos são formulados a partir de biopolímeros como polissacarídeos, lipídios, proteínas ou uma combinação desses compostos que possam entregar as propriedades necessárias. A atuação na fruta (Figura 2) ocorre a partir da formação de uma barreira física, modificando as trocas gasosas com a atmosfera ao redor, diminuindo a taxa respiratória e retardando o crescimento microbiano e, conseqüentemente, aumentando a vida útil da fruta (MD NOR & DING, 2020). A espessura dos revestimentos gerados deve ser analisada, pois é relacionado com a permeabilidade do mesmo, caso tenha uma grande restrição das trocas gasosas gera o acúmulo excessivo de gás carbono na fruta e os compostos gerados a partir dele (fermentação) pode causar alteração no sabor afetando a qualidade da fruta (BALDWIN et al., 1995).

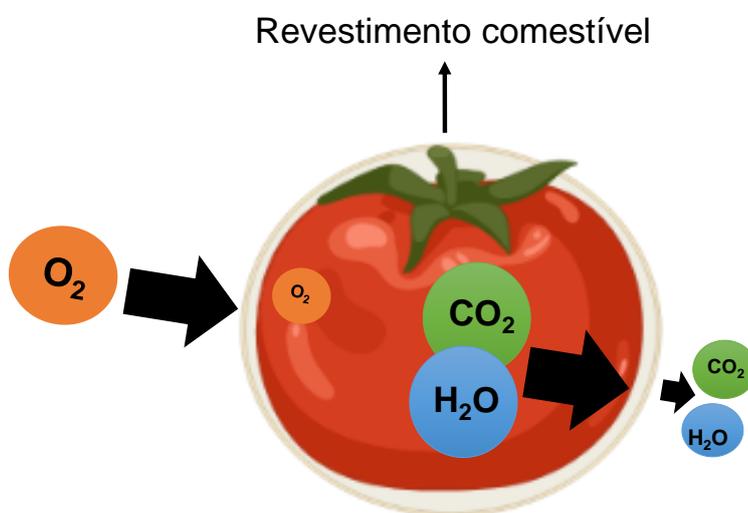


Figura 2. Principais funções dos revestimentos em frutas e hortaliças (Fonte: Adaptado de OLIVEIRA FILHO et al., 2021)

A forma de aplicação desse revestimento é importante para uma boa preservação do alimento fresco, é necessário avaliar corretamente qual metodologia terá melhor desempenho variando o tipo da fruta e em quais pontos o revestimento deve atuar. A interação entre o fruto e cobertura é chamada de molhabilidade e é usada para avaliar o seu desempenho (SENTURK PARREIDT et al., 2018). Existem três principais técnicas para

aplicação de coberturas comestíveis e cada uma possui pontos positivos e negativos.

(I) Imersão: forma mais utilizada pela sua simplicidade, nela o alimento é submerso na solução formadora do revestimento e, após um tempo padronizado, é retirado para secagem, onde o excesso de solvente e líquido é evaporado e o revestimento fica em contato com o alimento (VALDÉS et al., 2017). Como ponto negativo, esse processo pode acarretar a contaminação cruzada das frutas na mesma solução, gerando a necessidade de uma troca frequente para melhores resultados (ANDRADE et al., 2012).

(II) Pulverização: popular nas indústrias, este método consiste na pulverização da cobertura na fruta enquanto ela gira sobre uma esteira ou prato de forma coordenada até que a espessura desejada seja alcançada. A desvantagem é que soluções viscosas não podem ser pulverizadas já que acarretariam na obstrução do equipamento (ATIENO et al., 2019).

(III) Cobertura manual: consiste na aplicação manual da cobertura no alimento utilizando luvas de látex, utilizada principalmente em escala laboratorial para minimizar resíduos e desperdícios, porém, não gera um revestimento uniforme no fruto (MIRANDA et al., 2020).

Também é possível que os revestimentos comestíveis possam atuar como matrizes encapsuladoras de compostos bioativos, podendo, assim, melhorar a qualidade dos produtos alimentícios, liberando compostos bioativos de maneira controlada e por mais tempo, estendendo, assim, a vida útil e diminuindo o crescimento de patógenos. A incorporação de compostos bioativos como os óleos essenciais diretamente nos alimentos pode apresentar certas desvantagens, como sabores estranhos e uma perda precoce de funcionalidade. Isso pode ser resolvido adicionando-os a revestimentos comestíveis. Entre os compostos bioativos mais utilizados estão os antioxidantes, antimicrobianos, probióticos e óleos essenciais (QUIRÓS-SAUCEDA et al., 2014).

3.3 Óleos Essenciais (OEs)

Óleos essenciais são produzidos nas plantas em seu metabolismo secundário, gerados normalmente como uma resposta a fatores externos como

ataque de insetos e outros. A composição, em geral, são misturas complexas de compostos pequenos, voláteis e lipofílicos como terpenos, sesquiterpenos, fenólicos, fenilpropanoicos, alifáticos não terpenos, heterocíclicos; e funções químicas de álcoois, cetonas, aldeídos, ácidos carboxílicos, ésteres, entre outros (KNOTHE, 2005). São extraídos principalmente de plantas por meio de hidrodestilação, destilação a seco ou métodos mecânicos. Devido à sua volatilidade à temperatura ambiente os óleos essenciais também podem ser chamados de óleos etéricos ou óleos de volatilidade (SAFITRI et al., 2020).

A composição química dos óleos essenciais pode variar de acordo com a área geográfica, estação da produção, método de extração, armazenamento ou até mesmo a parte da planta que é usada para obter o óleo (flores, frutos, casca, folhas, caules entre outros) afetam nos resultados que possam ser obtidos (KHODAEI et al., 2021). Os óleos essenciais apresentam diversas propriedades bioativas como atividade antimicrobiana, conservante, antioxidante, aleloquímica, anticancerígena, antiobesidade e terapêutica (MANCIANTI & EBANI, 2020).

