

Revestimentos poliméricos na conservação pós-colheita de frutas: Uma revisão sistemática integrativa

Polymeric coatings in post-harvest conservation of fruits: An integrative systematic review

Recubrimientos poliméricos en la conservación poscosecha de frutas: Una revisión sistemática integradora

Recebido: 13/05/2025 | Revisado: 20/05/2025 | Aceitado: 20/05/2025 | Publicado: 23/05/2025

Iana Caroline Dias Soares

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4893-171X>

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

E-mail: iana.soares@discente.univasf.edu.br

Erlon Rabelo Cordeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0840-1226>

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

E-mail: erlon.cordeiro@univasf.edu.br

Juliana Mikaelly Dias Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2832-3461>

Faculdade de Medicina Estácio de Juazeiro do Norte, Brasil

E-mail: ju.mdisoares@gmail.com

Resumo

O uso de revestimentos poliméricos para a conservação pós-colheita de frutas tem ganhado crescente relevância como alternativa sustentável e eficiente para prolongar a vida útil de produtos frescos. O presente estudo tem o objetivo de avaliar e sintetizar a evidência disponível sobre revestimentos poliméricos aplicados na conservação de frutas. Este estudo apresenta uma revisão sistemática integrativa que avalia o impacto de diferentes materiais poliméricos, naturais e sintéticos, em frutas como morango, goiaba e tomate-cereja. Foram analisados 15 estudos recentes, destacando a aplicação de polímeros como quitosana, pectina, PVA e filmes eletrofiados com óleos essenciais. Os resultados indicam que os revestimentos poliméricos reduzem significativamente a perda de peso, retardam o amadurecimento e aumentam a proteção contra patógenos. A técnica de aplicação, a composição do revestimento e as características da fruta foram identificadas como fatores determinantes para a eficácia dos revestimentos. Além disso, a adoção de materiais biodegradáveis reflete o compromisso com soluções ambientalmente responsáveis, enquanto inovações como nanoencapsulação de compostos ativos ampliam o potencial de conservação. O estudo conclui apontando lacunas na literatura e sugerindo novas abordagens para otimizar a aplicação de revestimentos poliméricos na conservação de frutas.

Palavras-chave: Filmes poliméricos; Biopolímeros, Biodegradabilidade; Frutas; Quitosana.

Abstract

The use of polymeric coatings for postharvest fruit preservation has gained increasing relevance as a sustainable and efficient alternative to extend the shelf life of fresh produce. The present study aims to evaluate and synthesize the available evidence on polymeric coatings applied in fruit conservation. This study presents an integrative systematic review that evaluates the impact of different polymeric materials, both natural and synthetic, on fruits such as strawberries, guavas and cherry tomatoes. fifteen recent studies were analyzed, highlighting the application of polymers such as chitosan, pectin, PVA and electrospun films with essential oils. The results indicate that polymeric coatings significantly reduce weight loss, delay ripening and increase protection against pathogens. The application technique, coating composition and fruit characteristics were identified as determining factors for the effectiveness of the coatings. In addition, the adoption of biodegradable materials reflects the commitment to environmentally responsible solutions, while innovations such as nanoencapsulation of active compounds expand the preservation potential. The study concludes by pointing out gaps in the literature and suggesting new approaches to optimize the application of polymeric coatings in fruit preservation.

Keywords: Polymeric films; Biopolymers, Biodegradability; Fruits; Chitosan.

Resumen

El uso de recubrimientos poliméricos para la conservación postcosecha de frutas ha ganado cada vez mayor relevancia como una alternativa sustentable y eficiente para alargar la vida útil de productos frescos. El presente estudio tiene como objetivo evaluar y sintetizar la evidencia disponible sobre los recubrimientos poliméricos aplicados en la conservación de frutas. Este estudio presenta una revisión sistemática integradora que evalúa el impacto de diferentes materiales

poliméricos, naturales y sintéticos, en frutas como fresas, guayabas y tomates cherry. Se analizaron 15 estudios recientes, destacando la aplicación de polímeros como quitosano, pectina, PVA y películas electrohiladas con aceites esenciales. Los resultados indican que los recubrimientos poliméricos reducen significativamente la pérdida de peso, retrasan la maduración y aumentan la protección contra patógenos. La técnica de aplicación, la composición del recubrimiento y las características de la fruta fueron identificados como factores determinantes para la efectividad de los recubrimientos. Además, la adopción de materiales biodegradables refleja el compromiso con soluciones ambientalmente responsables, mientras que innovaciones como la nanoencapsulación de compuestos activos amplían el potencial de conservación. El estudio concluye señalando lagunas en la literatura y sugiriendo nuevos enfoques para optimizar la aplicación de recubrimientos poliméricos en la conservación de frutas.

Palavras clave: Películas poliméricas; Biopolímeros, Biodegradabilidade; Frutas; Quitosano.

