

Tecnologia de revestimentos comestíveis na Nutrição: Sustentabilidade e preservação da qualidade de alimentos com extratos naturais

Edible coating technology in Nutrition: Sustainability and quality preservation of foods with natural extracts

Tecnología de recubrimientos comestibles en la Nutrición: Sostenibilidad y conservación de la calidad de alimentos con extractos naturales

Recebido: 10/09/2025 | Revisado: 16/09/2025 | Aceitado: 16/09/2025 | Publicado: 18/09/2025

Samira Lima Barros

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1264-8872>

Faculdade para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia, Brasil

E-mail: samirasilva769@gmail.com

Lorena Limão Vieira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7736-7917>

Instituto Federal do Tocantins, Brasil

E-mail: lorenalvsantos@gmail.com

Tatiane Vansoski Araujo

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6057-6625>

Faculdade para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia, Brasil

Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal, Brasil

E-mail: tatiane.vansoski@gmail.com

Resumo

Os revestimentos comestíveis enriquecidos com extratos naturais vêm sendo explorados como alternativa sustentável para a conservação de alimentos, contribuindo para a manutenção de suas propriedades físico-químicas. Este estudo teve como objetivo revisar e avaliar a aplicação de extratos naturais em revestimentos comestíveis, bem como seus efeitos sobre a segurança alimentar e a extensão da vida útil de diferentes categorias de alimentos. Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, com base em publicações científicas em português e inglês, entre os anos de 2010 e 2025. Os resultados evidenciam que os alimentos revestidos apresentaram melhorias nos atributos sensoriais, como cor, odor, sabor, textura e aceitação global, além de redução na taxa de deterioração e inibição do crescimento microbiano. Assim, a utilização de revestimentos com extratos naturais revela-se uma estratégia promissora para a conservação de alimentos, alinhando-se às exigências dos consumidores por produtos mais saudáveis e ambientalmente sustentáveis.

Palavras-chave: Conservação de alimentos; Segurança alimentar; Sustentabilidade; Extratos naturais.

Abstract

Edible coatings enriched with natural extracts have been explored as a sustainable alternative for food preservation, helping maintain their physicochemical properties. This study aimed to review and evaluate the use of natural extracts in edible coatings and their effects on food safety and shelf-life extension across different food categories. An integrative literature review was conducted, based on scientific publications in Portuguese and English from 2010 to 2025. The findings show that coated foods exhibited improvements in sensory attributes such as color, odor, flavor, texture, and overall acceptance, along with a reduction in spoilage rates and microbial growth inhibition. Thus, the use of coatings with natural extracts proves to be a promising strategy for food preservation, meeting consumer demands for healthier and environmentally responsible products.

Keywords: Food preservation; Food safety; Sustainability; Natural extracts.

Resumen

Los recubrimientos comestibles enriquecidos con extractos naturales han sido investigados como una alternativa sostenible para la conservación de alimentos, ayudando a mantener sus propiedades físico-químicas. Este estudio tuvo como objetivo revisar y evaluar el uso de extractos naturales en recubrimientos comestibles, así como sus efectos sobre la seguridad alimentaria y la extensión de la vida útil en diferentes categorías de alimentos. Se realizó una revisión integradora de la literatura, basada en publicaciones científicas en portugués e inglés entre los años 2010 y 2025. Los resultados muestran que los alimentos recubiertos presentaron mejoras en atributos sensoriales como color, olor, sabor,

textura y aceptación general, además de una reducción en la tasa de deterioro y la inhibición del crecimiento microbiano. Por lo tanto, el uso de recubrimientos con extractos naturales se presenta como una estrategia prometedora para la conservación de alimentos, respondiendo a la demanda de los consumidores por productos más saludables y ambientalmente sostenibles.

Palavras clave: Conservação de alimentos; Segurança alimentar; Sustentabilidade; Extratos naturais.

1. Introdução

Os revestimentos comestíveis vêm ganhando destaque como uma solução inovadora e sustentável para prolongar a conservação dos alimentos. Funcionam como uma espécie de barreira protetora, reduzindo a perda de umidade, retardando reações de oxidação e limitando o crescimento de microrganismos. Além de aumentar a vida útil, podem incorporar compostos bioativos, conferindo também valor nutricional e funcional aos produtos (Bajaj et al., 2023; Andriani et al., 2023). O crescente interesse nessa tecnologia acompanha a busca por alternativas biodegradáveis ao uso de plásticos convencionais, alinhando-se à demanda por soluções mais naturais e ambientalmente responsáveis (Nair et al., 2020).

