

INOVAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS: EXPLORANDO REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS

INNOVACIÓN EN CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS: EXPLORANDO RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

INNOVATION IN FOOD PRESERVATION: EXPLORING EDIBLE COATINGS

Apresentação: Comunicação Oral

Afonso Henrique da Silva Júnior¹; Carlos Rafael Silva de Oliveira²; Tarcísio Wolff Leal³; Júlia de Oliveira Martins Müller⁴; Patrícia Viera de Oliveira⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/VCIAGRO.0039>

RESUMO

Revestimentos comestíveis têm surgido como uma solução eficaz para a preservação e redução do desperdício na indústria de alimentos. Essas finas camadas de materiais comestíveis, aplicadas diretamente sobre a superfície dos alimentos, atuam como uma barreira física de fatores externos que aceleram a deterioração, como microrganismos e condições ambientais adversas. Esses revestimentos reduzem significativamente a perda de umidade e a oxidação, prolongando a vida útil dos produtos e mantendo sua qualidade e segurança. Os principais componentes dos revestimentos comestíveis incluem agentes ligantes de grau alimentício, solventes e aditivos funcionais como polissacarídeos, proteínas, lipídios e compostos bioativos. Além de aumentar a vida útil, os revestimentos comestíveis podem melhorar a aparência, textura e qualidade sensorial dos produtos. A incorporação de compostos bioativos, como antioxidantes e antimicrobianos, adiciona funcionalidades extras que ajudam na preservação dos alimentos e reduzem a necessidade de aditivos químicos. Esses revestimentos são aplicados em frutas, vegetais, carnes, laticínios e frutos do mar, oferecendo uma abordagem sustentável e eficiente para a conservação de alimentos. Além disso, os revestimentos comestíveis atendem à demanda por produtos alimentícios saudáveis, seguros e minimamente processados, reduzindo a dependência de embalagens plásticas derivadas de petróleo. No entanto, a regulamentação e a segurança dos revestimentos comestíveis são essenciais, exigindo aprovação de agências regulamentadoras. Pesquisas continuam a explorar novas formulações e métodos de aplicação para otimizar a eficácia dos revestimentos comestíveis, investigando novas fontes de biopolímeros e as interações entre componentes do revestimento e os alimentos. Assim, os revestimentos comestíveis representam uma inovação significativa na tecnologia de embalagens alimentares, com potencial para reduzir o desperdício de alimentos, melhorar a segurança e a qualidade dos produtos e atender às demandas dos consumidores por alimentos mais saudáveis e sustentáveis. Portanto, o presente trabalho de revisão objetivou apresentar as principais matérias-primas utilizadas na produção de revestimentos comestíveis. Além disso, a revisão abordou diversos métodos de aplicação desses revestimentos na agroindústria alimentar.

Palavras-Chave: Preservação de Alimentos, Biopolímeros, Sustentabilidade Alimentar, Revestimentos Bioativos.

¹ Pós-Graduação em Engenharia Química (PósENQ), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), afonso.silva@posgrad.ufsc.br

² Departamento de Engenharia Têxtil (DET-CTE), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), carlos.oliveira@ufsc.br

³ Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA), Universidade Federal do Paraná (UFPR), tarcisio.leal@ufpr.br

⁴ Pós-Graduação em Engenharia Química (PósENQ), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), julia.omm@posgrad.ufsc.br

⁵ Pós-Graduação em Engenharia Química (PósENQ), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), p.v.oliveira@posgrad.ufsc.br