Dentre todos os compostos que possuem atividade antimicrobiana nos óleos essenciais, os terpenos são majoritários, eles são metabólitos secundários das plantas e estes quando modificados bioquimicamente são chamados de terpenoides (WANI et al., 2020). Podemos então dizer que os óleos essenciais têm uma origem natural, possuem baixa toxicidade, custo relativamente baixo e vêm apresentando grande importância em indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (VIANNA et al., 2021). A Figura 3 apresenta as estruturas de alguns compostos presentes nos óleos essenciais.

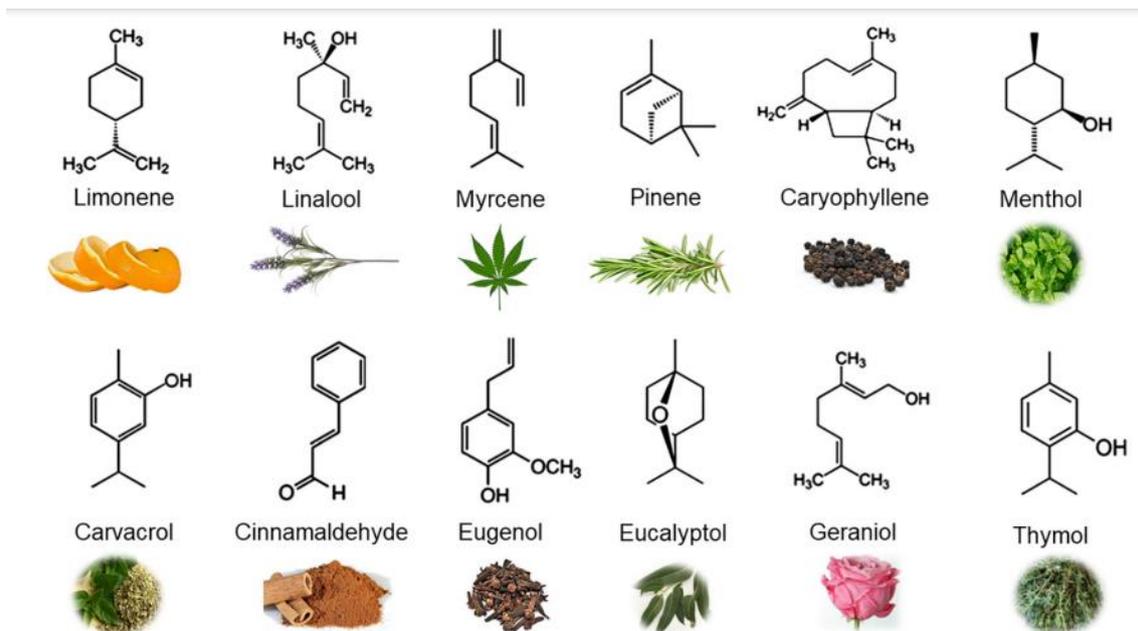


Figura 3. Exemplos de compostos presentes em óleos essenciais (Fonte: VIANNA et al., 2021)

Os grupos funcionais presentes nos óleos essenciais com caráter hidrofóbicos e/ou lipofilicidade geram o caráter antimicrobiano, pois facilitam a penetração desses compostos pelas membranas bacterianas tendo acesso ao interior da célula e causando a atividade inibitória de patógenos no período pós-colheita. As bactérias Gram-positivas são mais inibidas por óleos essenciais, já que estas possuem uma membrana celular mais sensível (VIANNA et al., 2021). Nos fungos, os óleos essenciais rompem a parede celular e as membranas do protoplasma, resultando na desintegração das células mitocondriais (TARIC et al., 2019).

Embora os óleos essenciais apresentem diversas propriedades biológicas interessantes para aplicação em alimentos, eles são voláteis a temperatura ambiente, em grandes concentrações podem ser tóxicos para humanos e podem apresentar forte aroma, alterando assim as características sensoriais dos alimentos (HAYES & MARKOVIC, 2002), para contornar esses pontos negativos a incorporação em revestimentos comestíveis seria uma alternativa viável.

3.4 Efeito da refrigeração na conservação pós-colheita de morangos

A refrigeração é a técnica mais utilizada atualmente para o aumento do tempo de vida dos morangos. Barraqueta et al. 2017, obteve em seus experimentos um aumento do tempo de vida do fruto de 4 a 5 dias, enquanto o tratamento à temperatura ambiente apresentou apenas 2 a 3 dias.

O uso da temperatura é uma das formas de melhorar o tempo de vida do morango juntamente com outras práticas pós-colheita que diminuem a ativação dos processos metabólicos que possam causar a deterioração do fruto. Dentre os processos que a baixa temperatura auxilia, encontra-se a proliferação microbiana, atividade metabólica e redução da perda de umidade (BARRAZUETA et al., 2017).

3.5 Revestimentos com Óleos Essenciais na Preservação da Qualidade Pós-Colheita de Morangos

A aplicação de revestimentos associados com óleos essenciais é uma estratégia para aumentar a vida útil de frutas durante a pós-colheita. A Tabela 1 apresenta uma prospecção bibliográfica sobre os efeitos de revestimentos comestíveis com óleos essenciais na preservação da qualidade pós-colheita de morangos.

Óleos essenciais extraídos de diferentes espécies como alecrim pimenta (*Lippia sidoides*), *Eucalyptus urograndis* (*E. urograndis* W. Hill ex Maiden), casca da laranja (*Citrus sinensis*), limão (*Citrus limon*), limoneno, orégano (*Oreganum compactum*), Tomilho vermelho (*Timo vulgaris*), hortelã-pimenta (*Mentha piperita*), capim-limão (*Cymbopogon citrates*), zatarina (*Zataria multiflora*), Canela (*Cinnamomun zeylanicum*) e Curcuma (*Curcuma longa* L) foram utilizados como agentes antimicrobianos naturais em revestimentos comestíveis baseados em diferentes matrizes biopoliméricas (como carboximetilcelulose [CMC], pectina, quitosana e amido de quitosana) para aplicação na preservação pós-colheita de morangos (Tabela 1) (OLIVEIRA et

al., 2019; DA SILVA et al., 2020; ABDI et al., 2017; VU et al., 2011; MOHAMMADI et al., 2015; YUSOF et al., 2017).

