



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
TOCANTINS CAMPUS ARAGUATINS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO SUSTENTÁVEL**

**KÉSIA LAÍS NERI COELHO BRAUNO**

**ATMOSFERA MODIFICADA COM FOCO EM REVESTIMENTOS  
COMESTÍVEIS PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTAS:  
UMA REVISÃO SISTÊMICA**

**ARAGUATINS-TO  
2023**

**KÉSIA LAÍS NERI COELHO BRAUNO**

**ATMOSFERA MODIFICADA COM FOCO EM REVESTIMENTOS  
COMESTÍVEIS PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTAS:  
UMA REVISÃO SISTÊMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Desenvolvimento Agropecuário Sustentável do Instituto Federal do Tocantins – *Campus* Araguatins, como exigência à obtenção do título de Especialista em Desenvolvimento Agropecuário Sustentável.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Roberta de Freitas Souza Lobo.

ARAGUATINS-TO  
2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins**

---

B825a Brauno, Késia Laís Neri Coêlho  
Atmosfera modificada com foco em revestimentos comestíveis  
para conservação pós-colheita de frutas: Uma revisão sistêmica /  
Késia Laís Neri Coêlho Brauno. – Araguatins, TO, 2023.  
40 p.

Artigo (Especialização em Desenvolvimento Agropecuário  
Sustentável) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia  
do Tocantins, Campus Araguatins, Araguatins, TO, 2023.

Orientador: Roberta de Freitas Souza Lobo

1. resíduos orgânicos. 2. armazenamento. 3. vida útil. I. Lobo,  
Roberta de Freitas Souza. II. Título.

**CDD 630**

---

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins  
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a).



Ministério da Educação  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins  
Campus Araguatins

Coordenação do Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Desenvolvimento Agropecuário Sustentável

## FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “ATMOSFERA MODIFICADA COM FOCO EM REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTAS: UMA REVISÃO SISTÊMICA”

AUTORA: **Késia Laís Neri Coelho Brauno**

ORIENTADORA: **Prof.ª Dr.ª Roberta de Freitas Souza Lobo**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Desenvolvimento Agropecuário Sustentável.

Aprovado em 30 de outubro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Roberta de Freitas Souza Lobo, Membro**, em 30/10/2023, às 17:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raimundo Laerton de Lima Leite, Membro**, em 30/10/2023, às 17:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leandro Jose de Oliveira Boaventura, Membro**, em 30/10/2023, às 17:56, 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 [http://sei.ifto.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ifto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2151774** e o código CRC **F08355A6**.

Ao meu marido Danyllo, e nossos  
filhos Noemi e Levi, que  
impulsionam todos os meus  
feitos, e me dão alegria de viver  
todos os dias,

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Supremo criador, meu Deus Jeová, pela minha vida e oportunidade de ir e vir em busca dos meus sonhos. Sem Ele eu não poderia estar escrevendo agora.

Ao meu amado marido, e meu melhor amigo, que, nem sempre paciente (risos), tem estado ao meu lado durante todos os meus dias enquanto acadêmica.

A minha mãe Lourdes Neri, por ter me incentivado desde bem pequena a sempre buscar aquilo que ninguém jamais irá me tirar – o conhecimento. Hoje eu sei que a senhora fez sempre o melhor que podia no momento por nós.

Aos meus filhos Noemi e Levi, que me dão o combustível para seguir, apesar das inúmeras adversidades que me rodeiam. Meus pituquinhos, eu amo vocês!

Com carinho especial, agradeço a Karollayne, a quem chamo de Karol, por cuidar do meu bebê Levi. Sem sua ajuda esse trabalho teria sido ainda mais difícil.

Não poderia também deixar de agradecer aos meus sogros José e Hilnamária, e minha cunhada Mariana pelo cuidado e atenção dadas aos meus filhos durante a elaboração deste trabalho. Obrigada por tudo!

Também sou muitíssimo grata a minha orientadora, Dra. Roberta de Freitas Souza Lobo por confiar na minha capacidade de realizar este trabalho, pela sua contribuição para minha formação científica, sempre de modo muito empático. Obrigada por ser uma profissional tão humana.

Sou grata a todos os professores desta pós-graduação, mas em especial aos professores Raimundo Laerton, Roberta de Freitas e Leandro Boaventura pela sua empatia para comigo enquanto gestante e puérpera, momentos estes um tanto delicados. Muito Obrigada, e que Jeová Deus os recompense com seu amor leal. E, por fim, a todos os colegas de curso desta jornada e os demais colaboradores do IFTO – campus Araguatins, que contribuíram direta ou indiretamente para este momento.

“Uma geração vai e outra  
geração vem, Mas a Terra  
permanece para sempre.”  
- Eclesiastes 1:4.

## RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas, destacando-se pela vasta diversidade, incluindo frutas tropicais, subtropicais e de clima temperado. Contudo, as perdas pós-colheita têm crescido à medida que se aumenta a produção. Com isto, é emergente a necessidade do desenvolvimento e caracterização de novas tecnologias de conservação para manutenção da qualidade das frutas durante o período de pós-colheita. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi apresentar uma revisão bibliográfica sistêmica com informações atuais sobre o uso da atmosfera modificada com foco em revestimentos comestíveis para conservação pós-colheita, e propiciar, por meio destas informações, novas perspectivas para trabalhos futuros, a fim de contribuir para a sustentabilidade de todos os elos inseridos na cadeia de frutas. Os trabalhos foram procurados na base de dados do Scielo, Google Acadêmico, Portal CAPES e Science Direct a partir de 2017, utilizando-se as palavras-chave: revestimentos comestíveis; filmes comestíveis; biopolímeros; embalagens biodegradáveis; conservação de alimentos; qualidade pós-colheita; filmes compósitos e nanocompósitos; atmosfera modificada; armazenamento. As pesquisas mostram que a atmosfera modificada obtida por meio de revestimentos comestíveis pode reduzir o processo respiratório, inibir a proliferação de patógenos, e atuar como carreadores de aditivos antimicrobianos e antioxidantes nas frutas. A incorporação de óleos essenciais e/ou nano partículas de óxido de zinco aos revestimentos comestíveis tem se destacado como alternativa ao uso de produtos químicos sintéticos. O uso de revestimentos comestíveis baseados em resíduos orgânicos em frutas atende a demanda por sistemas alimentares sustentáveis, já que mantém a qualidade e vida útil dos frutos, e ainda propõe um destino final aos resíduos. No entanto, ainda há escassez de pesquisas nesta narrativa, por isto, sugere-se a elaboração de estratégias quanto ao uso de resíduos orgânicos na formulação de revestimentos comestíveis, inclusive para aplicação comercial em grande escala, considerando minuciosamente a contribuição dessa estratégia para a sustentabilidade de todos os elos inseridos na cadeia de frutas.

**Palavras-chave:** resíduos orgânicos; armazenamento; vida útil.



## **ABSTRACT**

Brazil is one of the world's largest fruit producers, standing out for its vast diversity, including tropical, subtropical and temperate fruits. However, post-harvest losses have increased as production increases. As a result, there is an emerging need to develop and characterize new conservation technologies to maintain fruit quality during the post-harvest period. In this context, the objective of this work was to present a systemic bibliographic review with current information on the use of modified atmosphere with a focus on edible coatings for post-harvest conservation, and to provide, through this information, new perspectives for future work, in order to contribute to the sustainability of all links in the fruit chain. The works were searched in the Scielo, Google Scholar, CAPES Portal and Science Direct databases from 2017 onwards, using the keywords: edible coatings; edible films; biopolymers; biodegradable packaging; food preservation; post-harvest quality; composite and nanocomposite films; modified atmosphere; storage. Research shows that the modified atmosphere obtained through edible coatings can reduce the respiratory process, inhibit the proliferation of pathogens, and act as carriers of antimicrobial and antioxidant additives in fruits. The incorporation of essential oils and/or zinc oxide nanoparticles into edible coatings has emerged as an alternative to the use of synthetic chemicals. The use of edible coatings based on organic residues on fruits meets the demand for sustainable food systems, as it maintains the quality and shelf life of the fruits, and also proposes a final destination for the residues. However, there is still a lack of research in this narrative, therefore, it is suggested that strategies be developed regarding the use of organic waste in the formulation of edible coatings, including for large-scale commercial application, carefully considering the contribution of this strategy to sustainability. of all links inserted in the fruit chain.

**Keywords:** organic waste; storage; lifespan.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Fundamentação Teórica</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Processo respiratório pós-colheita</b> .....	<b>12</b>
<b>3.2</b>	<b>Perdas Pós-colheita de Frutas</b> .....	<b>13</b>
<b>3.3</b>	<b>Atmosfera Modificada</b> .....	<b>14</b>
<b>3.4</b>	<b>Tipos de Revestimentos</b> .....	<b>16</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Filme de Policloreto de Vinila</b> .....	<b>16</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Revestimentos e Filmes Comestíveis</b> .....	<b>17</b>
<b>3.4.2.1</b>	<b>Polissacarídeos</b> .....	<b>20</b>
<b>a)</b>	<b>Alginato</b> .....	<b>20</b>
<b>b)</b>	<b>Quitosana</b> .....	<b>21</b>
<b>c)</b>	<b>Amido</b> .....	<b>23</b>
<b>3.4.2.2</b>	<b>Proteínas</b> .....	<b>24</b>
<b>a)</b>	<b>Zeína</b> .....	<b>25</b>
<b>3.4.2.3</b>	<b>Lipídios</b> .....	<b>25</b>
<b>a)</b>	<b>Ceras</b> .....	<b>27</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Aditivos incorporados aos revestimentos comestíveis</b> .....	<b>28</b>
<b>a)</b>	<b>Nanopartículas de Óxido de Zinco (ZnO nano)</b> .....	<b>29</b>
<b>b)</b>	<b>Óleos Essenciais</b> .....	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas, destacando-se pela vasta diversidade, incluindo frutas tropicais, subtropicais e de clima temperado (FAOSTAT, 2021), cujo consumo tem sido designado como componente imprescindível para assegurar a saúde, boa nutrição e prevenção de doenças crônicas (FAO, 2022). Consequentemente tem havido uma grande conscientização por parte dos consumidores quanto à nutrição, qualidade e segurança dos produtos frescos (NIDA FIRDOUS et al., 2023).