RESUMEN

Los recubrimientos comestibles han surgido como una solución eficaz para la preservación y la reducción de desperdicios en la industria alimentaria. Estas finas capas de materiales comestibles, aplicadas directamente sobre la superficie de los alimentos, actúan como una barrera física contra variables externas que aceleran la deterioración, como microorganismos y condiciones ambientales adversas. Estos recubrimientos reducen significativamente la pérdida de humedad y la oxidación, prolongando la vida útil de los productos mientras mantienen su calidad y seguridad. Los principales componentes de los recubrimientos comestibles incluyen agentes ligantes de grado alimenticio, disolventes y aditivos funcionales como polisacáridos, proteínas, lípidos y compuestos bioactivos. Además de extender la vida útil, los recubrimientos comestibles pueden mejorar la apariencia, textura y calidad sensorial de los productos. La incorporación de compuestos bioactivos, como antioxidantes y antimicrobianos, añade funcionalidades extra que ayudan a preservar los alimentos y a reducir la necesidad de aditivos químicos. Estos recubrimientos se aplican a frutas, verduras, carnes, productos lácteos y mariscos, ofreciendo un enfoque sostenible y eficiente para la preservación de alimentos. Además, los recubrimientos comestibles satisfacen la demanda de productos alimenticios saludables, seguros y mínimamente procesados, reduciendo la dependencia de envases plásticos derivados del petróleo. Sin embargo, la regulación y la seguridad de los recubrimientos comestibles son esenciales, requiriendo la aprobación de agencias regulatorias. La investigación continúa explorando nuevas formulaciones y métodos de aplicación para optimizar la eficacia de los recubrimientos comestibles, investigando nuevas fuentes de biopolímeros y las interacciones entre los componentes del recubrimiento y los alimentos. Por lo tanto, los recubrimientos comestibles representan una innovación significativa en la tecnología de envasado de alimentos, con el potencial de reducir el desperdicio de alimentos, mejorar la seguridad y calidad de los productos y satisfacer las demandas de los consumidores por alimentos más saludables y sostenibles. Por lo tanto, esta revisión tiene como objetivo presentar las principales materias primas utilizadas en la producción de recubrimientos comestibles. Además, la revisión aborda diversos métodos de aplicación de estos recubrimientos en la industria alimentaria.

Palabras Clave: Preservación de Alimentos, Biopolímeros, Sostenibilidad Alimentaria, Recubrimientos Bioactivos.

ABSTRACT

Edible coatings have emerged as an effective solution for preservation and waste reduction in the food industry. These thin layers of edible materials, applied directly to the surface of foods, act as a physical barrier against external variables that accelerate deterioration, such as microorganisms and adverse environmental conditions. These coatings significantly reduce moisture loss and oxidation, extending the shelf life of products while maintaining their quality and safety. The main components of edible coatings include food-grade binders, solvents, and functional additives such as polysaccharides, proteins, lipids, and bioactive compounds. In addition to extending shelf life, edible coatings can improve product appearance, texture, and sensory quality. Incorporating bioactive compounds, such as antioxidants and antimicrobials, adds extra functionalities that help preserve foods and reduce the need for chemical additives. These coatings are applied to fruits, vegetables, meats, dairy products, and seafood, offering a sustainable and efficient approach to food preservation. Furthermore, edible coatings meet the demand for healthy, safe, and minimally processed food products, reducing dependence on petroleum-based plastic packaging. However, the regulation and safety of edible coatings are essential, requiring approval from regulatory agencies. Research continues to explore new formulations and application methods to optimize the effectiveness of edible coatings, investigating new sources of biopolymers and the interactions between coating components and foods. Thus, edible coatings represent a significant innovation in food packaging technology, potentially reducing food waste, improving product safety and quality, and meeting consumer demands for healthier and more sustainable foods. Therefore, this review aims to present the primary raw materials used to produce edible coatings. Additionally, the review addressed various application methods of these coatings in the food industry.

Keywords: Food Preservation, Biopolymers, Food Sustainability, Bioactive Coatings.

INTRODUÇÃO

Os revestimentos comestíveis de alimentos têm emergido como uma solução promissora para enfrentar os desafios de preservação e redução de desperdício na indústria de alimentos (FARAHANI

et al., 2024). Esses revestimentos consistem em finas camadas de materiais comestíveis, aplicadas diretamente sobre a superfície dos alimentos, proporcionando uma barreira de fatores externos que aceleram a deterioração, como microrganismos e condições ambientais adversas. Ao atuar como uma barreira física, os revestimentos comestíveis podem reduzir significativamente a perda de umidade e a oxidação, dois dos principais fatores que afetam a qualidade e a vida útil dos alimentos (KULAWIK et al., 2024). A aplicação de revestimentos comestíveis pode prolongar a vida útil dos produtos alimentícios, mantendo sua qualidade e segurança. Os principais componentes dos revestimentos comestíveis incluem agentes ligantes de grau alimentício, solventes e aditivos funcionais como polissacarídeos, proteínas, lipídios e compostos bioativos. Esses componentes são combinados para formar uma matriz de revestimento que oferece resistência à umidade, oxigênio e dióxido de carbono, além de atuar como veículo para compostos bioativos, como antioxidantes e antimicrobianos, que contribuem para a preservação dos alimentos (WIGATI et al., 2024).