Tabela 1. Prospecção bibliográfica de estudos sobre aplicação de revestimentos com óleos essenciais aplicados na conservação pós-colheita de morangos

Matriz	Óleo Essencial	Referência
Carboximetilcelulose (CMC)	Alecrim pimenta (<i>Lippia sidoides</i>)	(OLIVEIRA et al., 2019)
Quitosana	Tomilho (<i>Thymus vulgaris</i>)	(QUINTANA et al., 2021)
	Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	
Pullulan	Canela (<i>Cinnamomum cassia</i>)	(CHU et al., 2020)
Carboximetilcelulose e quitosana	Hortelã-verde (<i>Mentha spicata</i>)	(SHAHBAZI, Y., 2018)
Carboximetilcelulose (CMC)	Eucalipto staigeriana (<i>Eucalyptus staigeriana</i> F. Muell. ex Bailey)	(DA SILVA et al., 2020)
	Eucalyptus urograndis (<i>E. urograndis</i> W. Hill ex Maiden)	
Alginato e Pectina	Eugenol e citral	(GUERREIRO et al., 2015)
N-succinilquitosana (NSC)	Shiso ou Perilla (<i>Perilla frutescens</i>)	(WANG et al., 2021)
Carboximetilcelulose (CMC)	Alho (<i>Allium sativum</i>)	(DONG, F., & WANG, X., 2017)
Quitosana	Limão (<i>Citrus limon</i>)	(PERDONES et al., 2012)
Pectina	Casca da laranja (<i>Citrus sinensis</i>)	(ABDI et al., 2017)
	Limão (<i>Citrus limon</i>)	
Concentrado proteico de soro de leite	Ajowan (<i>Trachyspermum copticum</i>)	(PANJ et al., 2018)
Quitosana	Cássia (<i>Cinnamomum cassia</i>)	(DONG et al., 2020)
Goma de manjeriço	Equinácea (<i>Echinacea purpurea</i>)	(MORADI et al., 2019)

Quinoa	Timol	(ROBLEDO et al., 2018)
Zeína	Tomilho (<i>Thymus vulgaris</i>)	(ANSARIFAR, E., & MORADINEZHAD, F. 2021)
Quitosana	Limoneno	(VU et al., 2011)
	Orégano (<i>Oreganum compactum</i>)	
	Tomilho vermelho (<i>Timo vulgaris</i>)	
	Hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i>)	
Quitosana modificada	Capim-limão (<i>Cymbopogon citrates</i>)	(VU et al., 2011)
	Limoneno	
Quitosana	Hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i>)	(MOHAMMADI et al., 2015)
	Zatarina (<i>Zataria multiflora</i>)	
Gel de Aloe Vera	Canela (<i>Cinnamomun zeylanicum</i>)	(MOHAMMADI et al., 2021)
	Manjeriçao (<i>Ocimum basilicum</i>)	
Quitosana	Paeonia rockii	(PAGLIARULO et al., 2016)
Mucilagem de semente de marmelo de quiabo	Eryngium planum	(SHAHBAZI et al., 2020)
Gelatina, pectina e cera de abelha	Cravo (<i>Eugenia caryophyllus</i>)	(BARRAZUETA et al., 2018)
Amido de quitosana	Curcuma (<i>Curcuma longa L</i>)	(YUSOF et al., 2017)
Quitosana	Chá verde (<i>Camelia Sinensis Kuntze</i>)	(APRIYANTI., 2018)
Gelatina	Poejo (<i>Mentha pulegium</i>)	(AITBOULAHSEN et al., 2018)

Pectina de maçã e nanocristais de celulose	Capim-limão (<i>Cymbopogon citrates</i>)	(SOUZA VIEIRA DA SILVA et al., 2019)
Quitosana e nanopartículas de prata	Canela (<i>Cinnamomun zeylanicum</i>)	(SHANKAR et al., 2021)
Metilcelulose	Curcumina D - limoneno	(DHITAL et al., 2017)
Pectina	Limão (<i>Citrus limon</i>) Laranja (<i>Citrus sinensis</i>)	(ABDI et al., 2017)
Quitosana	Tomilho vermelho (<i>Timo vulgaris</i>) Lavanda (<i>Lavandula</i>)	(SANGSUWAN., 2016)

Na confecção da tabela foram analisados um total de vinte e nove artigos de diversos autores. É possível analisar que, dentre as publicações, há pouco conteúdo entre os anos de 2011 até 2016 e apenas após o ano de 2017 os números começaram a aumentar (Gráfico 1), isso mostra que os estudos de revestimentos comestíveis aplicados a morango ainda é algo recente e é necessária a realização de mais trabalhos para melhores resultados.