1. Introdução

Pesquisas indicam que o consumo de frutas está ligado à proteção contra doenças cardiovasculares e diabetes, além de ajudar na prevenção da depressão e de doenças pancreáticas (Dreher, 2018; Du et al., 2017). No entanto, muitas frutas, como goiaba, manga e mamão, enfrentam desafios pós-colheita, devido à aceleração da maturação e deterioração causadas por práticas de manejo inadequadas e mudanças bioquímicas naturais (Carrasco et al., 2019). Essas mudanças incluem perda de peso e decomposição, reduzindo a vida útil da fruta e limitando seu transporte comercial nos mercados interno e externo. Portanto, é crucial desenvolver técnicas para minimizar a perda pós-colheita e atender à demanda do mercado (Mustari et al., 2020).

Como alternativa para prolongar a vida útil dos frutos, podem ser utilizadas técnicas de conservação como armazenamento refrigerado e atmosfera modificada (Soares et al., 2015), ozonização (Coelho et al., 2015), irradiação (Gomes et al., 2019) e uso de revestimentos comestíveis naturais (Fratari et al., 2021). O uso de filmes naturais na superfície das frutas é um método de conservação pós-colheita notável, reconhecido por sua simplicidade, segurança ambiental e eficácia, conforme evidenciado por diversos estudos recentes (Mustari et al., 2020) e têm sido amplamente explorado para frutas e vegetais frescos, tais como uva (Killa-Roha et al., 2022), tomates (Kumar Adhi & Kumar, 2020) e amoras (Cortés Rodríguez et al., 2020), a fim de diminuir a perda de água, reduzir as taxas de respiração e dar uma aparência brilhante e atraente ao fruto (Barboza et al., 2022).

Filmes e revestimentos comestíveis são finas camadas de materiais comestíveis aplicados em alimentos, com função de proteger o produto contra danos mecânicos, físicos, químicos e microbiológicos (Falguera et al., 2011). Podem ser produzidos com base em moléculas inorgânicas, como o óxido de zinco (Dulta et al., 2022), e moléculas orgânicas, como proteínas, lipídios e carboidratos. Estudos apresentam uso de proteínas como caseína (Remor Lopes et al., 2018) e gelatina (Moreira Pereira et al., 2022) para o revestimento de frutos. Dentre os lipídios utilizados para esse fim podem ser citados ceras (Ribeiro et al., 2005) e óleos essenciais (Mitra et al., 2020) e, dentre os carboidratos, se destacam polissacarídeos como quitosana (Silva et al., 2023), pectina (Esmaeili & Khodanazary, 2021), amido (Rosa de Almeida et al., 2016) e alginato (Kumar Adhi & Kumar, 2020).

Esse estudo de revisão sistemática integrativa tem como objetivo avaliar e sintetizar a evidência disponível sobre revestimentos poliméricos aplicados na conservação de frutas. Através desse estudo busca-se responder quais são os principais efeitos da aplicação de um revestimento polimérico sobre a conservação de frutas, quais são os fatores moderadores que influenciam a eficácia dos revestimentos poliméricos na conservação de frutas, assim como quais são as lacunas na literatura atual sobre o uso de revestimentos poliméricos na conservação de frutas.

2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa de natureza quantitativa em relação à quantidade de artigos selecionados para o estudo e, de natureza qualitativa em relação às discussões realizadas (Gil, 2017; Pereira et al., 2018). Portanto, para elaboração dessa revisão sistemática integrativa foram investigados estudos científicos experimentais do tipo artigo científico que analisaram o uso de polímeros na conservação de frutas.

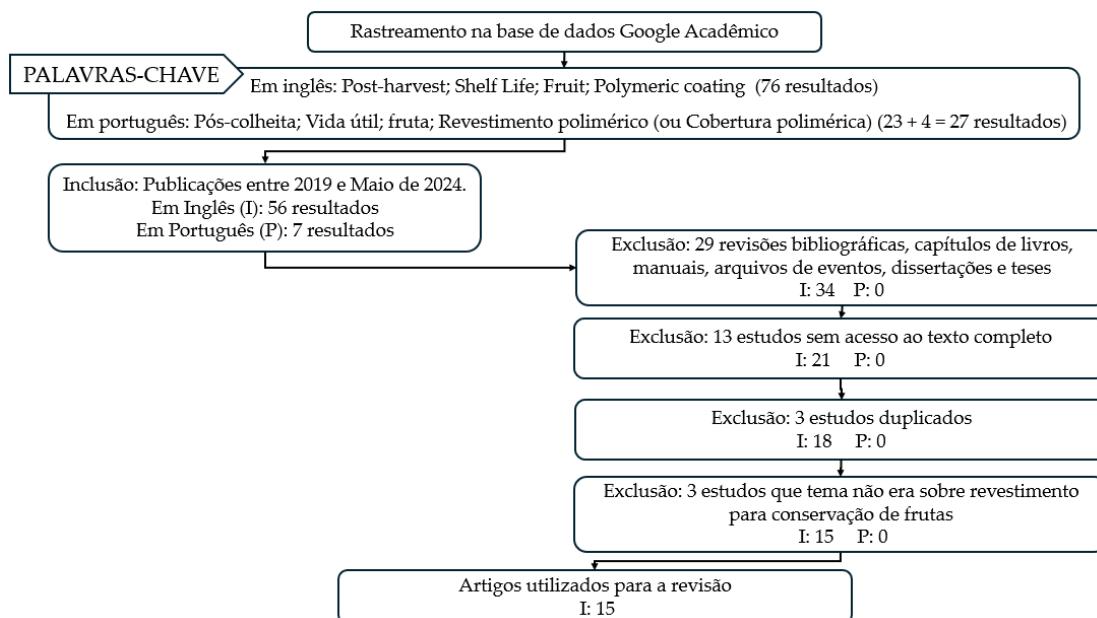
Para isto, realizou-se um rastreamento na base de dados eletrônica Google Acadêmico de todos os estudos publicados nos últimos cinco anos, no período de 2019-2023 e as pesquisas publicadas até maio de 2024, sendo utilizados descritores nas línguas inglesa e portuguesa.