A presença excessiva de umidade é uma das principais causas de deterioração, pois altera a consistência dos alimentos e favorece o desenvolvimento de patógenos. Para enfrentar esse problema, diferentes materiais têm sido aplicados, como gelatina, amido, quitosana, celulose, ácido polilático e alginato. Esses compostos já foram utilizados em frutas, vegetais, biscoitos, salmão defumado, presunto e pescados, com resultados promissores (Diaz-Montes et al., 2021). De fácil preparo e baixo custo, os revestimentos comestíveis também se destacam como alternativa eficiente para prolongar o amadurecimento de frutas climáticas, dispensando o uso de técnicas mais complexas, como atmosfera controlada ou refrigeração (Jodhani et al., 2021; Suhag et al., 2022). Além disso, podem atuar como veículos para vitaminas, minerais e antioxidantes, contribuindo para o valor nutricional e a estabilidade dos alimentos (Sharma et al., 2019).

O desenvolvimento dessa tecnologia tem se apoiado, em grande parte, no uso de polímeros naturais, comestíveis e biodegradáveis, que oferecem às indústrias uma resposta aos desafios de atender consumidores cada vez mais exigentes por qualidade e segurança. Estudos mostram que frutas e hortaliças tratadas com revestimentos apresentam maior tempo de conservação em comparação com aquelas minimamente processadas (Armghan khalid et al., 2022). Ainda assim, perdas pós-colheita continuam a ocorrer, influenciadas por fatores desde o cultivo até o armazenamento. Os revestimentos, nesse sentido, auxiliam ao modificar a atmosfera ao redor do alimento, reduzindo a respiração celular e a produção de etileno, retardando assim os processos fisiológicos de deterioração (Maringgal et al., 2020).

Na formulação desses revestimentos, diferentes constituintes vêm sendo estudados. Entre as proteínas, destacam-se a de soja, a zeína do milho, a gelatina e a proteína do soro do leite, todas capazes de formar películas protetoras eficazes para frutas e carnes. A zeína, por exemplo, aplicada em tomates, reduziu a perda de firmeza e retardou a mudança de cor (Yadav et al., 2022), e quando usada em nozes, maçãs e peras, ajudou a reduzir a perda de massa durante o armazenamento (Nunes et al., 2023). A proteína do soro de leite, quando combinada ao alginato de sódio, mostrou potencial em aumentar em até seis meses a vida útil de peixes congelados, como o kilka (Chen et al., 2019).

Os polissacáideos também têm papel relevante, principalmente o alginato, a quitosana e diferentes gomas naturais. Um estudo com quitosana associada ao extrato de *Ficus hirta* indicou maior ativação de enzimas de defesa e atraso da senescência em frutas (Chen et al., 2020). Em peixes, a combinação de gelatina e quitosana em filés de pirarucu conseguiu inibir o crescimento bacteriano e manter a qualidade durante o armazenamento refrigerado (Santos et al., 2024). Resultados semelhantes foram descritos com goma arábica e goma de amêndoas, que retardaram o amadurecimento de cerejas doces (Priya et al., 2023). Já no caso dos lipídios, por sua baixa polaridade, estes atuam como barreiras eficientes contra a perda de água. A cera de carnaúba, por exemplo, apesar de não conferir brilho, mostrou-se altamente eficaz na proteção contra umidade em maçãs e

cítricos (Nunes et al., 2023). De forma semelhante, a goma-laca demonstrou bons resultados na redução da oxidação em nozes e no controle da transferência de umidade (Milani et al., 2022).

Mais recentemente, a pesquisa tem explorado o enriquecimento das coberturas com extratos vegetais e óleos essenciais, ricos em fitoquímicos que atuam contra microrganismos. Esses compostos podem ser obtidos de especiarias, ervas, flores, sementes e até resíduos de frutas, destacando-se fenóis, flavonoides e terpenos como os principais bioativos (Negi et al., 2012; Gniewosz et al., 2014; Butnariu et al., 2021; Chiocchio et al., 2021). Há evidências de que a incorporação de própolis em coberturas para carnes e pescados refrigerados reduz a deterioração microbiana e retarda alterações sensoriais (Ebadi et al., 2019; Márquez et al., 2019; Mehdizadeh et al., 2019; Nessianpour et al., 2019; Yong et al., 2021). Em vegetais como os brócolis, a associação de própolis e quitosana foi eficaz em evitar o escurecimento enzimático (Álvarez et al., 2013). Outras formulações, como as que incluem alginato e quitosana enriquecidos com óleo de capim-limão, também mostraram potencial em reduzir a deterioração em frutas como a romã (Kahwena et al., 2021).