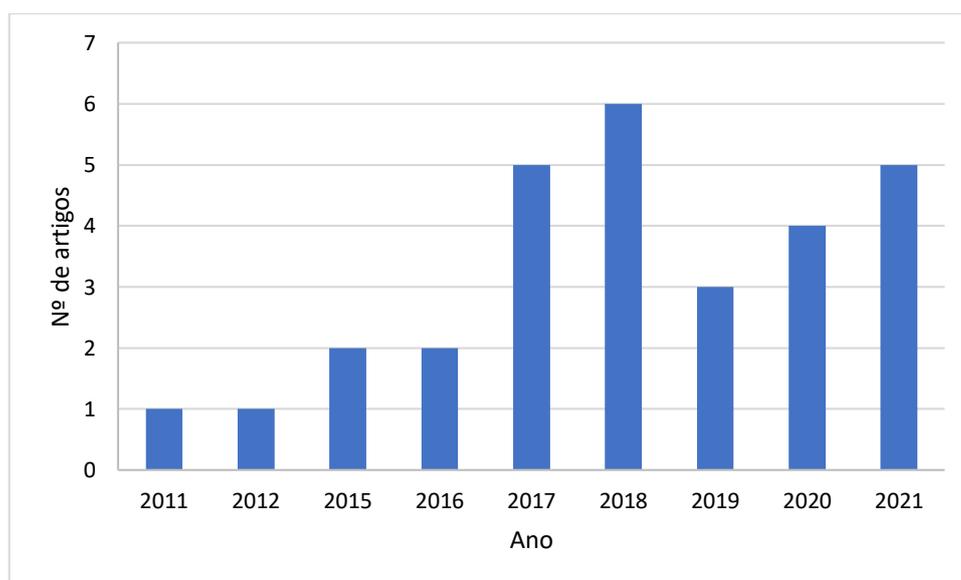


Gráfico 1. Quantidade de artigos publicados por ano sobre revestimentos comestíveis em morangos (Fonte: compilação do autor)

Dentre as matrizes, o biopolímero mais utilizado foi a quitosana, isso se deve à boa atividade antimicrobiana que ela apresenta (AZEVEDO et al., 2007), logo amplificar essa propriedade com a adição de óleos essenciais é o alvo principal das pesquisas. Já os óleos que mais apareceram foram os de especiarias como tomilho (*Thymus vulgaris*), Cravo (*Eugenia caryophyllus*) e Canela (*Cinnamomun zeylanicum*).

3.6 Efeito dos revestimentos com óleos essenciais no controle de doenças pós-colheita de morangos

Os revestimentos comestíveis com óleos essenciais têm demonstrado resultados promissores no controle de doenças pós-colheita de morangos. Oliveira et al. (2019) observaram que o revestimento baseado em caboximetilcelulose (CMC) e óleo essencial de alecrim pimenta (*Lippia sidoides*) na concentração de 250 µl/L foi capaz de controlar o desenvolvimento de *Colletotrichum acutatum* em morangos (OLIVEIRA et al., 2019). Também utilizando CMC, estudo com óleo essencial de eucalipto staigeriana (*Eucalyptus staigeriana* F. Muell. ex Bailey) em concentração de 1.500 µl/L reduziu significativamente o desenvolvimento do fungo *Rizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) em morangos. Entretanto, quando aplicado contra *Botrytis cinerea* não mostrou diferença significativa com o grupo controle (DA SILVA et al., 2020).

Abdi et al. (2017) observaram que o revestimento de pectina com óleo de limão (*Citrus limon*) na concentração de 1% apresentou o melhor resultado na redução do decaimento visível de morangos; já o óleo de casca da laranja (*Citrus sinensis*) em concentrações acima de 1% afetou negativamente, tendo maior deterioração do fruto que o controle.

Revestimentos baseados em quitosana e limoneno e óleos essenciais de orégano (*Oreganum compactum*), Tomilho vermelho (*Timo vulgaris*), hortelã-pimenta (*Mentha piperita*), capim-limão (*Cymbopogon citrates*), ao final do tempo do experimento (12 dias) os resultados de inibição foram dados pelos níveis de decomposição. Os melhores valores foram observados no tomilho vermelho e hortelã-pimenta com 30%, seguidos do limoneno com 40% já que o grupo controle apresentou 50% de deterioração. Os óleos essenciais de capim-

limão e orégano apresentaram 80% e 60% de deterioração, respectivamente, no dia 12, porém, tiveram bons resultados até o dia 6 de análise, podendo concluir que possuem atividade antimicrobiana mais fraca que os outros óleos testados. Isso foi justificado com o fato de que esses dois óleos são mais voláteis, tornando seu tempo de ação menor (VU et al., 2011).

Outro estudo apontou bons resultados contra o *Botrytis cinerea* com revestimento de quitosana e óleos essenciais de zatarina (*Zataria multiflora*) e Canela (*Cinnamomun zeylanicum*) em concentração de 0,15%. Os revestimentos com óleos essenciais apresentaram maiores taxas de inibição contra o fungo após sete dias de armazenamento em comparação ao controle ou as amostras em que ambos os óleos foram misturados (MOHAMMADI et al., 2015). Revestimentos à base de amido de quitosana e óleo de Cúrcuma (*Curcuma longa L*) na concentração 15 µl apresentaram uma diferença significativa na avaliação visual da deterioração dos morangos (YUSOF et al., 2017).

3.7 Efeito dos revestimentos com óleos essenciais nos parâmetros físico-químicos de morangos durante a pós-colheita

Os revestimentos comestíveis associados com óleos essenciais podem melhorar a estabilidade de morangos durante o armazenamento, minimizando a perda de massa e alterações no pH, acidez titulável, teor de sólidos solúveis e textura dos frutos (MORADI et al. 2019; CHU et al., 2020; DONG et al., 2020).

Quando analisada a eficiência dos revestimentos na perda e peso dos morangos, Wang et al. (2021) observaram que morangos recobertos com revestimentos de N-succinilquitosana (NSC) e óleo essencial de shiso (*Perilla frutescens*) em concentração de 1,5%, apresentaram uma diminuição na perda de massa em relação ao grupo controle. O mesmo comportamento foi observado no revestimento de carboximetilcelulose com óleo de alho (*Allium sativum*) em concentração 2%. Após seis dias de análises os morangos apresentaram uma perda de massa de 9,11%, enquanto o grupo controle apresentou 24,73%. Quando a concentração foi aumentada para 3% de óleo a perda de massa aumentou para 11,85% (DONG & WANG et al., 2017).