Para a língua inglesa, os descritores utilizados foram “post-harvest”, “shelf Life”, “fruit” e “polymeric coating”. Para a língua portuguesa, suas respectivas traduções: “pós-colheita”, “vida útil”, “fruta” e “revestimento polimérico”. Uma terceira busca foi realizada substituindo o último descritor por “cobertura polimérica”, devido à dualidade da tradução. Após aplicação do filtro de período foram identificados 63 artigos, sendo destes 56 resultados para a pesquisa em inglês e 7 resultados para o total da pesquisa em português.

Objetivando estudos originais, o segundo critério foi a exclusão de revisões bibliográficas, capítulos de livro, manuais, dissertações e teses, sendo estes 22 dos 56 resultados anteriores em inglês e 7 dos resultados em português, restando 34 resultados. Nesse momento, os textos foram acessados e salvos e os materiais, como patentes ou outros arquivos em que o acesso ao texto completo não foi possível, também foram excluídos. Essa exclusão retirou 13 dos 34 artigos para a busca em inglês, restando 21 resultados.

Dos arquivos salvos, três eram duplicados e 3 não apresentavam um revestimento para conservação de frutas como tema de estudo. Após tal análise foram identificados 15 estudos originais que atendiam aos critérios de inclusão. Um breve fluxograma para determinação da amostragem é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma da seleção dos artigos.



Fonte: Autoria própria.

3. Resultados e Discussão

Os sistemas de embalagem à base de polímero têm ganhado atenção por prolongar a vida útil dos alimentos, com foco na biodegradabilidade e em soluções ecologicamente corretas (Felicia et al., 2024). Os polímeros são materiais interessantes porque oferecem propriedades personalizadas quando projetados com fitoconstituintes e nanopartículas, tornando-os ideais para várias aplicações (Jose et al., 2022).

Apesar da versatilidade de polímeros sintéticos, é observada uma tendência pelo desenvolvimento de revestimentos com materiais naturais, devido a seu aspecto ecológico, não tóxico e biodegradável (Mudiyanselage et al., 2019). Nessa revisão, de

todos os materiais citados, 68% eram de origem natural. Além disso, ao analisar os estudos que utilizaram materiais sintéticos é possível perceber a frequente utilização de, pelo menos, um material natural associado. Apenas 2 dos 15 estudos analisados utilizaram exclusivamente materiais sintéticos para produzir o revestimento.

A utilização de óleos essenciais se mostrou habitual, apesar das variadas origens, como girassol, capim limão, orégano, tomilho, pimenta de Sichuan, casca de laranja e cravo, esse material foi utilizado como fase dispersa em 3 dos 4 estudos que utilizaram fibras eletrofiadas como tipo de revestimento (Ansarifar e Moradinezhad, 2022; Moradinezhad et al., 2023; Rusková et al., 2023).

Estudos recentes, como o de Rusková e colaboradores (2023), apresentam o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis utilizando o PLA como matriz de suporte. Tal matriz funciona como barreira à umidade, enquanto os óleos essenciais encapsulados são capazes de liberar gradualmente compostos antimicrobianos e antioxidantes, proporcionando um ambiente com menor contaminação microbiana e degradação dos morangos, mantendo-os frescos e conservados por mais tempo (Rusková et al., 2023).

O estudo de Ansarifar e Moradinezhad (2022) preparou fibras por eletrofiação a partir de uma solução de zeína a 30% (p/v) e ácido acético glacial com adição de óleo essencial de tomilho (TEO) à solução polimérica na proporção de 4% (v/p). O estudo aborda o crescente interesse no uso de óleos essenciais como conservantes naturais de alimentos. Devido à estabilidade limitada à exposição a altas temperaturas, luz e oxigênio dos óleos, o estudo utiliza o método de eletrofiação para encapsular o óleo essencial de tomilho (TEO) e avaliar o prolongamento da vida útil e a preservação da qualidade do fruto de morango durante o armazenamento.