Para a obtenção desses extratos, diferentes métodos são explorados. A extração por ultrassom, por exemplo, aumenta a liberação de compostos bioativos ao romper estruturas celulares, sendo frequentemente realizada com solventes como etanol (Li et al., 2019). Já a destilação a vapor, seguida de filtração, é usada para se obter extratos mais puros (Synowiec et al., 2014). Outro exemplo é a extração dupla com etanol, que tem sido aplicada em espécies vegetais como a Salgado de verão, favorecendo o aproveitamento das partes aéreas (Kraśniewska et al., 2014).

Em síntese, os avanços na área demonstram que os revestimentos comestíveis não apenas prolongam a vida útil dos alimentos, mas também agregam funcionalidades nutricionais e tecnológicas, configurando-se como alternativa sustentável às embalagens plásticas tradicionais. Além de contribuírem para a segurança alimentar, favorecem a aceitação dos produtos pelos consumidores ao aliarem qualidade e sustentabilidade. Nesse contexto, o presente artigo, objetivo revisar e avaliar a aplicação de extratos naturais em revestimentos comestíveis, bem como seus efeitos sobre a segurança alimentar e a extensão da vida útil de diferentes categorias de alimentos.

2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa de natureza qualitativa de revisão bibliográfica do tipo narrativa (Pereira et al., 2018; Rother, 2007). A coleta de dados para esta revisão foi realizada a partir da análise de artigos científicos indexados em bases de dados reconhecidas, tais como Scopus, Web of Science, PubMed e ScienceDirect. Os termos de busca utilizados incluíram combinações como “+Edible Coating”, “+Biodegradable Films”, “+Plant Extracts”, “+Fruit Preservation”, e “+Food Shelf Life”, sendo aplicados com operadores booleanos para refinar os resultados. Foram considerados estudos publicados entre os anos de 2010 e 2025, em língua inglesa e portuguesa.

Foram incluídos estudos originais que abordassem a formulação, aplicação e eficácia de revestimentos comestíveis com foco na preservação de alimentos, especialmente frutas, vegetais, carnes e pescados. Foram também considerados trabalhos que apresentassem dados físico-químicos, microbiológicos e sensoriais associados aos alimentos revestidos.

Excluíram-se artigos de revisão, teses, dissertações, literatura cinzenta, estudos sem análise empírica ou sem descrição detalhada da composição dos revestimentos utilizados. Trabalhos que não apresentaram comparações entre alimentos revestidos e controles, ou que não relataram claramente os métodos de análise aplicados, também foram descartados.

De cada artigo selecionado, foram extraídas as seguintes informações: título, ano de publicação, tipo de alimento analisado, composição do revestimento, metodologia de aplicação, parâmetros avaliados (como perda de peso, pH, atividade antioxidante, vida útil, etc.) e principais resultados obtidos. As informações foram sistematizadas em planilhas eletrônicas para

facilitar a análise comparativa entre os diferentes tipos de revestimento e aplicações descritas.

A análise dos dados foi realizada por meio de estatística descritiva, com foco na frequência de utilização de determinados biopolímeros (ex.: quitosana, gelatina, amido, alginato), tipos de extratos vegetais incorporados (ex.: própolis, chá verde, óleos essenciais), e seus efeitos sobre variáveis físico-químicas e microbiológicas. Também foi avaliado o impacto do tipo de revestimento na sustentabilidade do processo e no aumento da vida útil dos produtos analisados.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta um panorama comparativo das principais aplicações de revestimentos comestíveis em diferentes matrizes alimentares, destacando a composição dos materiais, os alimentos tratados e os efeitos obtidos. Observa-se que as formulações envolvendo quitosana, alginato e ceras naturais apresentaram resultados mais recorrentes, especialmente no controle microbiano, na preservação da firmeza e na redução de perdas pós-colheita.

Tabela 1 – Resumo das aplicações, composições e efeitos funcionais de revestimentos comestíveis em alimentos.