Moradi et al. (2019) relataram que os morangos recobertos com revestimentos de goma de manjeriço adicionados de óleo de equinácea (*Echinacea purpúrea*) na concentração 3%, após os vinte dias de armazenamento, apresentaram menor perda de massa para (11,90%) que os frutos sem revestimento (17,60%). Esse comportamento ocorre porque o revestimento cria uma camada de proteção ao redor do morango que, somado aos óleos essenciais na estrutura, dificulta a interação do fruto com o meio externo diminuindo a taxa de respiração (perda de massa por CO₂) e permeabilidade a vapor de água (perda de massa por evaporação de H₂O) (MORADI et al., 2019).

No entanto, existem casos em que a taxa de perda de massa é maior nos frutos revestidos que nos controles. Guerreiro et al. (2015) e Dong & Wang (2017) observaram que morangos revestidos com alginato e pectina com OEs de eugenol e citral e carboximetilcelulose com óleo de alho 3% tiveram uma maior perda de massa que os frutos controle. Isso foi atribuído à formação de uma estrutura porosa nos revestimentos, facilitando o movimento das moléculas de água e a troca gasosa com o meio (VIANNA et al., 2021).

A firmeza é uma característica importante para a qualidade física, principalmente quando pensamos no valor econômico do morango e, para uma boa aceitação, ele deve ter uma firmeza oscilando entre 9,8 e 11,5 N (BARRAZUETA et al., 2018). Barrazueta et al. (2018) também relataram que morangos recobertos com revestimentos de gelatina com óleo de cravo (*Eugenia caryophyllus*) apresentaram uma diminuição da perda de textura (9,92 N) comparado ao grupo controle (frutos sem revestimento e OEs). O mesmo resultado foi observado para os revestimentos de pullulan com óleo de Canela (*Cinnamomun cassia*) que diminuíram cerca de 12% em comparação ao início do experimento, e o grupo controle apresentou uma perda de 30% da firmeza (CHU et al., 2020). Podem existir casos como os revestimentos de gelatina com óleo de Poejo (*Mentha pulegium*) que não afetam a textura significativamente (AITBOULASEN et al., 2018).

A redução da perda de firmeza pelos revestimentos está relacionada com a limitação das trocas gasosas oferecidas pelo revestimento, reduzindo a atividade da pectinesterase e poligalacturonase e mantendo a textura dos morangos (MAFTOONAZAD, N., RAMASWAMY, H.S.A., 2005). Durante o

armazenamento, o morango perde a textura devido à degradação da parede celular e lamela média, aumentando a perda de água e possibilidade de infecção microbiana. A atividade antifúngica dos OEs atua diretamente na diminuição da proliferação desses fungos e conseguindo manter a textura por mais tempo (MORADI et al., 2019).

Os sólidos solúveis presentes nas polpas das frutas são compostos responsáveis pelo sabor (em sua maior parte açúcares) e, conseqüentemente, um dos fatores de aceitação do público. Morangos recobertos com revestimento de quitosana e óleos de tomilho (*Thymus vulgaris*)/alecrim [*Rosmarinus officinalis* L.] apresentaram uma maior estabilidade nos valores de sólidos solúveis em comparação com os grupos de controle (QUINTANA et al., 2021). Os revestimentos de quitosana com óleo de Cássia (*Cinnamomum cassia*) 2% apresentaram um valor de sólidos solúveis maior que o controle sendo 8,93% e 5,53%, respectivamente (DONG et al., 2020).

A variação de sólidos solúveis durante o armazenamento dos morangos está diretamente relacionada com dois fatores, a perda de água e a degradação da parede celular do fruto (TANADA-PALMU, GROSSO, 2005). Dessa maneira os revestimentos influenciam positivamente para a preservação do teor de sólidos solúveis dos morangos.

Acidez titulável é utilizada para determinar a quantidade de ácidos presentes na fruta, o controle desse valor é diretamente ligado à quantidade de água que o fruto pode perder durante o período de pós-colheita, gerando a concentração de ácidos orgânicos como o ácido cítrico; estes ácidos também atuam nas reações enzimáticas dos processos de respiração (SHAHBAZI et al., 2020). Logo, o resultado esperado é que o valor aumente o mínimo possível durante esse período (DHITAL et al., 2017).

Algumas combinações de revestimentos como: carboximetilcelulose e quitosana com óleo de Hortelã-verde (*Mentha spicata*) em concentração de 0,2% apresentou o menor valor de acidez titulável, tendo um valor inicial de 0,65g de ácido cítrico/100g e, após doze dias de experimento, aumentou para 0,85g/100g (SHAHBAZI, Y., 2018). A mucilagem de semente de marmelo de quiabo com óleo de *Eryngium planum* foi testada com duas concentrações do óleo 0,5% e 1%; na análise de acidez titulável apresentaram o valor inicial de 0,61g/100g de ácido cítrico e no final da análise, após doze dias, retardou o

aumento da acidez para 0,7 e 0,78g/100g para as respectivas concentrações (SHAHBAZI et al., 2020). Outro experimento foi realizado com zeína e óleo de tomilho (*Thymus vulgaris*) que obtiveram uma diminuição da porcentagem de acidez titulável, onde no dia zero apresentou um valor de 0,83% e no dia quinze um valor de 0,55%. Esse resultado foi atribuído à perda de ácidos orgânicos que provavelmente foram utilizados no processo de respiração do morango (ANSARIFAR, E., MORADINEZHAD, F., 2021).

Os valores de pH dos morangos podem variar de acordo com as mudanças bioquímicas dos ácidos orgânicos presentes na fruta do morango, esses podem oxidar, gerando, assim, uma variação do pH. As mudanças mais perceptíveis geralmente são encontradas nos primeiros dias de análise, isso mostra que os revestimentos podem diminuir essas reações conforme os compostos bioativos são liberados (ABDI et al., 2017).