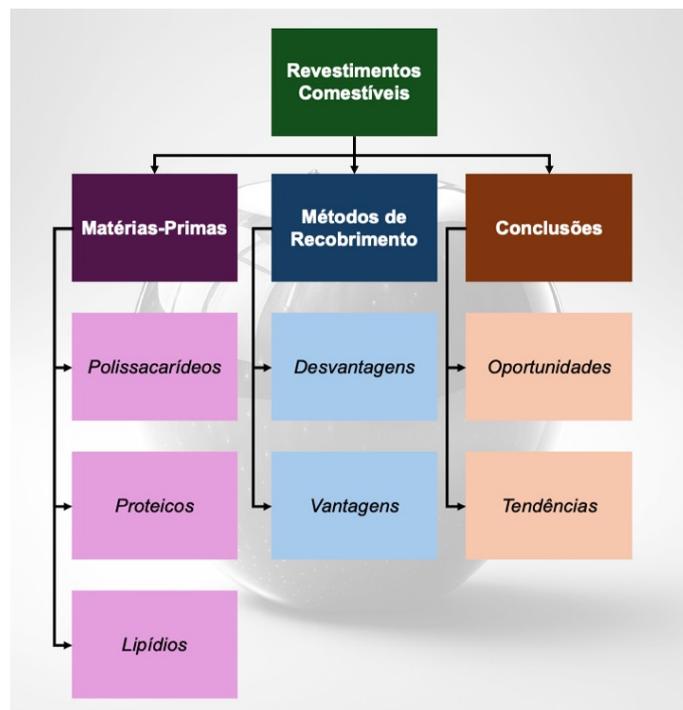
Os polissacarídeos, como o amido, a pectina e a quitosana, são amplamente utilizados devido às suas propriedades biodegradáveis e não tóxicas. Esses polímeros oferecem excelente formação de filmes e propriedades de barreira contra gases e vapores de água (AAYUSH et al., 2024). As proteínas, como o colágeno e a caseína, proporcionam propriedades mecânicas e de barreira, melhorando a resistência estrutural dos revestimentos. Enquanto isso, os lipídios, como ceras e óleos vegetais, oferecem resistência à umidade devido à sua natureza hidrofóbica. A combinação desses biopolímeros pode resultar em revestimentos com propriedades aprimoradas, como maior resistência mecânica e melhor capacidade de barreira, ajustando-se às necessidades específicas de diferentes tipos de alimentos (KUMAR et al., 2024). Além de prolongar a vida útil dos alimentos, os revestimentos comestíveis também podem melhorar a aparência, a textura e a qualidade sensorial dos produtos, mantendo-os frescos por mais tempo. A incorporação de compostos bioativos nos revestimentos comestíveis pode fornecer funcionalidades adicionais, como atividade antimicrobiana e antioxidante, que ajudam a preservar os alimentos e a reduzir a necessidade de aditivos químicos (AL-HILIFI et al., 2024). Por exemplo, a adição de óleos essenciais ou extratos vegetais pode conferir propriedades antimicrobianas, combatendo patógenos e microrganismos causadores de deterioração (CHETTRI; SHARMA; MOHITE, 2023).

Os revestimentos comestíveis estão sendo aplicados em uma variedade de alimentos, incluindo frutas, vegetais, carnes, produtos lácteos e frutos do mar. Os revestimentos oferecem uma abordagem sustentável e eficiente para a preservação de alimentos, alinhando-se com a crescente demanda por produtos alimentícios saudáveis, seguros e minimamente processados (BAJAJ et al., 2023). A aplicação de revestimentos comestíveis não só melhora a conservação dos alimentos, mas também atende à preocupação crescente com a sustentabilidade ambiental, reduzindo a dependência de

embalagens plásticas derivadas de petróleo (MU et al., 2024). A regulamentação e a segurança dos revestimentos comestíveis são aspectos críticos que precisam ser considerados para garantir que esses materiais sejam seguros para o consumo humano. A aprovação de agências reguladoras, como a FDA (*Food and Drug Administration*) e a EFSA (*European Food Safety Authority*), é essencial para a comercialização desses produtos. Estudos recentes continuam a explorar novas formulações e métodos de aplicação para otimizar a eficácia dos revestimentos comestíveis, visando sua comercialização e aceitação no mercado. Isso inclui a investigação de novas fontes de biopolímeros e a avaliação das interações entre diferentes componentes do revestimento e os alimentos (YAN et al., 2024).