Material do Revestimento	Composição	Alimento	Efeito do Revestimento	Referências
Óleo essencial de laranja e <i>Opuntia oligacantha</i>	Lecitina de soja, óleo mineral, catecol, ácido tricloroacético, formaldeído, ácido acético glacial	Abacate	Manteve o conteúdo total de fenol e flavonoides totais e potencializou a atividade antioxidante.	Cenobio-Galindo et al., 2019
Cera de abelha	Hidroxipropilmetylcelulose, ácido esteárico, glicerol	Goiaba vermelha	Reduziu a perda de massa, manteve a cor verde e aumentou a firmeza.	Formiga et al., 2019
Quitosana	Óleo de tomilho e óleo de cravo	Filés de peixe	Inibiu o crescimento bacteriano durante o armazenamento.	Yu et al., 2019
Cera de abelha	Extrato de agulha de pinheiro	Queijo kalarí	Aumentou a atividade de eliminação de radicais DPPH (~7%).	Joseph et al., 2022
Proteína de soro de leite	Óleo essencial de cominho preto	Queijo gouda	Intensificou propriedades de barreira e inibiu a oxidação lipídica.	Saravani et al., 2019
Gelatina de fucellaran	Extrato de chá verde	Nigiri de salmão	Inibiu a oxidação, reduzindo TBA no dia 8.	Antônio et al., 2023
Goma arábica	Carragenina e extrato de chá verde	Framboesa	Apresentou atividade antiviral significativa contra norovírus murino e hepatite A.	Falcó et al., 2019
Alginato	Óleo essencial de tomilho e alho	Carne de cordeiro	Manteve a cor e apresentou baixa oxidação lipídica.	Guerrero et al., 2020
Quitosana	Óleo essencial de <i>Artemisia fragrans</i>	Filés de frango	Reduziu pH, TBARS e TVB-N.	Yaghoubi et al., 2021
Gelatina	Quitosana e própolis	Carne de porco	Melhorou características antioxidantes, antibacterianas e sensoriais.	Zhang et al., 2020
Quitosana	Óleo essencial de <i>Zataria multiflora</i>	Carne de peito de frango	Aumentou a atividade antimicrobiana.	Mehdizadeh et al., 2019
Quitosana	<i>Mentha piperita L.</i> e <i>Mentha × vilosa</i>	Mamões	Retardou o desenvolvimento da antracnose.	Nair et al., 2020
Quitosana + nanocompósito	Sílica	Uvas de mesa	Inibiu crescimento de <i>Botrytis</i> , prevenindo o mofo cinzento.	Youssif et al., 2019

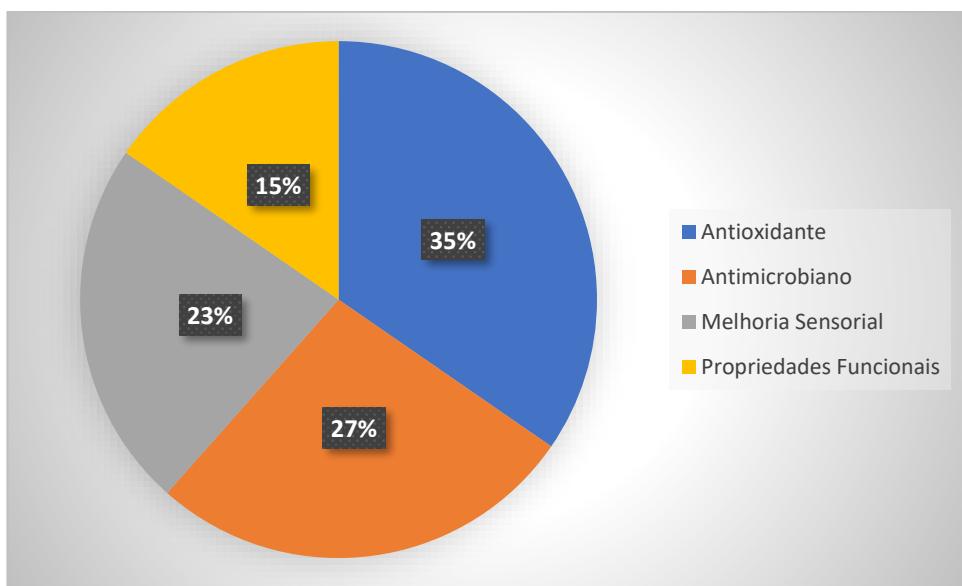
Alginato	Óleo de tomilho e nisina	Cogumelo <i>Pholiota nameko</i>	Melhorou as condições fisico-químicas.	Zhu et al., 2019
Extrato de folha de moringa	Goma arábica e carboximetilcelulose	Abacate maluma	Reduziu perda de peso e manteve a firmeza.	Kubheka et al., 2020
Quitosana	Ácido acético	Banana	Retardou amadurecimento e descoloração da casca durante 6 dias.	Esyanti et al., 2019
Proteína de soro de leite	Óleo de orégano, 3-polilisina ou lactato de sódio	Carne bovina	Inibiu totalmente o crescimento de bactérias do ácido láctico.	Santiesteban-López et al., 2022
Cera de candelila	Goma guar e glicerol	Morango	Ação antifúngica e melhora na prateleira pós-colheita.	Milani et al., 2021
Alginato de sódio	Nanopartículas de ZnO	Morango	Aumentou a vida útil e preservou ácido ascórbico, fenóis e antocianinas.	Emamifar et al., 2020
Quitosana	Dióxido de titânio (nano)	Manga	Preservou a aparência geral e a qualidade.	Xing et al., 2020