Estudos com revestimentos compostos de pectina e óleo de limão (*Citrus limon*) na concentração 1% aumentaram os valores de pH em menor proporção do que o controle, sendo 5,97% e 6,98%, respectivamente (ABDI et al., 2017). Outro teste com metilcelulose e óleo de curcumina apresentaram um aumento gradual, porém não significativo quando comparado com o controle (DHITAL et al., 2017).

Dessa forma, alguns revestimentos apresentam atuações importantes em fatores físico-químicos e atividade antimicrobiana; os experimentos de combinação desses fatores é de vital importância para obter revestimentos cada vez melhores para utilização na pós-colheita dos alimentos.

3.8 Efeito dos revestimentos com óleos essenciais nos parâmetros sensoriais de morangos durante a pós-colheita

A qualidade dos alimentos pode ser um conceito complexo, pois, quando queremos definir o grau de excelência do produto, fatores como características nutricionais, microbiologias ou físico-químicas não definem da melhor maneira possível, por isso deve se atribuir a fatores sensoriais que são as características mais consideradas por consumidores (CARDELLO, AV., 1995).

Quando se tem como objetivo a comercialização do produto é fundamental entender e identificar os fatores de qualidade que os consumidores irão levar em consideração quando forem adquiri-los. A melhor maneira de obter esses dados é através de análise sensorial.

Existem diversos fatores que podem influenciar a qualidade sensorial dos morangos: cor, forma, peso, frescor, aroma, textura e doçura, são alguns desses pontos (CARPENEDO et al., 2016). Para a avaliação é selecionado um número de pessoas que irá analisar cada fator sensorial importante do morango. A quantidade de pessoas e o método podem variar, dependendo da referência que o experimentador optar por utilizar. A Tabela 2 é um exemplo de pontos a serem analisados durante a análise sensorial descritiva quantitativa desenvolvida por Stone et al. (1974).

Tabela 2. Atributos, definições e referências utilizadas para a avaliação sensorial de morangos (CARPENEDO et al., 2016)

Aparência	Definição	Referências
Cor	Cor vermelha na superfície externa do fruto	Claro: vermelho-claro Escuro: vermelho-escuro
Uniformidade da cor	Ausência de manchas	Uniforme: sem manchas Desuniforme: frutos com cor irregular (manchados)
Brilho	Aparência brilhante na superfície externa do fruto	Ausente: morangos maduros 3 dias após a colheita (murchos) Muito: morangos maduros recém colhidos
Defeitos	Presença de deformidades nos frutos (defeitos leves e graves)	Leves: deformações e cicatrizes Graves: machucados, amassados, podridão e frutos imaturos
Sabor		
Gosto doce	Sensação percebida associada à presença de sacarose	Ausente: água Muito: solução de sacarose 16%
Gosto ácido	Sensação percebida associada à presença de ácidos	Ausente: água Muito: solução de ácido cítrico 0,20%
Sabor característico	Característico da fruta madura	Morango maduro
Sabor estranho	Sensação característica do produto imaturo e/ou alterado	Purê de morangos maduros levemente fermentado Purê de morangos verdes Purê de morangos maduros + solução de cafeína (0,15)
Textura		
Maciez	Força necessária para deformar as amostras entre os molares	Ausente: bala (tipo Soft) Muito: azeitona em conserva, sem caroço
Suculência	Quantidade de líquido liberado pela amostra ao ser mastigada	Ausente: banana (1 fatia 2 cm) Muito: Laranja (1 gomo)

Dessa forma, é desenvolvida uma ficha de avaliação, estas são baseadas em algum tipo de escala como, por exemplo, para o tópico “sabor estranho” é atribuída pelo candidato uma nota de 1 a 9, onde 1 é sem sabor estranho e 9 é forte sabor estranho. Utilizando isso como base, uma nota é

atribuída a cada um dos tópicos previamente selecionados e obtém-se uma relação da aceitabilidade sensorial dos frutos analisados perante o consumidor (CARPENEDO et al., 2016).

Moradi et al, (2019), em seus experimentos com morangos revestidos de goma de manjerição e equinácea (*Echinacea purpurea*), obtiveram bons dados nos estudos sensoriais. Em relação aos atributos sabor e odor, não foram encontradas diferenças entre os morangos revestidos e os não revestidos. Os fatores que melhoraram significativamente durante os vinte dias de experimentos foram a cor, textura e as pontuações gerais dos morangos revestidos.

Shabazi et al. (2020), durante os testes do revestimento composto de mucilagem de semente de marmelo de quiabo e óleo essencial de *Eryngium planum*, observaram que os morangos não revestidos obtiveram as piores notas de odor, cor e aceitabilidade geral a partir do 4º dia do experimento; o oposto foi relatado pelas amostras com o revestimento, obtendo notas significativamente melhores.

De forma geral, os revestimentos comestíveis com a adição de óleos essenciais refletem positivamente nos parâmetros sensoriais dos morangos, gerando, assim, uma aceitabilidade maior do consumidor final.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que a aplicação de revestimentos comestíveis com óleos essenciais pode melhorar os parâmetros de qualidade como pH, perda de massa, textura, sólidos solúveis e acidez titulável e, principalmente, as doenças pós-colheita dos morangos durante o armazenamento.

Existem inúmeras combinações de biopolímeros e óleos essenciais que podem demonstrar bons resultados na manutenção da qualidade dos morangos durante o período pós-colheita; sendo assim, mais pesquisas são necessárias para testar esses possíveis revestimentos.

Desta forma, a aplicação de revestimentos comestíveis associados com óleos essenciais pode ser uma alternativa promissora em substituição aos fungicidas químicos sintéticos para o controle de doenças e prolongamento da vida útil de morangos.

5 REFERÊNCIAS

ABBEY et al., 2018. "Biofungicides as alternative to synthetic fungicide control of grey mould (*Botrytis cinerea*) – prospects and challenges". *Biocontrol Science and Technology* 29(3):1–22.