Assim, os revestimentos comestíveis representam uma inovação significativa na tecnologia de embalagens alimentares, com potencial para reduzir o desperdício de alimentos, melhorar a segurança e a qualidade dos produtos e atender às demandas dos consumidores por alimentos mais saudáveis e sustentáveis (HU et al., 2024). A pesquisa contínua e o desenvolvimento tecnológico nesse campo prometem expandir ainda mais as aplicações (LOPEZ-POLO et al., 2024). Portanto, o presente trabalho de revisão objetivou apresentar diferentes substratos utilizados na produção de revestimentos comestíveis e os métodos de recobrimento. Na **Figura 1** mostra um esquema ilustrativo dos tópicos abordados nesse trabalho.

Figura 1: Esquema ilustrativo dos principais tópicos abordados no trabalho de revisão.



Fonte: Autores (2024).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os revestimentos comestíveis têm se destacado na indústria alimentícia como uma solução inovadora para a preservação e redução do desperdício de alimentos. Esses revestimentos consistem em camadas finas de materiais comestíveis aplicadas sobre a superfície dos alimentos, evitando sua deterioração causada por microrganismos e condições ambientais adversas (BARZEGAR et al., 2023). A eficácia desses revestimentos reside na capacidade de reduzir a perda de umidade e a oxidação, principais fatores que afetam a qualidade e a vida útil dos alimentos (LIU et al., 2024). Os principais componentes dos revestimentos comestíveis incluem polissacarídeos (amido, pectina e quitosana), proteínas (colágeno) e lipídios (ceras). Além das propriedades básicas de barreira, esses revestimentos podem incorporar compostos bioativos, como bactericidas. Por exemplo, a adição de extratos vegetais pode conferir propriedades antimicrobianas, combatendo agentes causadores de deterioração. Nesse sentido, os revestimentos comestíveis são aplicados em uma ampla gama de alimentos. A sua aplicação melhora a conservação dos produtos e reduz a dependência de embalagens plásticas não biodegradáveis (GUAN et al., 2024). Dessa forma, os revestimentos comestíveis representam uma inovação significativa na tecnologia de embalagens alimentares, com potencial para reduzir o desperdício de alimentos e melhorar a segurança dos produtos alimentícios.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste artigo de revisão sobre revestimentos comestíveis foram realizadas buscas abrangentes nas principais bases de dados científicas, incluindo ScienceDirect, Scopus, Google Scholar, Springer e Wiley Online Library. Utilizaram-se palavras-chave como: revestimentos comestíveis, conservação de alimentos, redução do desperdício alimentar, polissacarídeos, proteínas, lipídios, compostos bioativos, antimicrobianos em alimentos e tecnologias de embalagens sustentáveis. As buscas foram conduzidas em português e inglês. A seleção das referências foi baseada na leitura criteriosa dos títulos e resumos, com o objetivo de incluir publicações que estivessem alinhadas ao escopo do estudo. Este artigo de revisão teve como objetivo analisar a utilização de revestimentos comestíveis na preservação de alimentos, discutindo suas vantagens e desvantagens, identificando lacunas na pesquisa atual e apresentando exemplos de tecnologias inovadoras aplicadas na indústria alimentícia.