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

A aplicação de revestimentos comestíveis em diferentes matrizes alimentares evidenciou benefícios expressivos na preservação da qualidade físico-química, microbiológica e sensorial dos produtos analisados. No abacate, o emprego de óleo essencial de laranja associado a *Opuntia oligacantha* manteve o teor total de fenóis e flavonoides, além de potencializar a atividade antioxidante, indicando ação efetiva na conservação nutricional e no retardamento da oxidação (Cenobio-Galindo et al., 2019). Em goiabas vermelhas, o uso de cera de abelha combinada com hidroxipropilmelcelulose, ácido esteárico e glicerol reduziu a perda de massa, preservou a coloração verde e aumentou a firmeza, o que demonstra impacto positivo na qualidade sensorial (Formiga et al., 2019).

O Gráfico 1 evidencia de forma quantitativa a distribuição dos efeitos tecnofuncionais observados com o uso de revestimentos comestíveis. Nota-se maior predominância dos efeitos antioxidantes e antimicrobianos, seguidos pela manutenção da qualidade físico-sensorial e, em menor escala, pelas propriedades funcionais específicas. Esses resultados reforçam a versatilidade dos revestimentos, especialmente em alimentos altamente perecíveis, nos quais o retardo da oxidação e a inibição microbiana são determinantes para a conservação.

Gráfico 1 - Análise quantitativa dos efeitos observados com o uso de revestimentos comestíveis e seus benefícios tecnofuncionais em alimentos.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

Em produtos de origem animal, os resultados também foram consistentes. A aplicação de quitosana associada a óleos essenciais de tomilho e cravo em filés de peixe inibiu o crescimento bacteriano durante o armazenamento, reforçando o potencial antimicrobiano do biopolímero (Yu et al., 2019). No queijo kalari, a utilização de cera de abelha enriquecida com extrato de agulha de pinheiro resultou em aumento aproximado de 7% na atividade de eliminação de radicais DPPH, evidenciando incremento antioxidant (Joseph et al., 2022). Em queijo gouda, a proteína de soro de leite incorporada a óleo essencial de cominho preto intensificou as propriedades de barreira e reduziu a oxidação lipídica, prolongando a estabilidade do produto (Saravani et al., 2019). Da mesma forma, em nigiri de salmão, a gelatina de fucellaran com extrato de chá verde reduziu significativamente os valores de TBA no oitavo dia de armazenamento, confirmando ação protetora contra processos oxidativos (Antônio et al., 2023).

Nos alimentos cárneos, os efeitos antimicrobianos foram recorrentes. Em carne de cordeiro, o revestimento à base de alginato combinado com óleo essencial de tomilho e alho foi capaz de manter a cor e reduzir a oxidação lipídica (Guerreiro et al., 2020). Em frango, o uso de quitosana com óleo essencial de Artemisia fragrans reduziu indicadores de deterioração, como pH, TBARS e TVB-N (Yaghoubi et al., 2021), enquanto a associação da quitosana com óleo essencial de Zataria multiflora resultou em elevada atividade antimicrobiana (Mehdizadeh et al., 2019). Já em carne suína, a formulação contendo gelatina, quitosana e própolis apresentou melhorias simultâneas nas propriedades antioxidantas, antibacterianas e sensoriais (Zhang et al., 2020).