Por terem, em sua maioria, vida de prateleira reduzida, a conservação de produtos de origem vegetal *in natura* e minimamente processados é um grande obstáculo. O setor de frutas, legumes e verduras (FLVs) é o que tem apresentado maiores perdas e desperdícios no decurso de sua cadeia produtiva, contabilizando 40 a 50% anualmente (FAO, 2022).

A técnica de conservação mais utilizada para estes alimentos pós-colheita é a refrigeração. Contudo, é onerosa, e frutas tropicais são sensíveis ao frio e podem exibir características indesejáveis como mudanças na taxa de respiração e liberação de etileno, escurecimento da casca e/ou polpa, menor resistência ao ataque de microrganismos e perda de sabor e aroma, conhecido como injúria pelo frio ou *chilling injury* (MORGADO et al., 2022)

No que diz respeito ao controle de patógenos nos frutos, a alternativa mais comumente empregada para diminuir as perdas pós-colheita de frutas é o uso de produtos químicos sintéticos. Contudo, a resistência de determinados microrganismos e a toxicidade destes produtos restringem seu uso (AMARAL et al., 2017; DEMARTELAERE et al., 2018).

Por consequência, embalagens com atmosfera modificada passiva ou ativa vêm sendo estudadas. No pós-colheita de frutas, o filme de policloreto de vinila (PVC) é um dos mais utilizados por apresentar atributos atrativos como: leveza, resistência, possível reutilização e reciclagem e baixo custo (MORGADO et al., 2022). Todavia, estes provêm de matéria-prima não renovável, que degrada o meio ambiente, e sua crescente utilização e os efeitos ambientais inerentes ao seu descarte tem afligido a sociedade (YAXUAN WANG, 2023).

Estima-se que, até 2060, os resíduos mundiais de embalagens plásticas atinjam aproximadamente 380 milhões de toneladas métricas. Neste cenário,

mundialmente tem havido uma emergente ampliação de materiais derivados de recursos renováveis benéficos ao meio ambiente, com boa disponibilidade, processamento, baixo custo e consumo de energia na fabricação (PAPADAKI et al., 2023; YUAN et al., 2021).

A elaboração de sistemas alimentares sustentáveis é de extrema importância para o cumprimento da agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, que engloba 17 objetivos-chave globais, conhecidos como Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (NAÇÕES UNIDAS, 2023). Neste sentido, o uso dos revestimentos comestíveis (RC), tais quais biodegradáveis e biocompatíveis, apresentam-se como uma alternativa às embalagens provenientes do petróleo, reduzindo a produção de resíduos sólidos, com eficiente controle de microrganismos, doenças pós-colheita, e conservação de diferentes frutas, inclusive em escala industrial (YAXUAN WANG, 2023; KAUR et al., 2020; LAVINIA et al., 2020; TABASSUM; KHAN, 2020; ALVES et al., 2022), agregando maior rendimento aos produtores e maior consumo de frutas nutritivas.

Sob esta perspectiva, pesquisadores tem buscado compreender o potencial dos RCs em estender e manter a qualidade das frutas. Já há relatos de diferentes frutas tratadas com tais revestimentos, e os estudos tem demonstrado que eles minimizam a taxa de respiração, retardam o uso de ácidos orgânicos, mantém a acidez titulável, reduzem a incidência de micróbios e doenças pós-colheita, e diminuem o processo de maturação e síntese de antocianinas, o que resulta em manutenção da qualidade e aumento da vida útil pós-colheita dos frutos tratados (NIDA FIRDOUS et al., 2023).

Perante o exposto, o desenvolvimento e caracterização de novas tecnologias para embalagens de alimentos são de relevância para manutenção da qualidade das frutas durante o período de pós-colheita, e um campo promissor nas pesquisas científicas. Tendo em vista esta problemática, objetivou-se com esta pesquisa apresentar uma revisão bibliográfica sistêmica com informações atuais sobre o uso da atmosfera modificada com foco em revestimentos comestíveis para conservação pós-colheita de frutas, e propiciar, por meio destas informações, novas perspectivas para trabalhos futuros, a fim de contribuir para a sustentabilidade de todos os elos inseridos na cadeia de frutas.

## 2 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida a partir da revisão de literatura exploratória de materiais já elaborados sobre o tema, principalmente artigos científicos. Essa pesquisa seguiu alguns critérios de busca que serão apresentados na sequência.

- Fonte em *sites* de busca

Inicialmente foi realizada a busca de trabalhos, publicados a partir do ano de 2017 disponíveis nos seguintes sites: *Google* acadêmico, Portal Capes, *Scielo* e *Science Direct*.

As palavras-chave que foram aplicadas para a busca foram: Revestimentos comestíveis; Revestimentos ativos; filmes comestíveis; biopolímeros; embalagens biodegradáveis; conservação de alimentos; qualidade pós-colheita; filmes compósitos e nanocompósitos; atmosfera modificada; armazenamento.

- Coleta de dados

No princípio foi realizada a leitura exploratória de todo o material considerado pertinente para o trabalho, seguido da leitura seletiva, aprofundando-se nos pontos principais para a discussão dos temas. Os registros das informações das fontes foram feitos para as devidas referências.

- Análise e interpretação dos artigos

Nessa etapa foi realizada a análise e interpretação dos artigos a fim de responder os objetivos da pesquisa.

- Discussão dos Resultados

Ao final foi discutido sobre os pontos ressaltados de cada autor, relacionando as obras com as problemáticas evidenciadas pelo presente trabalho.

Nesta narrativa, a revisão bibliográfica é um método justificado para esta pesquisa, haja visto, surgiu como alternativa para revisar rigorosamente e combinar estudos com diversas metodologias, a saber, delineamento experimental e não experimental, integrando os resultados. Este tipo de pesquisa tem o potencial de promover os estudos de revisão em diversas áreas do conhecimento, mantendo o

rigor metodológico das revisões sistemáticas.

O método de revisão propicia a combinação de dados da literatura empírica e teórica que podem ser direcionados à definição de conceitos, identificação de lacunas nas áreas de estudos, revisão de teorias e análise metodológica dos estudos sobre um determinado tópico. Assim, a combinação de pesquisas com diferentes métodos combinados amplia as possibilidades de análise da literatura.

### **3 Fundamentação Teórica**

#### **3.1 Processo respiratório pós-colheita**

Após a colheita, os vegetais continuam a respirar, transpirar e produzir hormônios de amadurecimento. Assim, variações nas concentrações de etileno ( $C_2H_4$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), água ( $H_2O$ ) e oxigênio ( $O_2$ ) continuam a acontecer no decurso da estocagem. A respiração é um processo metabólico imprescindível ao fruto e consiste em uma cadeia de reações de caráter oxidativo, especialmente na transformação de açúcares e ácidos orgânicos em moléculas simples. A quebra dessas moléculas estabelece a produção de energia na forma de adenosina trifosfato (ATP) para realizar novas reações sintéticas celulares (SILVA, 2022; LOUZEIRO et al., 2019).

Segundo Silva (2022), durante o processo respiratório natural, a planta utiliza o  $O_2$  da atmosfera como um aceptor de elétrons no processo de fosforilação e libera  $CO_2$ . Quando o fruto é colhido esse balanço gasoso é interrompido, gerando um alto influxo de  $O_2$  com proporcional perda do  $CO_2$ . Nestas circunstâncias, as células internas não se renovam e a respiração aumenta, ocasionando uma queda metabólica que leva o fruto ao amadurecimento gradual.

O etileno é o fitohormônio que desencadeia o processo climatérico e a consequente elevação das taxas respiratórias, aumentando o amadurecimento, amolecimento e degradação das clorofilas, resultando na deterioração de frutas e vegetais. Desta forma, o prolongamento da vida útil pós-colheita depende, fundamentalmente, da redução da taxa respiratória e da produção de etileno endógeno ou da absorção de etileno exógeno (LOUZEIRO et al., 2019; KAEWKLIN et al., 2018).

### 3.2 Perdas Pós-colheita de Frutas

O período pós-colheita tem início com o desligamento do fruto à planta mãe, em que os frutos passarão por operações de beneficiamento, armazenamento, transporte, comercialização e acaba com a ingestão pelo consumidor final. Nesse intervalo, os frutos permanecem com o metabolismo ativo, sujeitos a deteriorações e perdas (VESPUCCI et al., 2018).

Naturalmente, as frutas contém uma camada cerosa de proteção que confere brilho e age como barreira à perda de umidade. Ao ser colhido, o fruto é higienizado para remover resíduos de terra e/ou sujeira, assim parte da camada cerosa natural também é removida. Desta forma, ocorre a perda de umidade e consequente enrugamento, murchamento e textura indesejável à fruta. Tal qual, ao ser cortada e/ou descascada fica exposta a fatores externos como micróbios, ambiente, tornando-se mais suscetível a alterações de de cor, textura e senescência (NIDA FIRDOUS et al., 2023), características estas que estão estritamente relacionadas a qualidade das frutas, sendo fundamentais para a comercialização e à percepção do consumidor (YAHIA et al., 2019).

O Brasil têm alto poder produtivo para a cadeia de frutas e verduras, mas tem apontado uma das maiores taxas de perdas pós-colheita de frutas do mundo desde o ano de 2008, sendo aproximadamente 30 a 40 % das frutas produzidas não comercializadas. A perda dos atributos ópticos atrativos ao consumidor final reduz o valor de mercado destes alimentos, resultando em um prejuízo econômico de cerca de 112 bilhões de reais anuais ao país, e consumidores finais com produtos de baixa qualidade e preços altos (SILVA, 2022; VESPUCCI et al., 2018).