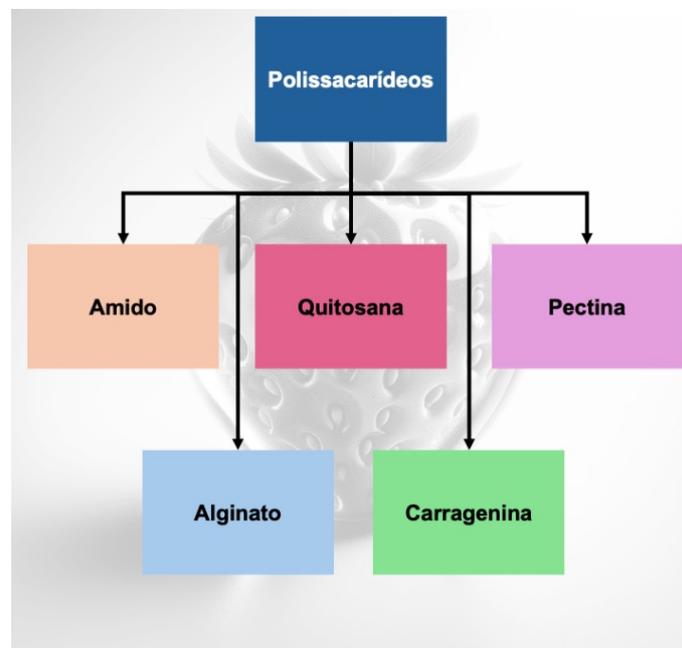
REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS

Polissacarídeos como Revestimentos Comestíveis

Os polissacarídeos são um grupo diversificado de biopolímeros naturais amplamente utilizados no desenvolvimento de revestimentos comestíveis devido à sua abundância, biodegradabilidade e

propriedades funcionais (SINGH, 2024). Derivados de várias fontes naturais, polissacarídeos como amido, quitosana, pectina, carragenina e alginato desempenham um papel crucial na preservação de alimentos, proporcionando barreiras contra umidade, oxigênio e contaminação microbiana (PRIYA; THIRUNAVOOKARASU; CHIDANAND, 2023). Portanto, neste tópico foram apresentados os principais tipos de polissacarídeos utilizados em revestimentos comestíveis, destacando suas propriedades específicas, vantagens e desvantagens, bem como suas aplicações na indústria alimentícia. Abordou-se como o amido, a quitosana, a pectina, a carragenina e o alginato, entre outros, são empregues para criar barreiras protetoras que ajudam a prolongar a vida útil dos alimentos e manter sua qualidade. Além disso, foram exploradas as maneiras pelas quais esses polissacarídeos podem ser combinados com compostos bioativos para aumentar ainda mais a eficácia dos revestimentos, oferecendo benefícios adicionais como a inibição do crescimento microbiano e a redução da oxidação. Essas informações são cruciais para entender o papel fundamental que os polissacarídeos desempenham na inovação e na sustentabilidade da preservação de alimentos na indústria atual. Na **Figura 2** são ilustrados os principais polissacarídeos empregados na produção de revestimentos comestíveis de alimentos.

Figura 2: Principais polissacarídeos utilizados na produção de revestimentos comestíveis.



Fonte: Autores (2024).

Revestimentos à Base de Amido

O amido é um dos polissacarídeos mais utilizados em revestimentos comestíveis, principalmente devido à sua disponibilidade e propriedades formadoras de filme. O amido é derivado de fontes

agrícolas como milho, batatas, arroz e trigo (PATIL; SHAMS; DASH, 2023). Os revestimentos à base de amido são valorizados por sua capacidade de formar filmes fortes e transparentes que podem melhorar a textura e a aparência dos produtos alimentícios. No entanto, sua natureza hidrofílica inerente pode apresentar desafios, permitindo a transmissão de vapor de água. Para mitigar isso, os revestimentos de amido são frequentemente combinados com materiais hidrofóbicos como lipídios ou plastificantes para melhorar suas propriedades de barreira (JURIC et al., 2024). Um dos principais benefícios dos revestimentos à base de amido é sua capacidade de reduzir o estresse oxidativo nas superfícies dos alimentos, prolongando assim a vida útil. A aplicação de revestimentos de amido em frutas e vegetais frescos pode desacelerar significativamente os processos de degradação, mantendo sua frescura e valor nutricional (ZHANG et al., 2024).

Revestimentos à Base de Quitosana

A quitosana é um polissacarídeo natural obtido da desacetilação da quitina, encontrada nos exoesqueletos de crustáceos e nas paredes celulares de fungos (SOOD; SAINI, 2022). Os revestimentos à base de quitosana são conhecidos por suas excelentes propriedades antimicrobianas, que surgem da interação entre os grupos catiônicos da quitosana e as membranas celulares microbianas carregadas negativamente. Essa interação perturba as membranas celulares, inibindo o crescimento de microrganismos causadores de deterioração (DUAN et al., 2020). Além de sua atividade antimicrobiana, a quitosana forma filmes que são fortes, flexíveis e biodegradáveis, tornando-a um material ideal para revestimentos comestíveis. A quitosana tem sido usada com êxito para preservar uma variedade de produtos alimentícios, incluindo frutas, vegetais, carnes e laticínios. Revestimentos de quitosana podem prolongar a vida útil de morangos, reduzindo o crescimento de fungos e mantendo a firmeza e a cor (VANDEN BRABER et al., 2021).