As frutas tropicais também se beneficiaram dos revestimentos aplicados. Em mamões, a quitosana associada a *Mentha piperita* L. e *Mentha vilosa* retardou significativamente o desenvolvimento de antraenose (Nair et al., 2020). Em uvas de mesa, o revestimento de quitosana com nano composito de sílica inibiu o crescimento de *Botrytis cinerea*, prevenindo a ocorrência de mofo cinzento (Youssef et al., 2019). Já em abacates da variedade Maluma, o uso de extrato de folha de moringa associado a goma arábica e carboximetilcelulose reduziu a perda de peso e preservou a firmeza dos frutos (Kubheka et al., 2020). Em bananas, a quitosana acidificada com ácido acético retardou o amadurecimento e a descoloração da casca por até seis dias (Esyanti et al., 2019).

No caso de pequenos frutos, os efeitos também foram relevantes. Em morangos, tanto a cera de candelila associada a goma guar e glicerol quanto o alginato de sódio incorporado a nanopartículas de ZnO demonstraram eficácia. O primeiro tratamento promoveu ação antifúngica e prolongamento da vida útil pós-colheita (Milani et al., 2021), enquanto o segundo preservou compostos bioativos, como ácido ascórbico, fenóis e antocianinas, garantindo maior estabilidade durante o armazenamento (Emamifar et al., 2020). Resultados semelhantes foram encontrados em mangas, nas quais o uso de quitosana com dióxido de titânio nano estruturado preservou a aparência geral e a qualidade do fruto (Xing et al., 2020).

Alguns revestimentos, além da conservação, apresentaram propriedades funcionais adicionais. Em framboesas, a combinação de goma arábica, carragenina e extrato de chá verde conferiu atividade antiviral contra norovírus murino e hepatite A, expandindo a aplicabilidade dos revestimentos comestíveis para além da conservação, com potencial terapêutico (Falcó et al., 2019). Os principais efeitos dos revestimentos comestíveis podem ser visualizados de forma integrada no resumo gráfico (Figura 1), que sintetiza os impactos antioxidantes, antimicrobianos, sensoriais e funcionais em diferentes alimentos.

Figura 1 – Resumo gráfico dos efeitos dos revestimentos comestíveis em alimentos.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

De forma comparativa, a quitosana destacou-se como o biopolímero mais versátil, sendo aplicada em múltiplas combinações e apresentando resultados positivos tanto na preservação antioxidante quanto antimicrobiana (Yu et al., 2019; Zhang et al., 2020; Mehdizadeh et al., 2019; Youssef et al., 2019; Esyanti et al., 2019). Os óleos essenciais também se mostraram fundamentais para potencializar os efeitos conservantes, atuando de forma sinérgica em diferentes matrizes, como carnes, peixes e frutas (Saravani et al., 2019; Guerrero et al., 2020; Yaghoubi et al., 2021).

Entre os alimentos analisados, destacaram-se morango, carne suína, frango, peixe e frutas tropicais, que apresentaram ganhos consistentes em firmeza, cor, estabilidade oxidativa e redução da carga microbiana (Formiga et al., 2019; Milani et al., 2021; Emamifar et al., 2020). Além disso, algumas formulações revelaram potencial adicional, como atividade antiviral em framboesas (Falcó et al., 2019) e prevenção de doenças fúngicas em mamões e uvas de mesa (Nair et al., 2020; Youssef et al.,

2019). Esses achados reforçam que os revestimentos comestíveis representam uma estratégia promissora para prolongar a vida útil, preservar atributos sensoriais e agregar funcionalidades específicas, contribuindo para alternativas de conservação mais naturais e sustentáveis.

4. Considerações Finais

Os revestimentos comestíveis têm se destacado como uma alternativa inovadora para reduzir perdas pós-colheita e promover soluções mais sustentáveis na indústria de alimentos. Além de atuarem como barreiras naturais contra umidade, oxidação e microrganismos, podem incorporar compostos bioativos que agregam valor nutricional e funcional aos produtos. A utilização de polímeros naturais e extratos vegetais evidencia o potencial de unir conservação, qualidade sensorial e responsabilidade ambiental em uma única tecnologia.

Dessa forma, os revestimentos comestíveis não apenas preservam a vida útil dos alimentos, mas também representam uma estratégia alinhada à demanda por práticas mais seguras e sustentáveis. Apesar dos avanços, ainda são necessários estudos que avaliem a padronização dos métodos de produção, a viabilidade econômica em larga escala e a aceitação do consumidor, a fim de consolidar sua aplicação como alternativa viável e amplamente adotada no setor alimentício.