Estima-se que quase um terço dos alimentos produzidos mundialmente é desperdiçado, quando um quarto dessa produção poderia alimentar 795 milhões de pessoas com fome crônica no mundo. Anualmente, 1,3 bilhão de toneladas de comida são perdidas para o lixo. Destes, os resíduos de frutas e legumes representam 45 % do total, e cerca de 54 % de todos os resíduos perdem-se nos processos de produção de países em desenvolvimento durante a colheita, manuseio pós-colheita e processamento, ao passo que 46 % são desperdiçados nas fases de processamento, distribuição e consumo. O índice de perdas pós-colheita de mangas produzidas no Brasil, por exemplo, é de aproximadamente 28 %, podendo variar entre 20 e 40 % (SILVA, 2022).

São muitos os fatores intrínsecos (pH, atividade de água, enzimas, e compostos com potencial de oxi-redução, e outros) e extrínsecos (temperatura, umidade relativa, luminosidade, pressão total e parcial de diferentes gases, manuseio durante toda a cadeia, etc) que controlam a vida útil dos alimentos. Estes fatores podem influenciar a velocidade das reações que desencadeiam a deterioração dos alimentos pelo efeito do oxigênio presente no ar atmosférico e ação dos microrganismos (MOSTAFIDI et al., 2020; SILVA 2022).

Como visto, frutos frescos e minimamente processados tem alta perecibilidade e podem gerar perdas de dimensão extraordinária. Por esta razão, é urgente suprir a necessidade do estudo de técnicas seguras para a saúde e o ambiente, e que minimizem os processos de senescência, preservando a boa qualidade das frutas por mais tempo. Por isto, técnicas para retardar os processos degradativos pós-colheita, prolongar a vida útil e regular os processos fisiológicos e bioquímicos dos frutos, a fim de manter a qualidade durante o transporte e a estocagem tem sido alvo de ampla investigação (MOSTAFIDI et al., 2020; BRAGANÇA 2021).

Dentre as técnicas mais utilizadas para prolongar a vida útil e regular os processos fisiológicos e bioquímicos dos frutos, a fim de manter a qualidade durante o transporte e a estocagem destacam-se o resfriamento para retirada do calor de campo, refrigeração, fitorreguladores, aplicação de comprimento de onda curta de raios de luz ultravioleta (UVC), atmosfera controlada e modificada, ou associação de técnicas; sendo o uso da atmosfera modificada um dos mais empregados devido seu baixo custo, alta eficiência e aplicação relativamente simples (ALENCAR, 2019; MOSTAFIDI et al., 2020; BRAGANÇA 2021).

### **3.3 Atmosfera Modificada**

A atmosfera modificada é qualquer atmosfera que disponha conteúdo gasoso diferente do ar normal. Trata-se de uma técnica física que não deixa residual de produtos químicos nos alimentos, onde os alimentos são embalados em materiais que não permitam ou minimizem a difusão de gases, reduzindo a taxa respiratória, o crescimento microbiano e retardando a deterioração. Essa atmosfera pode mudar dependendo da respiração do produto embalado, das alterações bioquímicas e da difusão de gases para o meio externo. A alteração da composição do ar em torno do



alimento pode ser realizada de forma passiva ou ativa (MOSTAFIDI et al., 2020; MORGADO et al., BRAGANÇA 2021).

Na atmosfera modificada ativa acontece uma modificação na composição do ar em volta do alimento (no interior da embalagem) por uma mistura fixa de gases. Para isto, o ar dentro da embalagem é removido a vácuo, e é injetado um gás ou uma mistura de gases antes da selagem da mesma (GOMES et al., 2021; MOSTAFIDI et al., 2020; MORGADO et al., BRAGANÇA 2021).

A combinação de gases utilizada não pode ser alterada ou ajustada após o selamento da embalagem. Tal qual varia de acordo com o tipo de alimento, composição da embalagem e temperatura de armazenamento. No entanto, a composição de gases no interior da embalagem pode ser alterada no decorrer da vida útil do alimento, a depender da taxa de respiração do produto, atividade de microrganismos, e permeabilidade a gases da embalagem utilizada (GOMES et al., 2021; MOSTAFIDI et al., 2020; MORGADO et al., BRAGANÇA 2021).

Na atmosfera modificada passiva, a permeação de gases pela embalagem varia de acordo com o polímero utilizado e da temperatura do armazenamento, o que influencia a composição da atmosfera existente no interior da embalagem. Tal modificação acontece como consequência da respiração do alimento e/ou do metabolismo de microrganismos associados ao alimento no interior da embalagem. Nesta, há a presença da barreira artificial à difusão de gases e vapor d'água ao redor do produto, o que leva à uma redução do nível de O<sub>2</sub> e aumento do CO<sub>2</sub> devido o metabolismo do vegetal, assim como aumento na pressão de vapor d'água (GOMES et al., 2021; MOSTAFIDI et al., 2020; MORGADO et al., BRAGANÇA 2021).

Assim, a seleção da embalagem com permeabilidade compatível à taxa de respiração do produto e ao controle da temperatura são imprescindíveis para o armazenamento em atmosfera modificada. Dessa forma, a modificação da atmosfera pode ser obtida a partir do emprego de diferentes materiais, a saber, filmes de policloreto de vinila, revestimentos comestíveis e filmes comestíveis que causem alterações na permeação, alterando a atmosfera interna da fruta, possibilitando a preservação e a manutenção da qualidade nutricional, segurança e vida útil do alimento (SILVA, 2022).

Nesta narrativa, buscando reduzir o crescimento de microrganismos e prolongar a conservação de diferentes frutas, Gomes et al. (2021) utilizaram diferentes tipos de embalagens com atmosfera modificada, dentre as quais, PVC e RCs,

associados a refrigeração. Os resultados obtidos foram positivos. Outrossim, de acordo com Costa et al., (2017), o uso de RCs de polissacarídeos, proteínas e lipídios oferecem efeitos positivos para as propriedades físico-químicas, sensoriais e preservação de frutas.

### **3.4 Tipos de Revestimentos**

Os revestimentos, também descritos como embalagens, são fundamentais aos alimentos, e estão diretamente ligados à sua vida útil e desperdício, visto que os protegem de fatores externos como temperatura, luminosidade, umidade, gases, ataque de insetos e patógenos. Neste sentido, na fabricação de embalagens de alimentos, polímeros sintéticos obtidos a partir de fontes fósseis são os principais materiais plásticos utilizados, por disporem de alta resistência a tensões mecânicas, altas propriedades de barreira, flexibilidade para moldagem e baixo custo (PERON et al., 2022).

Por outro lado, tem-se buscado incessantemente a utilização de materiais ecologicamente corretos e, desta forma, a fabricação de revestimentos obtidos a partir de polímeros biodegradáveis (que são naturalmente e completamente degradados em água, dióxido de carbono, bactérias, fungos e enzimas) tem sido impulsionada para esta demanda (PERON et al., 2022).

#### **3.4.1 Filme de Policloreto de Vinila**

O policloreto de vinila (PVC) é denominado como um polímero clorado, de excelente interação com aditivos e excelente flexibilidade. Seu efeito de proteção às frutas se dá pela modificação da atmosfera por meio de uma camada de proteção à umidade e gorduras, o que torna a disponibilidade de oxigênio menor, reduzindo a produção de etileno, aumentando a vida útil do fruto. Outrossim, sua praticidade de uso e custo relativamente baixo faz com que seu uso seja cada vez mais aplicado em alimentos (MORGADO, 2022).

Nesta perspectiva, Louzeiro et al., (2019) utilizou filme PVC para revestir bananas da variedade pioneira (Figura 1), e observou que os frutos revestidos apresentaram menores teores de sólidos solúveis totais (SST) em relação ao controle durante 14 dias.

**Figura 1** – Banana sendo revestida com filme PVC.



Fonte: Louzeiro et al., (2019).

A relação da água disponível no fruto é primordial para o aumento de patógenos e/ou outras reações intrínsecas à deterioração do alimento. Por isso, a permeabilidade ao vapor d'água é algo imprescindível ao material a ser utilizado como revestimento. No que diz respeito a isto, os polímeros sintéticos apresentam baixa eficiência na proteção das trocas gasosas entre os alimentos e o meio (VALÉRIO, 2017).

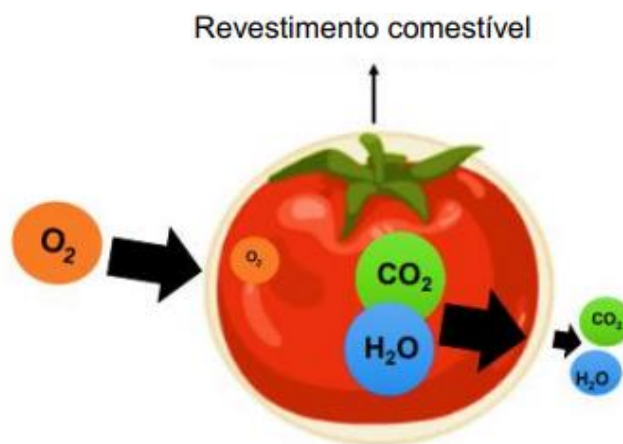
Outro ponto negativo é que o filme PVC é obtido a partir de matérias-primas não renováveis e inertes. Assim, seu uso indiscriminado traz extensivos prejuízos ao meio ambiente. Nesta narrativa, a necessidade de produções sustentáveis tornou-se consenso para a busca do equilíbrio social, econômico e ambiental. A vista disso, a produção e uso de revestimentos comestíveis, obtidos de polímeros biodegradáveis mostram-se uma alternativa emergente e sustentável aos derivados do petróleo (YAXUAM WANG et al., 2023).

### **3.4.2 Revestimentos e Filmes Comestíveis**

Revestimento comestível é uma fina camada de material biopolimérico alimentício, usualmente não superior a 0,3 mm, aplicada à superfície dos alimentos

para preservá-los. Similarmente definido, filme comestível (FC), é uma camada fina de material alimentício, preparada separadamente como folhas sólidas para, posteriormente, ser aplicada à superfície do alimento como um invólucro. Ambos tem, basicamente, a função de formar uma barreira física alterando as trocas gasosas com a atmosfera ao redor, atenuando a taxa respiratória (Figura 2) e a proliferação de patógenos, prolongando assim a conservação dos frutos (ALVES et al., 2022; RODRIGUES, 2022; MD NOR & DING, 2020).