Os resultados indicaram que a eficiência de encapsulação (EE) do TEO na fibra de zeína foi de cerca de 75,23%. O estudo destacou que o TEO encapsulado foi liberado a uma taxa mais lenta do que o TEO livre. As fibras de Zeína/TEO diminuíram significativamente a perda de peso e mantiveram a firmeza e cor dos morangos durante a idade de armazenamento. Efeitos relacionados à preservação dos morangos através da encapsulação de óleos essenciais em PVA também foram relatados por Zhang e colaboradores (2022) e por Moradinezhad e colaboradores (2023) como satisfatórios.

Além da utilização de óleos essenciais, outros materiais naturais apresentam grande relevância no estudo de embalagens ativas para frutas, como a quitosana, que foi o material mais utilizado (considerando a diferente origem dos óleos essenciais), estando presente em 3 dos 15 estudos. A quitosana possui uma excelente biocompatibilidade e biodegradabilidade, sendo uma alternativa para interação com outros polímeros (Jacumazo et al., 2023). É um polímero derivado da quitina, que possui propriedades antimicrobianas e antioxidantes, beneficiando a preservação de frutas (Rusková et al., 2023).

Os principais resultados focos da pesquisa estão sintetizados no Quadro 1.

Quadro 1 - Principais resultados dos artigos selecionados para a análise integrativa.

Citação	Material	Grupos e Análises	Resultados
Mudiyanselag e et al., 2019	Cera de abelha, pó de semente de tamarindo (TSP), óleo de girassol e surfactante	Variações na concentração de óleo e tempo de imersão.	Filmes com TSP, cera e óleo conservaram goiabas por 13 dias a 30°C e 21 dias a 25°C.
Ghoora e Srividya, 2020	Gel de Aloe Vera	Comparação entre embalagens e métodos (pré e pós-colheita) com Aloe Vera.	Aloe Vera reduziu perdas, aumentou ac. ascórbico e qualidade; pré-pulverização foi mais eficaz que imersão pós-colheita.
Hmmam et al., 2021	Nanopartículas de prata (AgNPs) à base de CMC ¹ e goma guar	Imersão em AgNPs-CMC ou goma guar por 28 dias, análises semanais a 13°C.	Revestimentos com AgNPs reduziram perda de peso e respiração até 21 dias; goma guar apresentou melhor desempenho.