Referências

- Alvarez, M. V., Ponce, A. G. & Moreira, M. Del R. (2013). Antimicrobial efficiency of chitosan coating enriched with bioactive compounds to improve the safety of fresh cut broccoli. *LWT - Food Science and Technology*. 50(1), 78–87.
- Andriani, V. & Handayani, N. A. (2023). Recent technology of edible coating production: A review. *Materials Today: Proceedings*. 87, 200-6.
- Antonino, C. et al. (2024). Effect of edible coatings and films enriched with plant extracts and essential oils on the preservation of animal-derived foods. *Journal of Food Science*. 89(2), 748–72.
- Armghan K, M. et al (2022). Edible coatings for enhancing safety and quality attributes of fresh produce: A comprehensive review. *International Journal of Food Properties*. 25(1), 1817–47.
- Babaj, K. et al. (2023). Edible coatings enriched with plant-based extracts preserve postharvest quality of fruits: A review. *Progress in Organic Coatings*. 182, 107669.
- Cenobio-Galindo, A. J. et al. (2019). Influence of Bioactive Compounds Incorporated in a Nanoemulsion as Coating on Avocado Fruits (*Persea americana*) during Postharvest Storage: Antioxidant Activity, Physicochemical Changes and Structural Evaluation. *Antioxidants*. 8(10), 500.
- Chen, H. et al. (2019). Application of Protein-Based Films and Coatings for Food Packaging: A Review. *Polymers*. 11(12), 2039.
- Díaz-Montes, E. & Castro-Muñoz, R. (2021). Edible films and coatings as food-quality preservers: An overview. *Foods*. 10(2), 249.
- Emamifar, A. & Bavaisi, S. (2020). Nanocomposite coating based on sodium alginate and nano-ZnO for extending the storage life of fresh strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Journal of Food Measurement and Characterization*. 14(2), 1012–24.
- Esyanti, R. R. et al. (2019). Chitosan Nanoparticle-Based Coating as Post-harvest Technology in Banana. *Journal of Physics: Conference Series*. 1204, 012109.
- Falcó, I. et al. (2019). On the use of carrageenan matrices for the development of antiviral edible coatings of interest in berries. *Food Hydrocolloids*. 92, 74–85.
- Garcia, F. & Davidov-Pardo, G. (2021). Recent advances in the use of edible coatings for preservation of avocados: A review. *Journal of Food Science*. 86(1), 6–15.
- Guerrero, A. et al. (2020). Effects of active edible coating based on thyme and garlic essential oils on lamb meat shelf life after long-term frozen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 100(2), 656–64.
- Jodhani, R. & Nataraj, M. (2021). Aloe vera gel and lemon peel extract as edible coatings on bananas. *Food Science & Nutrition* (similar or same as Odetayo. 15 (3), 2318–2328. doi:10.1007/s11694-021-00822-z.
- Joseph-Leenose-Helen, J. et al. (2022). Ultrasonics as a tool for development of pine-needle extract loaded bee wax edible packaging for value addition of Himalayan cheese. *Ultrasonics Sonochemistry*. 82, 105914.
- Kawhena, T. G., Opara, U. L. & Fawole, O. A. (2021). A Comparative Study of Antimicrobial and Antioxidant Activities of Plant Essential Oils and Extracts as Candidate Ingredients for Edible Coatings to Control Decay in ‘Wonderful’ Pomegranate. *Molecules*. 26(11), 3367.