**Figura 2** - Ação do revestimento comestível em frutos.



Fonte: Gomes, (2022). APUD Oliveira Filho et al., (2021).

De acordo com Costa et al., (2022), quando a solução filmogênica é aplicada em frutas, os estômatos e lenticelas são parcialmente preenchidos. Este fenômeno minimiza a transferência de umidade e as trocas gasosas. Desta forma, considerando que o  $O_2$  é fundamental para a produção do etileno, a redução da permeação do  $O_2$  para o interior do fruto consequentemente acarretará na redução da produção do etileno, com efeitos sobre a maturação e vida útil do fruto.

O RC pode ser aplicado nos alimentos por meio de diversas técnicas como: imersão, espalhamento com pincéis, aspersão, e leito fluidizado (SUHAG et al., 2020; ALVES et al.,2022). O método de imersão é o mais utilizado, neste, o fruto inteiro é submerso na solução filmogênica para cobertura homogênea. No entanto, segundo Rodrigues (2022), esta técnica forma revestimentos mais espessos sobre os alimentos. Por outro lado, a técnica de espalhamento oferece coberturas mais finas e uniformes, com melhor aproveitamento da solução.

As propriedades de barreira, mecânicas e ópticas dos RCs dependem das

características dos materiais utilizados para sua composição. No geral, eles podem proteger os alimentos de injúrias mecânicas e microbianas, prevenir a perda de voláteis benéficos, manter a firmeza e a aparência, retardar os processos de amadurecimento, permitindo a respiração aeróbica mínima com maior preservação de ácidos nos frutos (NALLAN CHAKRAVARTULA et al., 2019; YAN et al., 2019; SILVA, 2022). Sua atividade antimicrobiana em frutos se dá principalmente pela presença de constituintes ativos, como: alcaloides, terpenos, ácidos fenólicos, flavonoides, etc (YADAV et al., 2022).

Algumas características são requisitadas aos RCs, dentre elas: propriedades de barreira para água e gases, solubilidade em água e gordura, propriedades mecânicas e reológicas, boa aderência à superfície do alimento, grau alimentício, além de características sensoriais neutras, não alterando a aparência, sabor, consistência e aroma do alimento, bem como processos e equipamentos adequados para processamento de alimentos. Haja visto, a toxicidade e segurança ambiental desses sistemas alimentares devem ser avaliadas por protocolos analíticos padrão (SILVA, 2022; ARQUELAU et al., 2018; COSTA et al., 2022).

Os RCs não necessariamente substituem todas as embalagens sintéticas. Eles podem ser usados de forma funcional e coadjuvante àquelas embalagens, aprimorando a conservação dos vegetais frescos (DEHGHANI et al., 2018; ARQUELAU et al., 2018). A fim de melhorar as propriedades mecânicas e funcionais, plastificantes, emulsionantes, pigmentos, aromatizantes, fungicidas, bactericidas, reguladores de crescimento, conservantes, substâncias bioativas e probióticas e outros aditivos podem ser adicionados aos RCs (SILVA, 2022; ALVES et al., 2022).

Nesta perspectiva, para formulação dos RCs, as matérias-primas mais utilizadas são polissacarídeos (amidos, éteres de celulose, dextrina, pectina, quitosana, etc.), proteínas (proteína de soro, caseína, colágeno, gelatina, zeína etc.), lipídios (óleos, gorduras, ceras etc.), ou compósitos; cuja escolha se dá em função do tipo de alimento. Geralmente os lipídios são usados para reduzir a permeabilidade de água, os polissacarídeos para controle do aumento de oxigênio e outros gases, e as proteínas para melhorar as propriedades mecânicas (COSTA et al., 2018; DEHGHANI et al., 2018).

### 3.4.2.1 Polissacarídeos

Abundantes, de ótimo custo-benefício e com excelentes propriedades para a formação de películas, os polissacarídeos são os materiais mais utilizados para compor os revestimentos comestíveis. Em sua estrutura há a presença de grupos polares, tornando-os hidrofílicos. Eles não provocam reações alergênicas, tem boa solubilidade em água, e boas características mecânicas. As gomas, por exemplo, podem hidratar na água e atuar como agentes gelificantes, formando géis ou estabilizando sistemas de emulsão (DEHGHANI et al., 2018; THAKUR et al., 2019).

Os RCs baseados em polissacarídeos não são ideais como barreiras à umidade, mas retardam a perda dela acumulando-a na superfície, que é perdida primeiro. Não obstante, eles resistem a migração de lipídios e reduzem a respiração dos frutos por apresentarem baixa permeabilidade a gases. Ademais, melhoram o aspecto visual das frutas, conferindo brilho, transparência e homogeneidade (DOMÍNGUEZ, 2018; SILVA, 2022). Neste sentido, algumas das biomoléculas derivadas de polissacarídeos comumente utilizadas na preparação de RCs são o alginato de sódio, quitosana, e amido.

#### a) Alginato

O alginato é um biopolímero extensivamente estudado devido sua atoxicidade, biodegradabilidade, biocompatibilidade, baixo custo, solubilidade em água e transparência. Ele possui propriedades funcionais de espessamento, estabilização, suspensão, formação de filme, geleificação, aumento da viscosidade e estabilização de emulsão. Ele é classificado como um polissacarídeo natural linear, obtido de algas marrons chamadas *Phaeophyceae*, por tratamento com soluções aquosas alcalinas, especialmente com hidróxido de sódio (NaOH), ou por fermentação utilizando bactérias do gênero *Azotobacter* e *Pseudomonas* (EOM et al., 2018).

O alginato é impermeável a óleos e gorduras, mas possui alta permeabilidade ao vapor de água, no entanto, a umidade é perdida do revestimento antes que ocorra uma desidratação importante no alimento. Ele pode também aperfeiçoar a adesão de revestimentos à superfície de frutas, e por terem boas barreiras de oxigênio, os RCs baseados em alginato são capazes de retardar a oxidação lipídica em várias frutas. A vista disso, pesquisadores tem comprovado a eficiência do alginato na redução do

encolhimento, rancidez oxidativa, migração de umidade, absorção de óleo, e selamento em sabores voláteis, melhorando a aparência e cor, e reduzindo a perda de peso em vegetais (BARBOZA et al.,2022; ALVES et al.,2022; SILVA 2022).

Silva (2022) desenvolveu um RC ativo baseado no biopolímero alginato de sódio incorporado com algas marinhas *P. Pavonica*, utilizando-o sobre mangas *Tommy Atkins* (Figura 3). Ela obteve manutenção da firmeza e melhor aparência das mangas, pela ausência de manchas na pele decorrente do crescimento microbiano. O RC proposto manteve a cor esverdeada da casca das mangas revestidas e sua polpa amarelada, mantendo sua firmeza e teor de sólidos solúveis, retardando o processo de maturação da manga, prolongando sua vida útil. Apresentou ainda resultados iguais ou superiores aos obtidos pelas frutas revestidas com a cera de carnaúba.

**Figura 3** - Mangas Tommy Atkins e suas polpas a) sem revestimento, b) revestidas com cera de carnaúba 6%, c) revestidas com alginato de sódio 1% e d) revestidas com alginato de sódio 1% com alga marinha *Padina pavonica* 1000 µg.mL<sup>-1</sup> no dia 20 de armazenamento.



Fonte: Silva (2022).

## b) Quitosana

A quitosana é um biopolímero catiônico linear de ocorrência natural sintetizado pela desacetilação da quitina, um biopolímero natural obtido a partir do exoesqueleto de crustáceos, paredes celulares de fungos e de outros materiais biológicos. Sua importância se dá por suas propriedades antimicrobianas, sua

cationicidade, além de ser atóxica e biodegradável no corpo humano (DEMARTELAERE, 2018; RODRIGUES, 2022).

Os filmes obtidos da quitosana são incolores (Figura 4), e dispõem de alta resistência a tração e alongamento, e controle da permeabilidade do dióxido de carbono e gases de oxigênio, reduzindo assim a taxa respiratória dos frutos. A quitosana apresenta insolubilidade em pH neutro mas pode ser dissolvida em soluções ácidas, tais como ácido acético, ácido láctico e ácido clorídrico (HASSAN et al., 2018; ORTIZ-DUARTE et al., 2019; YAN et al., 2019).

**Figura 4** - Solução de revestimento comestível à base de quitosana.



Fonte: Barboza et al., (2022).

Para Demartelaere et al., (2018), o biofilme de quitosana induz respostas de defesa no controle de doenças de várias espécies frutíferas, e retarda o escurecimento do pericarpo das frutas, limitando a perda de antocianina, flavonoides e compostos fenólicos. De acordo com Sani et al., (2019), a atividade antimicrobiana da quitosana está associada à presença de grupos amina, aminoácidos positivos, que reagem com a membrana celular de microrganismos negativos que provocam o extravazamento de proteínas e componentes intracelulares do microrganismo.

Apesar disso, a quitosana dispõe de poucas propriedades antioxidantes, bem como alta permeabilidade a água, o que é um fator limitante, visto que é esperado que o RC controle a transferência de umidade, especialmente em frutas (DEMARTELAERE et al., 2018; ORTIZ-DUARTE et al., 2019). Contudo, essas limitações podem ser minimizadas pela incorporação de hidrocolóides, tais como pectina e amido de milho, conhecidos por diminuir as taxas de transmissão de vapor de água (ARQUELAU et al., 2018).

Nesta perspectiva, Kharchoufi et al., (2018), utilizaram RC baseado em quitosana e goma de alfarroba, incorporados com extrato de casca de romã e levedura



*Wickerhamomyces anomalus* em laranjas, e constataram a possibilidade da redução da incidência do fungo *Penicillium digitatum* no período pós-colheita, na proporção de 0,361g de extrato de casca de romã seca/ mL nos revestimentos.

### c) Amido

O amido é um polissacarídeo formado por moléculas de glicose, em especial amilopectina e cadeias lineares de amilose que, juntas, formam cadeias altamente ordenadas e bem compactadas em grânulos de amido conferindo uma estrutura semicristalina e insolúvel em água. A amilose caracteriza maior flexibilidade aos filmes ao mesmo tempo que a estrutura ramificada da amilopectina caracteriza menor resistência à tensão e alongamento ( COSTA et al., 2022).