Hebishi e Tas, 2023	Alginato com aditivos (4-hexilresorcinol (4-HR) e metabissulfito de sódio (SMBS)	Imersão em tratamentos com/sem aditivos e apenas de aditivos; armazenamento por 10 dias a 25°C.	Após 10 dias, houve evidência de crescimento microbiano e escurecimento nas amostras sem o revestimento de alginato. Amostras sem aditivos apresentaram aparência enrugada.
Jacumazo et al., 2022	Nanocápsulas (NCs) à base de quitosana e carboximetilcelulose contendo eugenol	Comparação entre NCs com/sem eugenol, solução de eugenol e solução do fungicida padrão	Nectarinas revestidas com as NCs na presença de eugenol e solução de eugenol apresentaram menor risco relativo, respectivamente. Frutos tratados com o fungicida foram mais suscetíveis ao aparecimento de sintomas da doença.
Rusková et al., 2023	Óleo essencial de capim-limão e orégano encapsulados em filme de PLA, PHB ² e ATBC ³	Fibras sem e com óleo essencial foram avaliadas em MEV, TGA e FTIR. Morangos avaliados em grupo controle, com fibras encapsuladas com OE de orégano e capim-limão nas tampas testados a cada 7 dias por 28 dias.	Membranas apresentaram alta porosidade em MEV, a TGA revelou a diminuição da temperatura de decomposição com introdução de OEs. Os frutos embalados em Membranas com OEs retardaram amadurecimento, perdas e fungos; capim-limão foi mais eficaz.
Heras-mozos et al., 2021	Trans-2-hexenal (HXAL)	Incorporação de HXAL em almofadas de celulose para liberação controlada. Os morangos foram repousados em almofadas a avaliados a 4°C por 14 dias.	Embalagem com HXAL inibiu fungos, mas causou escurecimento e maciez nos morangos.
Ansarifar e Moradinezhad, 2022	Zeína e Óleo essencial de Tomilho	Avaliação MEV e testes de liberação por 180 h. Análises de teor microbiano e perda de peso em morangos sem revestimento, Zeína e Zeína/TEO a 4°C por 15 dias.	O TEO em fibra de Zeína manteve 65% de teor após 180 h. Os morangos com fibra de Zeína e TEO mantiveram a qualidade após 15 dias, com cerca de 15% de perda de peso e firmeza 20% maior em relação ao controle.
Zhao et al., 2023	Paquiman, PLA e PVA	Filmes com PVA, com PVA/paquiman, e PVA/paquiman/PLA (com variação de 20-60g/L). Avaliação em MEV e FTIR, medições de espessura, ângulo de contato e permeabilidade Tomates cereja avaliados após 10 dias.	Menores variações em tomates cereja embalados em filme PM/PVA-40 PLA (40g/L de PLA). Filmes de PVA apresentaram frutos com maior perda de massa.
Zhang et al., 2022	Óleo essencial de Zanthoxylum bungeanum e PVA	Grupos controle, OE, PVA e PVA/OE. Análises mecânicas, MEV, FTIR, permeabilidade ao vapor de água e ângulo de contato. Morangos e cerejas foram avaliados por 10 dias em temperatura ambiente.	Filme com ZBEO/PVA inibiu míldio, teve melhor aceitabilidade e propriedades mecânicas. As coberturas foram avaliadas diretamente (<i>in vitro</i>) em contato com <i>Botrytis cinerea</i> e apenas o grupo de ZBEO inibiu seu crescimento.
Moradinezhad; Hedayati; Ansarifar, 2023	Óleo essencial de Zataria Multiflora e PVA	Grupos controle, PVA e PVA/ZMEO. Análises de MEV e FTIR e análises dos atributos dos frutos, como perda de peso, firmeza e coloração realizadas durante o armazenamento em 4°C por 15 dias.	Após 15 dias de armazenamento, não houve diferença significativa quanto à perda de peso. Frutos revestidos apresentaram melhores atributos de cor e firmeza. O grupo PVA/ZMEO apresentou melhor atividade antimicrobiana após 15 dias.
Felicia et al., 2024	Gel de Aloe Vera, quitosana e óleo essencial de casca de laranja	Formulações de quitosana/aloe vera com 1–3% OE de laranja; sem aplicação em frutas. Análise FTIR, permeabilidade ao vapor de água e tamanho de partículas foram realizadas.	Adição de OE reduziu o tamanho das partículas, taxa de transmissão de vapor de água e o coeficiente de difusão.
Jose et al., 2022	PVA, nanopartículas de quitosana e óleo essencial de cravo	Grupos PVA, PVA/OE de cravo, PVA/quitosana e PVA/quitosana/OE de cravo. Análises de DRX e FTIR, testes de propriedades hidrodinâmicas e barreira microbiana em filmes. Sem aplicação em frutas.	O filme PVA/quitosana/óleo de cravo apresentou baixa umidade e solubilidade, além de propriedades superiores de barreira microbiana e atividade antifúngica contra <i>Pythium aphanidermatum</i> .
Cui et al., 2024	PVA/PCL e citral	Grupos controle, PVA/PCL e PVA/PCL-citral (com variação de 2 a 10% de citral). Damascos em temperatura ambiente avaliados por 9 dias. Avaliação de morfologia das fibras e de propriedades de liberação controlada sob diferentes condições de umidade.	PVA/PCL-citral manteve damascos por mais de 9 dias; aumento do citral aumentou o diâmetro da fibra.
Pucega et al., 2019	Fécula de Mandioca e antociacina	Avaliações físico-químicas (perda de massa, firmeza, sólidos solúveis) a cada 5 dias até 20 dias após a aplicação.	Antocianina aumentou a vida útil das peras em comparação à cobertura sem o composto.

¹carboximetilcelulose (CMC); ²poli(3-hidroxibutirato) (PHB); ³plastificante Citrato de acetil tributil (ATBC)

Fonte: Autoria própria.

A aplicação com filme foi a predominante, estando presente em 8 dos 15 estudos selecionados. Para a aplicação com filmes, 4 dos 8 estudos apresentaram filmes de mantas produzidas por eletrofiação. Com exceção do estudo de Heras-Mozos e colaboradores (2021), que utilizou almofadas celulósicas e dos 8 estudos com filmes, o restante dos revestimentos se apresentou na forma de solução ou emulsão, com aspecto fluido, sendo este um dos formatos mais populares de revestimento. Para os filmes, as frutas são, em geral, uniformemente cobertas, enquanto as soluções podem ser aplicadas de diversas formas, como pulverização, gotejamento e, a mais comum, imersão. Dois estudos produziram filmes com o intuito de utilização no revestimento de frutas, mas não realizaram testes aplicando no alimento (Felicia et al., 2024; (Jose et al., 2022).

Rusková e colaboradores (2023) produziram uma manta por eletrofiação e, para aplicá-la em morangos, utilizou-se a embalagem pet convencional como controle e a manta foi depositada na tampa da embalagem. O mesmo estudo observou que as membranas de PLA desenvolvidas apresentaram alta porosidade em MEV, que é um resultado interessante para aplicação em frutas, já que permite a permeabilidade de gases. Além disso, os parâmetros de qualidade dos frutos indicaram que a embalagem de membrana ativa com óleos essenciais retardou o processo de amadurecimento, manteve a integridade da parede celular do fruto, reduziu a perda de peso, o crescimento fúngico e apresentaram boas atividades antimicrobianas.