ABDI et al., 2017. "Application of pectin coating containing essential oil for increasing quality of strawberry fruit". *Journal of Postharvest Technology* 5 (4):83-94.

AHMAD, H. e MATSUBARA, Y. 2020. "Suppression of anthracnose in strawberry using water extracts of lamiaceae herbs and identification of antifungal metabolites". *The Horticulture Journal* 1–8.

AIBOULAHSEN et al., 2018. "Gelatin-Based edible coating combined with *mentha pulegium* essential oil as bioactive packaging for strawberries". *Journal of Food Quality* 1–7.

ANDRADE et al., 2012. "Sistemas de atomização por pulverização para aplicação de revestimentos comestíveis". *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 11:323–337.

ANSARIFAR, E., & MORADINEZHAD, F. 2021. "Preservação da qualidade do morango com o uso de embalagem ativa com óleo essencial de tomilho encapsulado em filme de nanofibra de zeína". *Jornal Internacional de Ciência e Tecnologia de Alimentos*.

APRIYANTI et al., 2018. "Edible coating from green tea extract and chitosan to preserve strawberry (*Fragaria vesca* L.)". *MATEC Web of Conferences* 156:01022.

ATILENO et al., 2019. "Influência de métodos de aplicação de revestimento na qualidade pós-colheita da mandioca". *Int. J. Food Sei.* 2019, 2148914.

AZEVEDO et al., 2007. "Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais". *Revista Eletrônica de Materiais e Processos.* 2.3:27-34.

BALDWIN et al., 1995. "Efeito de revestimentos e condições de armazenamento prolongado em voláteis de sabor de laranja fresca, graus brix e níveis de ácido ascórbico". J. Agric. Food Chem. 43:1321–1331.

BARRAZUETA ROJAS et al., 2018. "Physicochemical properties and application of edible coatings in strawberry (*Fragaria x Ananassa*) preservation". Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 71(3):8631-8641.

BURDOCK, GA, & CARABIN, IG. 2004. "Geralmente reconhecido como seguro (GRAS): história e descrição". Toxicology Letters 150(1):3-18.

CARDELLO, AV., 1995. "Food quality: Relativity, context and consumer expectations". Food Quality and Preference 6:163-170.

CARPENEDO, et al., 2016. "Caracterização sensorial de morangos cultivados na região de Pelotas". Horticultura Brasileira. 34(4).

CHU et al., 2020. "Improvement of storage quality of strawberries by pullulan coatings incorporated with cinnamon essential oil nanoemulsion". LWT, 109054.

DA SILVA et al., 2020. "Essential oils from *Eucalyptus staigeriana* F. Muell. ex Bailey and *Eucalyptus urograndis* W. Hill ex Maiden associated to carboxymethylcellulose coating for the control of *Botrytis cinerea* Pers. Fr. and *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. in strawberries". Industrial Crops and Products 156:112884.

DE OLIVEIRA FILHO et al., 2021. "Chemical composition and antifungal activity of essential oils and their combinations against *Botrytis cinerea* in strawberries". Journal of Food Measurement and Characterization 15.2: 1815-1825.

DHITAL et al., 2017. "Integrity of edible nano-coatings and its effects on quality of strawberries subjected to simulated in-transit vibrations". LWT Food Sci. Technol. 80:257–264.

DONG et al., 2020. “Efeito do revestimento comestível e do sistema de emulsão antifúngica no *Colletotrichum acutatum* e na vida útil de morangos”. Vietnam Journal of Chemistry 58(2):237–244.

FLORES CANTILLANO et al., 2003. “Fisiologia e manejo pós-colheita”. In: FLORES CANTILLANO, R. F. Morango pós-colheita. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. Frutas do Brasil 42:14-24.

GIAMPIERI et al., 2012. “The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health”. Nutrition, 28(1):9–19.

GIOVANNONI, J. 2001. “Biologia molecular da maturação e amadurecimento dos frutos”. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto 52:725-749.

GIOVANNONI, JJ. 2004. “Genetic regulation of fruit development and ripening”. The Plant Cell. 16:170-180.

GOKIRMAKLI et al., 2019. “Antioxidant properties of strawberry vinegar”. International Journal of Food Engineering 5(3):171–74.

GUERREIRO et al., 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.

HAYASHI et al., 2010. “Evaluation of a strawberry-harvesting robot in a field test”. Biosystems Engineering 105:160-171.

HAYES, A. J., MARKOVIC, B. 2002. Food Chem 40:535.

JIMÉNEZ-REYES et al., 2019. “Natural compounds: A sustainable alternative to the phytopathogens control”. Journal of the Chilean Chemical Society 64(2):4459–65.

KAMNEVA et al., 2017. “Evaluating allopolyploid origins in strawberries (*Fragaria*) using haplotypes generated from target capture sequencing”. BMC Evolutionary Biology 17(1):1–20.

KARIMI et al., 2016. "Archives of Phytopathology and Plant Protection Antifungal activity of the dill (*Anethum graveolens L.*) seed essential oil against strawberry anthracnose under in vitro and in vivo conditions". Archives of Phytopathology and Plant Protection 49(19–20):554–66.

KHODAEI et al., 2021. "Karboune, Compositional diversity and antioxidant properties of essential oils: predictive models". LWT Food Sci. Technol. 138:110684.

KNOTHE, G. 2005. "The chemistry of oils and fats". J. Sci. Food Agric. 85:2325.

MAFTOONAZAD, N., RAMASWAMY, H.S.A., 2005. "Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coating". L.W.T. 38:617–624.

MANCIANTI, F., EBANI, V.V., 2020. "Biological activity of essential oils". Molecules 25(3):678.

MD NOR, S., & DING, P. 2020. "Tendências e avanços no revestimento de biopolímero comestível para frutas tropicais: uma revisão". Food Research International, 109208.