Barboza et al., (2022) afirmam que o amido é uma das matérias-primas mais apropriadas para a fabricação de RCs devido seu baixo custo, abundância, transparência, e características sensoriais neutras, bem como permeabilidade ao O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Corroborando àquela afirmativa, Costa et al., (2022), destacam o uso de fécula de mandioca como um do mais utilizados para a produção de RCs (Figura 5) devido a tais atributos.

**Figura 5** - Imersão de banana em revestimento comestível à base de fécula de mandioca



Fonte: Louzeiro et al., (2019).

Contudo, RCs de amido apresentam resistência mecânica extremamente frágil como fator limitante. Assim a adição de outros materiais como lipídios e gomas tem sido testada a fim de melhorar sua resistência mecânica, coesividade, flexibilidade, e barreira hídrica (COSTA et al., 2022).

Neste sentido, Holsbach et al., (2019), obtiveram redução da perda de massa em mamão “formosa” utilizando RC baseado em amido de mandioca e óleo essencial

de cravo. Na mesma perspectiva, Arquelaú et al., (2018) produziram coberturas comestíveis de farinha cascas de banana "Prata" maduras, utilizando diferentes concentrações de amido de milho para a formação do filme. Eles constataram que as propriedades de barreira, permeabilidade ao vapor de água foram influenciadas positivamente pela concentração de amido de milho.

Do mesmo modo, Thakur et al., (2019) ao avaliar o efeito de RC de amido de arroz + carragenina + éster de ácido graxo de sacarose + glicerol em bananas, obtiveram um aumento de 40% na vida pós-colheita à temperatura ambiente de 20 °C. O RC atrasou a produção de etileno e a taxa de degradação do amido durante o armazenamento dos frutos revestidos; Houve, ainda, redução da perda de peso, firmeza aprimorada, cinética reduzida associada à degradação do amido e retardo no aparecimento de sinais visuais intrínsecos à perda de qualidade, comparados aos frutos não revestidos.

Já Rodrigues et al. (2020) testaram o efeito de RCs à base de amido de mandioca a 3%; de semente de jaca a 3,5%; de amêndoa de manga a 3,5%, de inhame a 3,5% em mangas 'Palmer'. Eles observaram maior manutenção da qualidade dos frutos em todos os tratamentos em relação ao controle, mas especialmente nos frutos revestidos com o amido de amêndoa de manga, que diminuíram 27,7% a respiração e 33,8% a perda de massa.

Bragança (2021) avaliou o efeito da atmosfera modificada na conservação pós-colheita de frutos do maracujazeiro utilizando tratamentos com filme PVC, óleo de soja, óleo mineral, e solução de amido de milho. Diante do estudo, constatou-se que, dentre os diferentes tratamentos avaliados, o que se apresentou superior foi o revestimento de amido de milho, o qual foi eficiente em reduzir os efeitos da pós-colheita nos frutos de maracujá, mantendo-os com características desejáveis para comercialização.

#### **3.4.2.2 Proteínas**

Caracterizadas como boas matrizes poliméricas, as proteínas atendem às necessidades intrínsecas de diversos alimentos, já que dispõem de propriedades físicas e mecânicas abundantes. Os RCs à base de proteínas possuem propriedades de barreira ao O<sub>2</sub>, aroma e óleo mesmo em baixa umidade relativa. Contudo, por sua natureza hidrofílica, não possuem atributos positivos para permeabilidade a água,

inchaço ou solubilidade. A incorporação de vários compostos tem sido utilizada para suprir esta demanda e sintetizar filmes com propriedades específicas (CHEVALIER et al., 2018; HASSAN et al., 2018; PAPADAKI et al., 2023).

Para a formação de revestimentos e filmes comestíveis, as proteínas mais utilizadas são de origem animal e vegetal, dentre as quais podemos citar: gelatina, caseína, proteína de soro de leite, colágeno, albumina de ovo, zeína de milho, soja, glúten de trigo, semente de algodão, amendoim e arroz (BARBOZA, 2022).

#### **a) Zeína**

A zeína é uma proteína derivada do endosperma do grão de milho, obtida como subproduto do processamento do mesmo. Ela é insolúvel em água pura ou etanol puro, devido seu alto teor de aminoácidos apolares, dentre eles, leucina (20%), prolina (9%), alanina (14%), fenilalanina, isoleucina e valina (BARBOZA et al., 2022), mas pode ser solubilizada em soluções alcoólicas de 60-95% de etanol. Podendo, também, preparar RCs a partir de dispersões de nanopartículas de zeína em água por precipitação com anti-solvente, onde a solução de zeína, geralmente em etanol aquoso, é adicionada a um volume de água (SPASOJEVIĆ et al., 2019).

A zeína apresenta boas características para formação de filme, é atóxica e tem pouca permeabilidade ao vapor de água, mas é frágil e de flexibilidade restrita. Assim, pesquisadores tem buscado melhorar a plasticidade dos RCs à base de zeína utilizando ácidos orgânicos, açúcares, álcoois e ácidos graxos em sua composição (BARBOZA, 2022).

Nesta perspectiva, Boyaci et al., (2019), obtiveram filmes antimicrobianos flexíveis de zeína incorporados com óleos essenciais. Eles sugerem que os filmes flexíveis desenvolvidos podem ser empregados como RCs antimicrobianos com efeito positivo na inibição de determinadas bactérias patogênicas importantes na superfície da casca de melões inteiros.

#### **3.4.2.3 Lipídios**

Os lipídios são classificados de acordo com sua estrutura como ceras naturais e resinas, acetoglicerídios, ácidos graxos ou óleos vegetais. Eles podem ser líquidos e sólidos à temperatura ambiente (CHEVALIER et al., 2018; COSTA et al., 2018). Os

RCs à base de lipídios tem basicamente a função de limitar o transporte de umidade em função de sua baixa polaridade. Eles podem também diminuir a incidência de queimaduras na casca das frutas. Contudo, o uso de altas concentrações pode resultar em anaerobiose nas frutas com consequente alteração no sabor e odor (SILVA, 2022).

Os fatores limitantes do uso de lipídios para formulação de RCs são suas baixas propriedades mecânicas e de adesão a superfície dos alimentos. Assim, pesquisadores tem incorporado lipídios na preparação de sistemas de emulsão, homogeneizando a fase lipídica com um hidrocolóide (YUXUAN WANG et al., 2023; SPASOJEVIC et al., 2019).

Papadaki et al., (2023), buscaram melhorar as propriedades hidrofóbicas e antioxidantes de filmes de proteína de soro de leite, pelo uso de óleo proveniente da borra de café gasta, e obtaram excelentes resultados. De acordo com Lan (2019), os RCs à base de lipídios, principalmente as ceras são as substâncias mais eficazes no retardo à perda de umidade e desidratação. Por esta razão, as ceras são amplamente utilizadas como RCs de diversos tipos de alimentos, inclusive frutas.

Louzeiro et al., (2019) utilizou RC baseado em óleo de babaçu sobre banana 'pioneira' (Figura 6). Ela observou que o RC manteve a coloração de casca verde, o pH, a perda de massa e o teor de sólidos solúveis totais (SST) durante 14 dias, denotando um retardo no processo de maturação, aumentando a conservação pós-colheita, prolongando a vida útil dos frutos revestidos em relação ao controle.

**Figura 6** - Imersão de banana em revestimento comestível à base de óleo de babaçu.



Fonte: Louzeiro et al., (2019).

## a) Ceras

As ceras são as substâncias mais resistentes à migração de água do que qualquer outra utilizada na formação de RCs. Isto porque, em sua estrutura, elas possuem baixo número de grupos polares e alto número de álcoois graxos de cadeia longa e alcanos. Por isto, são excelentes como barreira a umidade e gases. Outrossim, as ceras podem melhorar a aparência da superfície externa das frutas, e amenizar as lesões por abrasão durante o manuseio. No entanto, a atmosfera modificada no interior da fruta com o uso da cera, reflete em seu metabolismo, especialmente no que se refere a respiração, podendo acarretar em anaerobiose (DEHGHANI et al., 2018; HASSAN et al., 2018; LAN, 2019; SILVA, 2022).

Dentre as ceras utilizadas para compor os RCs, destacam-se as ceras naturais de carnaúba e de candelilla. A cera mais importante em termos econômicos e possíveis aplicações é a de carnaúba, a qual é obtida a partir da extração e processamento do pó cerífero das folhas da palmeira brasileira *Copernicia prunifera* (Miller), popularmente conhecida como carnaúba ou carnaubeira. Esta Palmeira é encontrada em condições de exploração econômica apenas no ambiente seco das caatingas nordestinas. De todas as ceras comerciais, a cera de carnaúba é a mais dura e de maior ponto de fusão, estando entre 82,5 e 83 °C (MOTAMEDI et al., 2018; FREITAS et al., 2019).

Os componentes da cera de carnaúba são relativamente inertes e estáveis, e ela dispõe de baixa solubilidade, tendo como composição principal ésteres alifáticos e diésteres de ácido cinâmico. Características que as fazem ser amplamente utilizadas em alimentos (FREITAS et al., 2019). Barros et al., (2018) fez uso de RC à base de carnaúba 18 % em frutos de mamão. Eles observaram retardo na mudança de coloração da casca, menor perda de massa, e aumentando da vida útil dos frutos em relação ao controle.

Para Devi et al., (2022), Os RCs de cera de carnaúba (Figura 7) são eficientes na melhoria da vida útil pós-colheita de inúmeras frutas, tais como laranja, goiaba, maçã, romã, etc., reduzindo a perda de água e a taxa respiratória e mantendo a firmeza, crocância e aceitabilidade do consumidor por um maior período de tempo.

**Figura 7** – Imersão de banana em revestimento comestível à base de cera de carnaúba.



Fonte: Louzeiro et al., (2019).