A incorporação de fibras eletrofiadas na embalagem de alimentos também demonstrou resultados promissores em outros estudos. No estudo de Cui e colaboradores (2024) foi usada a técnica de eletrofiação para encapsular citral em fibras de PVA/PCL, criando uma estrutura de núcleo-casca onde o citral estava no núcleo e a casca era composta de PVA. Esse design foi especialmente eficiente para a liberação controlada do citral, que ocorria em resposta à umidade dentro do ambiente de embalagem. Dessa forma, a embalagem conseguia liberar compostos antimicrobianos ao longo do tempo, em sincronia com as necessidades de preservação da fruta. Essa abordagem não apenas controlou a deterioração microbiológica, como também manteve a atividade antioxidante, ajudando a prolongar a vida útil das frutas (Cui et al., 2024).

Em um contexto semelhante, Zhao e colaboradores (2023) avaliaram o uso de um filme de bicamada composto por uma combinação de paquiman e álcool polivinílico (PVA) em uma camada interna e PLA em uma camada externa, para a conservação de tomate-cereja. Essa abordagem em multicamadas mostrou-se vantajosa, pois permitiu maior resistência à água e diminuiu a permeabilidade ao oxigênio, fatores críticos para a manutenção da qualidade do fruto. A estrutura do filme bilayer possibilitou que os tomates fossem preservados por mais tempo em comparação com filmes convencionais, como os de polietileno e os de PVA puro (Zhao et al., 2023).

O morango foi o fruto mais comumente analisado, devido à sua perecibilidade, ocasionando a decomposição fúngica e levando à deterioração da qualidade rapidamente (Ansarifar e Moradinezhad, 2022; Heras-Mozos et al., 2021). Quanto aos efeitos da aplicação, os revestimentos com características de proteção microbiológica, referente à proteção exclusiva para microrganismos como fungos e bactérias, apresentou-se como objetivo de aproximadamente 24% dos estudos analisados, enquanto a proteção física e biológica, que diz respeito à proteção contra alterações físicas e biológicas decorrentes de amadurecimento, como perda de peso e retenção de nutrientes foi maioria, sendo de interesse em 76% dos estudos.

Para revestimentos que utilizam mais de um componente ou a técnica LbL, é importante compreender condições como a polaridade do componente e o ângulo de contato que influenciam na interação com a fruta (Zhao et al., 2023) e como podem ser manipulados, a exemplo da utilização da quitosana no estudo de Jacumazo e colaboradores (2022).

Alguns estudos analisados apresentaram avaliações diferenciadas e enriquecedoras de revestimentos, a exemplo de Ghoora e Srividya (2020) que apresentaram testes de aplicação do revestimento na etapa pré-colheita e avaliou seus resultados comparando-os com a aplicação no pós-colheita. Foi notado a ausência de estudos que analisassem a viabilidade econômica (custo/fruto) do revestimento proposto.

4. Considerações Finais

Os resultados indicam que os revestimentos poliméricos reduzem significativamente a perda de peso, retardam o amadurecimento e aumentam a proteção contra patógenos. Além disso, a técnica de aplicação, a composição do revestimento e as características da fruta foram identificadas como fatores determinantes para a eficácia dos revestimentos.

Embora ainda existam lacunas na literatura e a necessidade de realizar novas abordagens e estudos para otimizar a aplicação de revestimentos poliméricos na conservação de frutas, a abundância de conteúdos atuais sobre revestimentos para a conservação de frutas no pós-colheita destaca a importância desse tema na comunidade científica, especialmente devido ao desperdício e outros fatores relevantes, como a redução do uso de embalagens plásticas e o atendimento à demanda do consumidor. Nesse sentido, a adoção de materiais biodegradáveis reflete o compromisso com soluções ambientalmente responsáveis, enquanto inovações como nanoencapsulação de compostos ativos ampliam o potencial de conservação.