- Kraśniewska, K. et al. (2014). The use of pullulan coating enriched with plant extracts from *Satureja hortensis L.* to maintain pepper and apple quality and safety. *Postharvest Biology and Technology*. 90, 63–72.
- kubheka, S. F. et al. (2020). Evaluating the Efficacy of Edible Coatings Incorporated with Moringa Leaf Extract on Postharvest of ‘Maluma’ Avocado Fruit Quality and Its Biofungal Effect. *HortScience*. 55(4), 410–5.
- Kulawik, P. et al. (2019). The effect of furcellaran-gelatin edible coatings with green and pu-erh tea extracts on the microbiological, physicochemical and sensory changes of salmon sushi stored at 4 °C. *Food Control*. 100, 83–91.
- Li, J. et al. (2020). Molecular cloning and expression analysis of EjSWEET15, encoding for a sugar transporter from loquat. *Scientia Horticulturae*. 272, 109552.
- Li, X. et al. (2019). Rhubarb extract incorporated into an alginate-based edible coating for peach preservation. *Scientia Horticulturae*. 257, 108685.
- Marcinkowska-Lesiak, M. et al. (2021). Application of propolis extract in gelatin coatings as environmentally friendly method for extending the shelf life of pork loin. *Coatings*. 11(8), 979.
- Maringgal, B. M. (2020). Recent advance in edible coating and its effect on fresh/ fresh-cut fruits quality. *Trends in Food Science & Technology*. 96, 253–267. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.024>.
- Mehdizadeh, T., & Mojaddar Langroodi, A. (2019). Chitosan coatings incorporated with propolis extract and *Zataria multiflora* Boiss oil for active packaging of chicken breast meat. *International Journal of Biological Macromolecules*. 141, 401–9.
- Milani, J. M. & Nemati, A. (2022). Lipid-Based Edible Films and Coatings: A Review of Recent Advances and Applications. *Journal of Packaging Technology and Research*. 6(1), 11–22.
- Nain, N. et al. (2021). Recent Developments in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables. *Journal of Horticultural Research*. 29(2), 127–40.
- Nair, M. S. et al. (2020). Enhancing the functionality of chitosan- and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 164, 304–20.
- Negi, P. & Tharanathan, R. N. (2012). Biopolymer and plant extracts in edible coating applications. *Food Reviews International*. 156(1):7-17. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.03.006.
- Nunes, C. et al. (2023). Edible Coatings and Future Trends in Active Food Packaging—Fruits’ and Traditional Sausages’ Shelf Life Increasing. *Foods*. 12(17), 3308.
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book gratuito]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM. 9).
- Ping-Ping, W. et al. (2020). Effect of *Fructus Mori* bioactive polysaccharide conjugation on improving functional and antioxidant activity of whey protein. *International Journal of Biological Macromolecules*. 148, 761–7.
- Priya, K., Thirunavookarasu, N. & Chidanand, D. V. (2023). Recent advances in edible coating of food products and its legislations: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*. 12, 100623.
- Salehi, F. (2020). Edible Coating of Fruits and Vegetables Using Natural Gums: A Review. *International Journal of Fruit Science*. 20(sup2), S570–S589.
- Santos, L. L. V. D. et al. (2024). Gelatin-chitosan coating increases shelf life and reduces microbial load in pirarucu fish (*Arapaima gigas*) during refrigerated storage. *Observatório De La Economía Latinoamericana*. 22(5), e4535.
- Saravani, M. et al. (2019). Gouda cheese spoilage prevention: Biodegradable coating induced by *Bunium persicum* essential oil and lactoperoxidase system. *Food Science & Nutrition*. 7(3), 959–68.
- Sharma, L. & Saxena, A. (2020). Enrichment of edible coatings and films with plant extracts or essential oils for the preservation of fruits and vegetables. *Biopolymer-Based Formulations*.
- Shi, Yunqi et al. 2019. The antioxidant mechanism of Maillard reaction products in oil-in-water emulsion system. *Food Hydrocolloids*. 87, 582–92.
- Synowiec, A. et al. (2014). Antimicrobial and antioxidant properties of pullulan film containing sweet basil extract and an evaluation of coating effectiveness in the prolongation of the shelf life of apples stored in refrigeration conditions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 23, 171–81.
- Xing, Y. et al. (2020). Effect of chitosan/Nano-TiO₂ composite coatings on the postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruits. *Scientia Horticulturae*. 263, 109135.
- Yadav, A. et al. (2022). Edible coating as postharvest management strategy for shelf-life extension of fresh tomato (*Solanum lycopersicum L.*): An overview. *Journal of Food Science*. 87(6), 2256-90.
- Yaghoubi, M. et al. (2021). Effect of Chitosan Coating Incorporated with *Artemisia fragrans* Essential Oil on Fresh Chicken Meat during Refrigerated Storage. *Polymers*. 13(5), 716.
- Youssef, K. et al. (2019). Synergistic effect of a novel chitosan/silica nanocomposites-based formulation against gray mold of table grapes and its possible mode of action. *International Journal of Biological Macromolecules*. 141, 247–58.

Yu, D., Regenstein, J. M. & Xia, W. (2019). Bio-based edible coatings for the preservation of fishery products: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 59(15), 2481–93.

Zhang, H. et al. (2020). Effect of chitosan-gelatin coating containing nano-encapsulated tarragon essential oil on the preservation of pork slices. *Meat Science*. 166, 108137.