A cera de candelilla é uma cera vegetal com alto teor de hidrocarbonetos (cerca de 50%) e quantidade relativamente baixa de ésteres voláteis em sua estrutura. Ela é insolúvel em água, mas tem alta solubilidade em acetona, clorofórmio, benzeno e outros solventes orgânicos. A principal fonte da cera de candelilla está na folha da planta *Euphorbia antisyphilitica* Zuccarini nativa do norte do México e do sudoeste dos Estados Unidos. Ela oferece resistência à migração de umidade ainda mais eficiente do que a cera de carnaúba e cera de abelha. Em contrapartida, seu ponto de fusão (68,5-72,5 °C) é mais baixo que o da cera de carnaúba, o que torna os RCs a base dessa cera mais frágeis (BARBOZA, 2022).

Papadaki et al., (2023), visando melhorar as propriedades hidrofóbicas e antioxidantes de filmes de proteína de soro de leite, pelo uso de óleo e oleogel provenientes da borra de café gasta, utilizaram a cera de candelilla e cera de abelha como oleogeladores, incorporando-as nos filmes. Eles observaram efeitos positivos sobre a hidrofobicidade, redução significativa na solubilidade, índice de inchamento e permeabilidade ao vapor de água dos filmes à medida que a concentração de óleo e oleogéis aumentou.

### **3.4.3 Aditivos incorporados aos revestimentos comestíveis**

Pesquisadores tem explorado a capacidade dos RCs em tornar-se compostos funcionais a partir da incorporação de aditivos reticulantes e plastificantes para obtenção de propriedades de barreira e mecânicas adequadas para a conservação de frutas; ou ainda, por a incorporação de aditivos antioxidantes e antimicrobianos pela

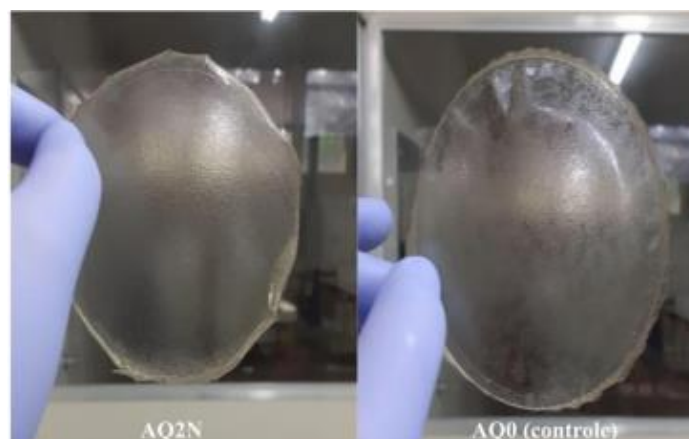
introdução de compostos bioativos como polifenóis, ácidos orgânicos, bacteriocinas, bem como extratos etanóicos, aquoso e óleos essenciais extraídos de plantas (SILVA, 2022; YADAV et al., 2022 ALVES et al.,2022).

#### a) Nanopartículas de Óxido de Zinco (ZnOnano)

Estudos relacionados à segurança alimentar e à conservação de alimentos tem explorado o poder antimicrobiano de nanopartículas de metais e óxidos metálicos sobre bactérias e fungos patogênicos. Pesquisadores sugerem que, na tecnologia de filmes nanocompósitos, a taxa de liberação dos agentes antimicrobianos é controlada e a concentração de compostos ativos na superfície do produto é mantida por maiores períodos de tempo, podendo ser empregados com o objetivo de prolongar a vida útil de variados produtos alimentícios, inclusive frutas (RODRIGUES, 2022; ARROYO et al., 2020; SANI et al., 2019; SARAL SAROJINI et al., 2019).

O óxido de zinco é um nanomaterial inorgânico, classificado pela *Food and Drug Administration* (FDA) como nutriente seguro para consumo humano quando sua fabricação é feita de acordo com as normas (FDA, 2023). Ele dispõe de potencial ação sobre microrganismos, além de propriedades mecânicas, estruturais e de barreira eficazes. De acordo com Rodrigues (2022), o uso de nanopartículas nos RC têm efeito reticulante e modificam a estrutura dos filmes, deixando-os com a estrutura mais compacta, formando ligações mais estáveis, resultando em filmes mais coesos (Figura 9).

**Figura 8** - Filme de alginato de sódio e quitosana com ZnOnano (AQ2N) e sem ZnOnano (AQ0).



Fonte: Rodrigues (2022).

O poder de ação antimicrobiano da ZNO nano se dá pela geração de espécies reativas de oxigênio e danos à parede celular do microrganismo pela adsorção do nanomaterial. Seu tamanho inferior a 100 nm, aumenta a superfície de contato do óxido de zinco, favorecendo sua penetração na membrana celular do microrganismo (RODRIGUES, 2022; LA ROSA-GARCÍA et al, 2018).

Neste sentido, pesquisas significativas utilizando ZNO nano em RCs têm demonstrado resultados positivos no controle de bactérias como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, e fungos como *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Erythricium salmonicolor* e *Colletotrichum sp.* (RODRIGUES, 2022).

Sob esta perspectiva, Lavínia et al. (2020), avaliaram o efeito antimicrobiano de RC à base de quitosana + Zn nano em bactérias gram-positivas e gram-negativas (*Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*), em mamões minimamente processados, sob refrigeração à temperatura de 10 °C durante 12 dias. Houve inibição do crescimento microbiano durante o período total de armazenamento. Do mesmo modo, De la Rosa-Garcia et al. (2018) obtiveram percentual de inibição superior a 80% no desenvolvimento dos fungos *C. gloeosporioides* obtidos em mamão e abacate.

Ainda, Koushesh Saba e Amini, (2017), ao avaliarem RCs de nano-Zn + carboximetilcelulose (CMC) em romãs, observaram diminuição do total de leveduras, bolor e bactérias mesófilas durante o armazenamento, além da eliminação de alterações fenólicas totais, bem como redução da perda de peso, estendendo o prazo de vida útil dos frutos. Já Emamifar e Bavaisi (2020), fizeram uso de RC de alginato de sódio com Zn nano em Morangos e obtiveram resultados positivos na qualidade físico-química, sensorial e microbiana dos frutos revestidos.

## **b) Óleos Essenciais**

Os compostos naturais com ação antimicrobiana e propriedades antioxidantes tem se destacado como alternativa ao uso de produtos químicos sintéticos (ZHOU et al., 2021; CAI et al., 2020). Os óleos essenciais são compostos líquidos voláteis, bioativos e complexos com coloração e aroma característicos, extraídos de diversas partes das plantas por meio de hidrodestilação ou por solventes orgânicos (FILIPE et al., 2022; ALVES et al., 2022). Seu potencial como plastificantes e inibidores



microbianos nos RCs vem sendo explorado extensivamente (THAKUR et al., 2019), observando os efeitos de fitotoxicidade que sua aplicação pode causar no fruto.

Neste sentido, Lima Oliveira et al. (2018) utilizaram revestimentos à base de quitosana e óleo essencial de capim-limão em goiaba, manga e mamão inoculados artificialmente com fungos da espécie *Colletotrichum*, causadores de antracnose, e obtiveram redução do desenvolvimento de lesões de antracnose em todos os frutos revestidos por um período de 12 dias de armazenamento, em relação ao controle utilizando-se fungicidas sintéticos. Sarengaowa et al., (2018) utilizaram RC à base de alginato de sódio com óleo essencial de tomilho, canela e orégano em maçã minimamente processada e observaram eficiência do RC em inibir o crescimento microbiano, a respiração e a perda de peso dos frutos em relação ao controle.

Outrossim, Cai et al. (2020), utilizaram microcápsulas de óleo essencial de tomilho em revestimentos obtidos a partir de amido de milho sobre mangas. Eles obtiveram retardo do amadurecimento e redução da perda de vitamina C, e inibição do aparecimento de *L. theobromae* e *C. gloeosporioides*. Correa-Pacheco et al. (2017) utilizando revestimento à base de quitosana com nanopartículas de quitosana e óleo essencial de tomilho, reduziram a incidência de *C.gloeosporioides* no abacate, sem prejudicar a qualidade dos frutos

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O desenvolvimento e caracterização de revestimentos comestíveis surgiu como uma alternativa sustentável aos polímeros sintéticos com vantagens substanciais. Pesquisas utilizando uma grande variedade de frutas tem mostrado que a atmosfera modificada obtida por meio de revestimentos comestíveis pode reduzir o processo respiratório, inibir a proliferação de patógenos, e atuar como carreadores de aditivos antimicrobianos e antioxidantes nas frutas. Por dispor de grande potencial antimicrobiano, a incorporação de óleos essenciais e/ou nano partículas de óxido de zinco aos revestimentos comestíveis tem se destacado como alternativa potencialmente sustentável e eficaz ao uso de produtos químicos sintéticos.

A literatura traz resultados positivos do uso de revestimentos comestíveis baseados em resíduos orgânicos em frutas, o que atende a demanda por sistemas alimentares sustentáveis, já que mantém a qualidade e vida útil dos frutos, e ainda propõe um destino final aos resíduos. No entanto, ainda há escassez de pesquisas nesta narrativa, por isto, sugere-se a elaboração de estratégias quanto ao uso de resíduos orgânicos na formulação de revestimentos comestíveis, inclusive para aplicação comercial em grande escala, considerando minuciosamente a contribuição desse sistema alimentar para a sustentabilidade de todos os elos inseridos na cadeia de frutas.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A. A. S., COSTA, A. M. T., DA SILVA, A. V., DA SILVA SIMÕES, C. V., SOUZA, I. A., COSTA, R. M. C. E., & STAMFORD, T. C. M. Revestimentos comestíveis à base de polissacarídeos em frutas: uma revisão narrativa. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 3, p. 388-402, 2022.

DOI: 10.37885/220308060

ALENCAR, I. A. S. **Conservação pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins' acondicionadas em embalagens plásticas associadas a absorvedores de etileno**. 36 f. TCC (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina - PE, 2019.

AMARAL, D. D. et al. Frequency of quiescent fungi and post-harvest alternative management of stem end rot in papaya. **Revista Caatinga**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 786–793, 2017.