MIRANDA et al., 2020. "Nano-and Micro-Carnauba Wax Emulsions versus Shellac Protective Coatings on Postharvest Citrus Quality". Geléia. Soc. Hortic. Sci.1:1–10.

MORADI et al., 2019. "Efeito do revestimento comestível à base de goma de manjeriço enriquecido com extrato de equinácea na vida útil pós-colheita de morangos frescos". Journal of Food Measurement and Characterization.

MOHAMMADI et al., 2015. "O controle da podridão do fruto de *Botrytis* em morango usando tratamentos combinados de Quitosana com óleo essencial de *Zataria multiflora* ou *Cinnamomum zeylanicum*". Journal of Food Science and Technology 52(11):7441–7448.

OLIVEIRA et al., 2019. "Antifungal activity of essential oils associated with carboxymethylcellulose against *Colletotrichum acutatum* in strawberries". *Scientia Horticulturae* 243:261-267.

PAGLIARULO et al., 2016. "Preservation of strawberries with an antifungal edible coating using peony extracts in chitosan". *Food and Bioprocess Technology*, 9(11):1951–1960.

PANI et al., 2018. "Effect of whey protein concentrate edible coating and *trachyspermum copticum* essential oil on the microbial, physicochemical and organoleptic characteristics of fresh strawberries during storage". *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences* 23(4):53-67.

PERDONES et al., 2012. "Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry". *Postharvest Biology and Technology* 70:32–41.

PINZON et al., 2020. "Original article Increasing shelf life of strawberries (*Fragaria ssp*) by using a banana starch-chitosan-Aloe vera gel composite edible coating". *International Journal of Food Science and Technology* 55(1):92–98.

PROTEGGENTE et al., 2002. "The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition". *Free Radical Research* 36(2):217–233.

QUINTANA et al., 2021. "Comparison between essential oils and supercritical extracts into chitosan-based edible coatings on strawberry quality during cold storage". *The Journal of Supercritical Fluids* 171:105198.

QUIRÓS-SAUCEDA et al., 2014. "Edible coatings as encapsulating matrices for bioactive compounds: a review". *Journal of Food Science and Technology* 51(9): 1674–1685.

ROBLEDO et al., 2018. "Effects of antimicrobial edible coating of thymol nanoemulsion/quinoa protein/chitosan on the safety, sensorial properties, and

quality of refrigerated strawberries (*Fragaria × ananassa*) under commercial storage environment". *Food and Bioprocess Technology* 11(8):1566–1574.

SAFITRI et al., 2020. "Refining citronella oil (*Cymbopogon nardus L*) by utilizing sunlight using solar cells (photovoltaics)". *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 854:12051.

SANGSUWAN et al., 2016. "Effect of chitosan beads incorporated with lavender or red thyme essential oils in inhibiting *Botrytis cinerea* and their application in strawberry packaging system". *LWT* 74:14–20.

SAMTANI et al., 2019. "The status and future of the strawberry industry in the United States". *HortTechnology* 29(1):11–24.

SATISH KUCHI V., & SAI RATNA SHARAVANI, C. 2019. "Fruit Physiology and Postharvest Management of Strawberry". *Strawberry - Pre- and Post-Harvest Management Techniques for Higher Fruit Quality*.

SENTURK et al., 2018. "Efeito das técnicas de imersão e impregnação a vácuo com revestimento à base de alginato nos parâmetros de qualidade física do melão Cantalupo". *J. Food Sei.* 83:929–936.

SHAHBAZI, Y. 2018. "Aplicação de revestimentos de carboximetilcelulose e quitosana contendo óleo essencial de *Mentha spicata* em morangos frescos". *International Journal of Biological Macromolecules* 112:264-272.

SHAHBAZI et al., 2020. "Development of edible bioactive coating based on mucilages for increasing the shelf life of strawberries". *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1):394–405.

SHANKAR et al., 2021. "Efeito do acondicionamento de filmes compostos de quitosana / óleos essenciais / nanopartículas de prata e irradiação gama na vida útil de morangos". *Hidrocoloides alimentares* 117:106750.

SIEDLISKA et al., 2018. "Detection of fungal infections in strawberry fruit by VNIR/SWIR hyperspectral imaging". *Postharvest Biology and Technology* 139(January):115–26.

STONE et al., 1974. "Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis". *Food Technology* 28:24-34.

SOUZA VIEIRA DA SILVA et al., 2019. "Edible coatings based on apple pectin, cellulose nanocrystals, and essential oil of lemongrass: Improving the quality and shelf life of strawberries (*Fragaria Ananassa*)". *Journal of Renewable Materials* 7(1):73–87

TANADA-PALMU, P.S., GROSSO, C.R.F., 2005. "Effect of edible wheat glutenbased films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality". *Postharvest Biol. Technol.* 36:199–208.

VALDÉS et al., 2017. "Estado da arte em revestimentos comestíveis antimicrobianos para aplicações em embalagens de alimentos". *Coatings* 7:56.

VALIANTE et al., 2019. "Environmental impact of strawberry production in Italy and Switzerland with different cultivation practices". *Science of the Total Environment* 664:249–61.

VIANNA et al., 2021. "Essential oils as additives in active starch-based food packaging films: A review". *International Journal of Biological Macromolecules*, 182:1803–1819.

VU et al., 2011. "Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries". *Food Research International* 44(1):198–203.

WANG et al., 2021. "Composite chitosan films prepared using nisin and *Perilla frutescense* essential oil and their use to extend strawberry shelf life". *Food Bioscience* 41:101037.

WANI et al., 2020. "An updated and comprehensive review of the antiviral potential of essential oils and their chemical constituents with special focus on their mechanism of action against various influenza and coronaviruses". *Microb. Pathog* 104620.

YUSOF et al., 2017. "Effect of concentration of *Curcuma longa* L. on chitosan–starch based edible coating". *Journal of Physics: Conference Series* 885: 012008.