Referências

- Ansarifar, E., & Moradinezhad, F. (2022). Encapsulation of thyme essential oil using electrospun zein fiber for strawberry preservation. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00267-y>
- Barboza, H. T. G., Soares, A. G., Ferreira, J. C. S., & Freitas Silva, O. (2022). Filmes e revestimentos comestíveis: conceito, aplicação e uso na pós-colheita de frutas, legumes e vegetais. *Research, Society and Development*, 11(9). <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31418>
- Carrasco, P. B., Gandra, E. A., & Chim, J. F. (2019). Revestimentos comestíveis proteicos. *Brazilian Journal of Food Research*, 10(3), 148–160.
- Coelho, C. C. de S., Freitas-Silva, O., Da S. Campos, R., Bezerra, V. S., & Cabral, L. M. C. (2015). Ozonation as post-harvest technology in conservation of fruits and vegetables: A review. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(4), 369–375. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p369-375>
- Cortés Rodríguez, M., Villegas Yépez, C., Gil González, J. H., & Ortega-Toro, R. (2020). Effect of a multifunctional edible coating based on cassava starch on the shelf life of Andean blackberry. *Helijon*, 6(5). <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2020.e03974>
- Cui, Z., Ren, G., Zheng, X., Zhao, Y., Li, D., Li, Z., Zhang, Y., Hu, S., Sun, W., Lu, D., Zhang, L., & Yu, H. (2024). Novel humidity-responsive packaging material based on emulsion electrospinning for fruit preservation. *Food Packaging & Shelf Life*. <https://ssrn.com/abstract=4791471>
- Dreher, M. L. (2018, dezembro 1). Whole fruits and fruit fiber emerging health effects. *Nutrients*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/nu10121833>
- Du, H., Li, L., Bennett, D., Guo, Y., Turnbull, I., Yang, L., Bragg, F., Bian, Z., Chen, Y., Chen, J., Millwood, I. Y., Sansome, S., Ma, L., Huang, Y., Zhang, N., Zheng, X., Sun, Q., Key, T. J., Collins, R., ... Qiu, Z. (2017). Fresh fruit consumption in relation to incident diabetes and diabetic vascular complications: A 7-y prospective study of 0.5 million Chinese adults. *PLoS Medicine*, 14(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002279>
- Dulta, K., Koşarsoy AĞçeli, G., Thakur, A., Singh, S., Chauhan, P., & Chauhan, P. K. (2022). Development of Alginate-Chitosan Based Coating Enriched with ZnO Nanoparticles for Increasing the Shelf Life of Orange Fruits (*Citrus sinensis* L.). *Journal of Polymers and the Environment*, 30(8), 3293–3306. <https://doi.org/10.1007/s10924-022-02411-7>
- Esmaeili, M., & Khodanazary, A. (2021). Effects of pectin/chitosan composite and bi-layer coatings combined with Artemisia dracunculus essential oil on the mackerel's shelf life. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 3367–3375. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00879-w>
- Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), 292–303. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2011.02.004>
- Felicia, W. X. L., Kobun, R., Nur Aqilah, N. M., Mantihal, S., & Huda, N. (2024). Chitosan/aloe vera gel coatings infused with orange peel essential oils for fruits preservation. *Current Research in Food Science*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.crls.2024.100680>
- Fratari, S. C., Oliveira, A. P. de, Faria, R. A. P. G. de, & Villa, R. D. (2021). Revestimentos comestíveis para conservação pós colheita de banana: uma revisão. Em *Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Volume 4* (p. 444–467). Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/210203091>
- Ghoora, M. D., & Srividya, N. (2020). Effect of packaging and coating technique on postharvest quality and shelf life of raphanus sativus L. And hibiscus sabdariffa L. microgreens. *Foods*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/foods9050653>
- Gil, A. C. (2017). Como elaborar projetos de pesquisa. 6ed. Atlas.
- Gomes, I., Santos, C., Santos, H., Santos, M. J., Vieira, A., & Muniz, B. (2019). *Avaliação dos Efeitos da Irradiação Gama e Aplicação de Fungicida no Tratamento e Conservação de Frutas Evaluation of the Effects of Gamma Irradiation and Fungicide Application on Fruit Treatment and Conservation*. 12–19.
- Heras-Mozos, R., García-Moreno, A., Monedero-Prieto, M., Tone, A. M., Higueras, L., Hernández-Muñoz, P., & Gavara, R. (2021). Trans-2-hexenal-based antifungal packaging to extend the shelf life of strawberries. *Foods*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/foods10092166>
- Jacumazo, J., Parchen, G. P., Garcia, M. J. B., Santos, N. C. S., De Mio, L. L. M., Marques, F. A., & de Freitas, R. A. (2023). Nectarine Coated with Biopolymeric Nanocapsules Containing Eugenol to Control Brown Rot. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 34(7), 1030–1039. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20230018>

Jacumazo, J., Pereira Parchen, G., Janete Ballesteros-Garcia, M., Cristina da Silva, N., Larissa May de Mio, L., & Alves de Freitas, R. (2022). Natural polymer nanocapsules containing eugenol for nectarine coating to control brown rot caused by *Monilinia fructicola*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1654686/v1>

Jose, A., Anitha Sasidharan, S., Chacko, C., Mukkumkal Jacob, D., & Edayileveettil Krishnankutty, R. (2022). Activity of Clove Oil and Chitosan Nanoparticles Incorporated PVA Nanocomposite Against *Pythium aphanidermatum*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 194(4), 1442–1457. <https://doi.org/10.1007/s12010-021-03709-3>

Killa-Roha, M., Sawant Konkan Krishi Vidyapeeth, B., Ratnagiri, D., Corresponding Author, I., Yadav, V. B., Pujari, K. H., & Sargar, Y. A. (2022). Effect of pre and post-harvest application of chitosan on physical and physiological parameters of grape Cv. Manik Chaman during storage at 0 °C temperature. *The Pharma Innovation Journal*. 11(10): 718-728

Kumar Adhi, A., & Kumar, S. (2020). Effect of sodium alginate, guar gum and lemon grass oil based coatings on post-harvest quality of tomatoes during ambient storage. *Plant Archives*. 20(2), 3475–3481.