ARISTIZABAL-GIL, M. V., SANTIAGO-TORO, S., SANCHEZ, L. T., PINZON, M. I., GUTIERREZ, J. A., & VILLA, C. C. (2019). **ZnO and ZnO/CaO nanoparticles in alginate films. Synthesis, mechanical characterization, barrier properties and release kinetics**. *Lwt*, 112(May), 108217. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.115>

ARQUELAU, P. B. DE F., SILVA, V. D. M., GARCIA, M. A. V. T., ARAÚJO, R. L. B. DE, & FANTE, C. A. (2019). Characterization of edible coatings based on ripe “Prata” banana peel flour. **Food Hydrocolloids**, 89, 570–578. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2018.11.029>

ARROYO, B. J., BEZERRA, A. C., OLIVEIRA, L. L., ARROYO, S. J., MELO, E. A. DE, & SANTOS, A. M. P. (2020). Antimicrobial active edible coating of alginate and chitosan add ZnO nanoparticles applied in guavas (*Psidium guajava* L.). **Food Chemistry**, 309(August 2018), 125566. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125566>

BARBOZA, H. T. G., SOARES, A. G., FERREIRA, J. C. S., & FREITAS, S. O. (2022). Filmes e revestimentos comestíveis: conceito, aplicação e uso na pós-colheita de frutas, legumes e vegetais. **Research, Society and Development**, 11(9), e9911931418. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31418>

BARROS, W. K. F. C.; CARVALHO, F. L. DE C; BARBOSA JÚNIOR, L. B.; SOUSA, R. R.; VERAS, F. H. C.; SOUSA, S. P. H. DA; LOBO, R. F. de S. Utilização de revestimentos alternativos na conservação pós-colheita de mamão sunrise solo. conservação. **Rev.Bras.Proc.Quím.**, Campinas, SP, v.3 n.2, p.1-79, jul./dez. 2022 76. *Agri-Environmental Sciences*. v.6. 13 f. 2019.

BOYACI, D., IORIO, G., SOZBILLEN, G. S., ALKAN, D., TRABATTONI, S., PUCILLO, F., ... YEMENICIOĞLU, A. (2019). Development of flexible antimicrobial zein coatings with essential oils for the inhibition of critical pathogens on the surface of whole fruits: Test of coatings on inoculated melons. **Food Packaging and Shelf Life**, 20(October 2018), 100316. <<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100316>> Acesso em 18 de outubro de 2023.

BRAGANÇA, T. G. Efeito da atmosfera modificada na conservação pós-colheita de frutos do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* F. Flavicarpa). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 8, p. 82181-82198, 2021.

CAI, C.; MA, R.; DUAN, M.; DENG, Y.; LIU, T.; LU, D. Effect of starch film containing thyme essential oil microcapsules on physicochemical activity of mango. **LWT**, v. 131, n. 2, p. 109700, 2020. DOI: [10.1016/j.lwt.2020.109700](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109700).

CAZÓN, P.; VELAZQUEZ, G.; RAMÁREZ, J. A.; VÁZQUEZ, M. Polysaccharidebased films and coatings for food packaging: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 68, p. 136–148, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.009>.

CHEN, H., SUN, Z., & YANG, H. (2019). Effect of carnauba wax-based coating containing glycerol monolaurate on the quality maintenance and shelf-life of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) fruit during storage. **Scientia Horticulturae**, 244, 157–164. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2018.09.039>

CHEVALIER, E., CHAABANI, A., ASSEZAT, G., PROCHAZKA, F., & OULAHAL, N. (2018). Casein/wax blend extrusion for production of edible films as carriers of potassium sorbate - A comparative study of waxes and potassium sorbate effect. **Food Packaging and Shelf Life**, 16, 41–50. <https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2018.01.005>

COSTA, M. C. C.; AZEVEDO, C. R.; DE SOUSA, R. M.; DOS SANTOS, A. F.; BARROQUEIRO, Â. T. S. EMBALAGENS DE ALIMENTOS À BASE DE BIOFILMES COMESTÍVEIS: uma revisão de literatura. **Revista Ceuma Perspectiva**, 30(2):88. 2019  
DOI:10.24863/rccp.v30i2.154

COSTA, M. J., MACIEL, L. C., TEIXEIRA, J. A., VICENTE, A. A., & CERQUEIRA, M. A. (2018). Use of edible films and coatings in cheese preservation: Opportunities and challenges. **Food Research International**, 107, 84–92. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.02.013>

COSTA, F., BRAGA, R. C., BASTOS, M. do S. R., SANTOS, D. N. dos, & FROTA, M. M. (2022). Revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca (*manihot esculenta*) em produtos vegetais: uma revisão. **Research, Society and Development**, 11(4), e54511427428. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27428>

DEHGHANI, S; HOSSEINI, S. V.; REGENSTEIN, J. M. Filmes e coberturas comestíveis na preservação de frutos do mar: uma revisão. **Química dos Alimentos**, v. 240, n. 1, p. 505-513, 2018.

DEMARTELAERE, A.C.F.; NASCIMENTO, L.C.; ABRAÃO, P.C.; GOMES, R.S.S. MARINHO, C.O.; NUNES, M.C. **Alternativas no controle da mancha marrom de alternaria em tangerineira ‘Dancy’**. Summa Phytopathologica, v.44, n.2, p.164-169, 2018.

DEVI, L. S.; KALITA, S.; MUKHERJEE, A.; KUMAR, S. Carnauba wax-based composite films and coatings: recent advancement in prolonging postharvest shelf-life of fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, Volume 129, 2022, Pages 296-305, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.09.019>.

DOMÍNGUEZ, R.; BARBA, F. J.; GÓMEZ, B.; PUTNIK, P.; KOVAČEVIĆ, D.B.; PATEIRO, M.; SANTOS, E. M.; LORENZO, J.M. Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. **Food Research International**, v. 113, p. 93-101, jul. 2018.

EMAMIFAR, A.; BAVAISI, S. Nanocomposite coating based on sodium alginate and nanoZnO for extending the storage life of fresh strawberries (*Fragaria x ananassa*

Duch.). **Journal of Food Measurement and Characterization**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 1012–1024, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00350-x>.

EOM, H., CHANG, Y., LEE, E., CHOI, H.-D., & HAN, J. (2018). Development of a starch/gum-based edible coating for rice cakes to retard retrogradation during storage. **LWT**, 97, 516–522. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.07.044>

FAO. **Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>. Acesso em: 23 de outubro de 2023.

FAOSTAT. **Crops and livestock products**. [S. l.], 2021a. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 23 de outubro de 2023.

FDA. **CFR - Code of Federal Regulations Title 21**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=182&showFR=1&subpartNode=21:3.0.1.1.13.9>. Acesso em: 27 out. 2023

FILIFE, A. C. J.; SILVA, M. V. F. da; SOARES, B. E. A. S.; RAMOS, G. K. R.; MARQUES, E. G. F.; SANTOS, A. A. dos; ALBUQUERQUE, J. M.; SILVA, J. de S.; ARGOLO, L. D.; SILVA, C. de S. Application of essential oil in the natural conservation of mangoes: a review. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 17, p. e135111738856, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i17.38856.

FREITAS, C. A. S. de; SOUSA, P. H. M. de; SOARES, D. J.; SILVA, J. Y. G. da; BENJAMIN, S. R.; GUEDES, M. I. F. Carnauba wax uses in food – a review. **Food Chemistry**, v. 291, n. 1, p. 38-48, 2019.

GOMES, M. M. A. **Revestimento de frutas e hortaliças como forma de conservação pós-colheita: Uma revisão sobre a cultura do morango**. 2022. 48 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Agronomia). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, campus Pombal. Pombal-PB, 2022.

GOMES, N. R.; PIERRE, B. S.; MORGADO, C. M. A.; CAMPOS, A. J. Postharvest quality of fresh murici fruits as a function of storage and packing. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, e67185, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5167185>

GOMES, N. R.; PIERRE, B. S.; ALMEIDA, R.R.; MORGADO, C. M. A.; CAMPOS, A. J. Uso de diferentes embalagens e atmosferas modificadas no armazenamento pós-colheita de muricis *in natura*. **Brasilian Journal of food technology**, v. 24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11020>

GONZÁLEZ, A.; BARRERA, G. N.; GALIMBERTI, P. I.; RIBOTTA, P. D.; IGARZABAL, C. I. A. Development of edible films prepared by soy protein and the galactomannan fraction extracted from *Gleditsia triacanthos* (Fabaceae) seed. **Food Hydrocolloids**, v. 97, p. 105227, 2019. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.105227.

GUERREIRO, A. C. **Innovative edible coatings to improve storage of small fruits and fresh-cut**. In. Sapiientia Repositório da Universidade do Algarve Faro, Portugal. 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.1/8988>>. Acesso em 10 de Nov. de 2023.

HASSAN, B.; CHATHA, S. A. S.; HUSSAIN, A. I.; ZIA, K. M.; AKHTAR, N. Recent

advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, Faisalabad, Pakistan, v. 109, p. 1095–1107, 2018. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097.

KAEWKLIN, P., SIRIPATRAWAN, U., SUWANAGUL, A., & LEE, Y.S. (2018). Active packaging from chitosan titanium dioxide nanocomposite film for prolonging storage life of tomato fruit. **International Journal Biological Macromolecules**, 112, 523-9.

KAUR, J. et al. **Nanomaterial loaded chitosan nanocomposite films for antimicrobial food packaging**. *Materials Today: Proceedings*, [s. l.], v. 28, n. xxxx, p. 1904–1909, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.309>.

KHARCHOUFI, S. et al. Edible coatings incorporating pomegranate peel extract and biocontrol yeast to reduce *Penicillium digitatum* postharvest decay of oranges. **Food Microbiology**, v. 74, p. 107–112, 2018.

KHORRAM, F.; RAMEZANIAN, A.; HOSSEINI, S. M. H. Shellac, gelatin and Persian gum as alternative coating for orange fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 225, p. 22-28, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.045>.

KOUSHESH SABA, M., & AMINI, R. (2017). Nano-ZnO/carboxymethyl cellulose-based active coating impact on ready-to-use pomegranate during cold storage. **Food Chemistry**, 232, 721–726. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2017.04.076>

K.S., J., Jose, J., Li, T., Thomas, M., Shankregowda, A. M., Sreekumaran, S., ... Thomas, S. (2020). Application of novel zinc oxide reinforced xanthan gum hybrid system for edible coatings. **International Journal of Biological Macromolecules**, 151, 806–813. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2020.02.085>

LAN, Y. (2019). **Waxes**. *Encyclopedia of Food Chemistry*, 312–316. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22344-5>

LAVINIA, M. et al. Antimicrobial activity and application of nanocomposite coating from chitosan and ZnO nanoparticle to inhibit microbial growth on fresh-cut papaya. **Food Research**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 307–311, 2020.

LI, J., SUN, Q., SUN, Y., CHEN, B., WU, X., & LE, T. (2019). Improvement of banana postharvest quality using a novel soybean protein isolate/cinnamaldehyde/zinc oxide bionanocomposite coating strategy. **Scientia Horticulturae**, 258, 1–7. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2019.108786>

LIMA OLIVEIRA, P. D.; LINKE, B. G. O.; CASAGRANDE, T. A. C.; C. Control of anthracnose caused by *Colletotrichum* species in guava, mango and papaya using synergistic combinations of chitosan and *Cymbopogon citratus* (D.C. ex Nees) Stapf. essential oil. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 266, n. November 2017, p. 87–94, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.11.018>.

LOUZEIRO, N. P., LOBO, R. D. F. S., SANTOS, G. D. C., & RODRIGUES JUNIOR, J. C. (2019, October). **USO DA ATMOSFERA MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BANANA “PIONEIRA”**. In 10ª JICE-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO.

MD NOR, S., & DING, P. (2020). Trends and advances in edible biopolymer coating for tropical fruit: A review. **Food Research International**, 134, 109208.

<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.109208>

MORGADO, C. M. A., SILVA, L. R. DA ., CORRÊA, T. DE O., SANTOS, A. P. DOS ., CUNHA JUNIOR, L. C., & CAMPOS, A. J. de . (2022). Refrigeração e atmosfera modificada na conservação de frutas: uma breve revisão. **Scientific Electronic Archives**, 15(10). <https://doi.org/10.36560/151020221609>

MOSTAFIDI, M.; SANJABI, M. R.; SHIRKHAN, F.; ZAHEDI, M. T. A review of recent trends in the development of the microbial safety of fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 103, p. 321-332, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.009>.

MOTAMEDI, E.; NASIRI, J.; MALIDARREH, T. R.; KALANTARI, S.; NAGHAVI, M. R.; SAFARI, M. Performance of carnauba wax-nanoclay emulsion coatings on postharvest quality of 'Valencia' orange fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 240, p.170-178, 2018. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.06.002.

NAÇÕES UNIDAS. **17 metas para transformar nosso mundo**. 2023. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>>. Acesso em: 02 de Nov. de 2023.

NALLAN CHAKRAVARTULA, S. S., CEVOLI, C., BALESTRA, F., FABBRI, A., & DALLA ROSA, M. (2019). Evaluation of drying of edible coating on bread using NIR spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, 240, 29–37. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2018.07.009>

NIDA FIRDOUS; FARID MORADINEZHAD; FATIMA FAROOQ; MARYAM DOROSTKAR. Advances in formulation, functionality, and application of edible coatings on fresh produce and fresh-cut products: A review. **Food Chemistry**, Volume 407, 2023, 135186, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135186>.

NOURBAKHS, S., TALEBIAN, A., & FARAMARZI, S. (2017). **Preparation and Characterization of Gelatin/ZnO Nano-Composite Film**. *Materials Today: Proceedings*, 4(7), 7038–7043. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2017.07.035>

ORTIZ-DUARTE, G., PÉREZ-CABRERA, L. E., ARTÉS-HERNÁNDEZ, F., & MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G. B. (2019). Ag-chitosan nanocomposites in edible coatings affect the quality of fresh-cut melon. **Postharvest Biology and Technology**, 147, 174–184. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2018.09.021>

PAPADAKI, A.; ALEXANDRI, M.; KACHRIMANIDOU, V.; TZORA, P.; KOPSAHELIS, N. Enhancing hydrophobic and antioxidant properties of whey protein films through the inclusion of oil and oleogel sourced from spent coffee grounds. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, Volume 36, 2023, 101293, ISSN 2352-5541, <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101293>.

PARIDA, C., MALIK, G. K., MITRA, J. (2022). Preparação e caracterização de nanopartículas de óxido de zinco, sua migração e avaliação da toxicidade. **Revista de Processamento e Conservação de Alimentos**, 00, e17064. <https://doi.org/10.1111/jfpp.17064>

PERON, T. .; SANTOS, T. C. C.; SILVA, L. D. S. .; ARRUDA, T. R.; LEITE JÚNIOR, B. R. de C. Active packaging: an alternative to minimum processed vegetables? **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 10, p. e469111033043, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i10.33043.

RODRIGUES, A. A. M.; SANTOS, L. F. D.; COSTA, R. R. D.; FÉLIX, D. T.; NASCIMENTO, J. H. B.; LIMA, M. A. C. D. **Characterization of starch from different non-traditional sources and its application as coating in ‘Palmer’ mango fruit.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 44, p. e011220, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044011220>

RODRIGUES, J. P. **Desenvolvimento e caracterização de biocompósito para uso no tratamento de mamão (Carica Papaya L.) pós-colheita.** 2022. Repositório Alice. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1145066>>. Acesso em 06 de Nov. de 2023.

SANI, I. K., PIRSA, S., & TAGI, Ş. Preparation of chitosan/zinc oxide/Melissa officinalis essential oil nano-composite film and evaluation of physical, mechanical and antimicrobial properties by response surface method. **Polymer Testing**, 79, 106004. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.POLYMERTESTING.2019.106004>

SARAL SAROJINI, K., INDUMATHI, M. P., & RAJARAJESWARI, G. R. (2019). Mahua oil-based polyurethane/chitosan/nano ZnO composite films for biodegradable food packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, 124, 163–174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.195>

SARENGAOWA et al. Effect of thyme oil–alginate-based coating on quality and microbial safety of fresh-cut apples. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 98, n. 6, p. 2302–2311, 2018.

SILVA, M. V. D. DE B. **Estudo preliminar de propriedades biológicas de extratos da macroalga Padina pavonica (linnaeus) thivy 1960 e sua incorporação na produção de revestimento comestível ativo para a conservação pós-colheita de mangas Tommy atkins.** Tese (Doutorado). Centro de Ciências Exatas e da Natureza Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2022.

SPASOJEVIĆ, L., KATONA, J., BUČKO, S., SAVIĆ, S. M., PETROVIĆ, L., MILINKOVIĆ BUDINČIĆ, J., ... SHARIPOVA, A. (2019). Edible water barrier films prepared from aqueous dispersions of zein nanoparticles. **LWT**, 109, 350–358. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.04.038>

SUHAG, R.; KUMAR, N.; PETKOSKA, A. T.; UPADHYAY, A. Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. **Food Research International**, [s. l.], v. 136, n. March, p. 109582, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>.

TABASSUM, N.; KHAN, M. A. Modified atmosphere packaging of fresh-cut papaya using alginate based edible coating: Quality evaluation and shelf life study. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 259, n. March 2019, p. 108853, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108853>.

THAKUR, R.; PRISTIJONO, P.; BOWYER, M.; SINGHA, S. P.; SCARLETT, C. J.; STATHOPOULOS, C. E.; VUONG, Q. V. A starch edible surface coating delays banana fruit ripening. **LWT - Food Science and Technology**, Ourimbah, Australia, v. 100, p. 341–347, 2019. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.10.055.

VALÉRIO, D. B. **AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FORMAS DE ACONDICIONAMENTO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MAMÃO PAPAIA (Carica papaya L.).** Trabalho de conclusão de curso (graduação)— Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e



Medicina Veterinária, 2017.

VESPUCCI, I. L.; SILVA, D. D. A.; MACHADO, V. S.; CAMPOS, A. J. Conservação de maracujá silvestre sob atmosfera modificada passiva. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 13, Nº 3, p. 32–43, 2018.]

YADAV, A. et al. Edible coating as postharvest management strategy for shelf-life extension of fresh tomato (*Solanum lycopersicum* L.): An overview. **Journal Food Science Wiley**, Índia, v. 87, p.2256-2290, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16145>

YAHIA, E. M.; GARCÍA-SOLÍS, P.; CELIS, M. E. M. **Contribution of Fruits and Vegetables to Human Nutrition and Health**. In.: YAHIA, E. M. (Ed.). *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*. Woodhead Publishing: Cambridge, 2019. p.19–45.

YAN, J., LUO, Z., BAN, Z., LU, H., LI, D., YANG, D., ... LI, L. (2019). The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. **Postharvest Biology and Technology**, 147, 29–38. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2018.09.002>

YAXUAN WANG, KUN LIU, MENG ZHANG, TING XU, HAISHUN DU, BO PANG, CHUANLING SI. Sustainable polysaccharide-based materials for intelligent packaging. **Carbohydrate Polymers**, Volume 313, 2023, 120851, ISSN 0144-8617, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.120851>.

YUAN, Y.; HE, N.; XU, Q.; GUO, Q.; DONG, L.; HARUNA, M.H.; ZHANG, X.; LI, B.; LI, L. Shellac: a promising natural polymer in the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, v.109, p.139-153, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.031>.

ZHANG, D.; GAN, R. Y.; GE, Y. Y.; YANG, Q. Q.; GE, J.; LI, H. B.; CORKE, H. Research progress on the antibacterial mechanisms of carvacrol: a mini review. **Bioactive Compounds in Health and Disease**, v. 1, n. 6, p. 71-81, 2018.

ZHANG, Z.; ZHU, Q.; HU, M.; GAO, Z.; AN, F.; LI, M.; JIANG Y. Low-temperature conditioning induces chilling tolerance in stored mango fruit. **Food Chemistry**, v. 219, p. 76-84, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.123>