Mitra, A., Selvam, S. P., Shehabudheen, S., Priscilla, D., Anitha, M., & Kumar, M. M. (2020). Efficiency Evaluation of Cinnamon Essential Oil Loaded Nanoliposomal Coating for the Post-Harvest Management of Apple (*Malus domestica*). *International Journal on Emerging Technologies*, 11(2), 554–559. www.researchtrend.net

Moradinezhad, F., Hedayati, S., & Ansarifar, E. (2023). Assessment of Zataria Multiflora Essential Oil—Incorporated Electrospun Polyvinyl Alcohol Fiber Mat as Active Packaging. *Polymers*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/polym15041048>

Moreira Pereira, E., Dellinghausen Borges, C., dos Santos Formiga, A., Sidnaldo Pinsetta Junior, J., Mattiuz, B. H., & Santos Monteiro, S. (2022). Conservation of red guava “Pedro Sato” using chitosan and gelatin-based coatings produced by the layer-by-layer technique. *Process Biochemistry*, 121, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.06.020>

Mudiyanselage, H., Lakmali, K., Jayasinghe, C. V. L., Mudalige, J., & Jayasinghe, J. K. (2019). Effectiveness of a composite edible coating on the post-harvest conservation of guava (*Psidium guajava* L.). Em *Int. J. Postharvest Technology and Innovation* (Vol. 6, Número 4).

Mustari, N., Monir, R., Sani Hossian, N., Hasan, M., Biswas, S., Hossain, S., & Malek, M. A. (2020). Effect of indigenous techniques on postharvest quality and shelf life of mango. *Journal of Biology and Nature*. <https://www.researchgate.net/publication/341958945>

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [free e-book]. Editora UAB/NTE/UFSM.

Remor Lopes, A., Cardoso Dragunski, D., Caetano, J., Botin Francisco, C., & Ferreira Bonfim Júnior, L. (2018). Conservação de goiabas com revestimentos comestíveis de amido e caseína com extrato de barbatimão. *Revista Engenharia na Agricultura - REVENG*, 26(4), 295–305. <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i4.928>

Ribeiro, V. G., Simão De Assis, J., Silva, F. F., Paulo, P., Siqueira, X., Pionorio, C., & Vilaronga, P. (2005). Armazenamento de goiabas “paluma” sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2, 203–206.

Rosa de Almeida, R., Rodrigues Caetano, L., Fiorentin Rosa de Almeida, V., Martins de Freitas Alves, S., & Palmiro Ramirez Ascheri, D. (2016). Elaboração e caracterização de filmes comestíveis a base do amido de milho, fruta-de-lobo e glicerol.

Rusková, M., Opálková Šišková, A., Mosnáčková, K., Gago, C., Guerreiro, A., Bučková, M., Puškárová, A., Pangallo, D., & Antunes, M. D. (2023). Biodegradable Active Packaging Enriched with Essential Oils for Enhancing the Shelf Life of Strawberries. *Antioxidants*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/antiox12030755>

Silva, K. G. da, Cavalcanti, M. T., Martinsa, L. P., Alves, R. de C., Lucena, F. A. de, Santos, M. S. A., Silva, S. X. da, Costa, F. B. da, Moreira, I. dos S., & Pereira, E. M. (2023). Coatings Based on Gelatin and Chitosan in the Conservation of Papaya (*Carica papaya* L.) Minimally Processed. *Horticulturae*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070729>

Soares, C. D. F., Silva, P. P. M., Sasaki, F. F. C.; Aracaju, A., Carlos, S., Soares, D. F., Da Silva, P. P. M., Fabiana, Sasaki, F. C., & Kluge, R. A. (2015). *Atmosfera modificada na conservação pós-colheita de uva 'Centennial Seedless'*.

Zhang, H., Zhang, C., Wang, X., Huang, Y., Xiao, M., Hu, Y., & Zhang, J. (2022). Antifungal electrospinning nanofiber film incorporated with *Zanthoxylum bungeanum* essential oil for strawberry and sweet cherry preservation. *LWT*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113992>

Zhao, Z., Xu, Y., Zou, P., Xu, L., & Cai, J. (2023). Developing a pachyman/polyvinyl alcohol-polylactic acid bilayer film as multifunctional packaging and its application in cherry tomato preservation. *LWT*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115249>