Revestimentos à Base de Pectina

A pectina é outro polissacarídeo valioso usado em revestimentos comestíveis, extraído principalmente de frutas cítricas e maçãs. É conhecida por suas propriedades gelificantes, que a tornam um agente formador de filme eficaz. Os revestimentos à base de pectina podem criar uma barreira semipermeável que controla a perda de umidade e a troca de gases, retardando assim o processo de maturação e prolongando a vida útil dos produtos frescos (WIGATI et al., 2024). A incorporação de pectina em revestimentos comestíveis também oferece a vantagem de poder integrar outros ingredientes funcionais, como óleos essenciais e antioxidantes, que podem melhorar ainda mais a qualidade de preservação do revestimento. Ou seja, revestimentos feitos de pectina combinada com óleos essenciais podem demonstrar efeitos antimicrobianos significativos contra patógenos

transmitidos por alimentos (KUMAR et al., 2024).

Revestimentos à Base de Carragenina

A carragenina, derivada de algas vermelhas, é amplamente utilizada na indústria alimentícia por suas propriedades espessantes e gelificantes. Os revestimentos à base de carragenina são eficazes na criação de filmes que podem proteger os produtos alimentícios da perda de umidade e contaminação microbiana (PATIL; SHAMS; DASH, 2023). Esses revestimentos são particularmente úteis para preservar a qualidade de frutos do mar, produtos lácteos e carnes, mantendo sua textura e prolongando sua vida útil. No contexto dos revestimentos comestíveis, a carragenina pode ser combinada com outros biopolímeros ou plastificantes para melhorar suas propriedades mecânicas e funções de barreira. A combinação de carragenina com goma de alfarroba pode resultar em um revestimento que oferece melhor proteção contra desidratação e deterioração microbiana (SINGH, 2024).

Revestimentos à Base de Alginato

O alginato é um polissacarídeo obtido de algas marrons e é conhecido por sua capacidade de formar géis na presença de íons de cálcio. Os revestimentos à base de alginato são amplamente utilizados na indústria alimentícia devido às suas capacidades formadoras de filme e excelentes propriedades de barreira de fatores externos (PRIYA; THIRUNAVOOKARASU; CHIDANAND, 2023). Esses revestimentos são frequentemente usados para preservar frutas e vegetais, prevenindo a oxidação e o crescimento microbiano. Uma das aplicações notáveis dos revestimentos de alginato é na preservação de produtos minimamente processados, onde ajuda a manter a frescura e prolongar a vida útil, reduzindo a perda de umidade e as taxas de respiração (AL-HILIFI et al., 2024).

Integração de Compostos Bioativos

Os revestimentos comestíveis à base de polissacarídeos podem ser aprimorados pela incorporação de compostos bioativos, como antimicrobianos, antioxidantes e nutracêuticos. Esses revestimentos enriquecidos com bioativos oferecem benefícios adicionais ao interagir ativamente com a superfície do alimento para inibir o crescimento microbiano e os processos oxidativos (GAO et al., 2019). A adição de óleos essenciais ou extratos vegetais com propriedades antimicrobianas aos revestimentos de polissacarídeos pode melhorar significativamente a segurança e a vida útil dos produtos alimentícios.

Apesar das vantagens, a aplicação de revestimentos comestíveis à base de polissacarídeos enfrenta vários desafios, incluindo a necessidade de melhorar a resistência à água, a força mecânica e a capacidade de formar filmes uniformes. A pesquisa atual tem se esforçado para resolver essas

questões, desenvolvendo revestimentos compostos que combinam diferentes biopolímeros e plastificantes para alcançar as propriedades desejadas (RODSAMRAN; SOTHORNVIT, 2019). O futuro dos revestimentos comestíveis à base de polissacarídeos tem sido considerado promissor, com avanços contínuos visando melhorar sua funcionalidade e alcance de aplicação. Inovações como o desenvolvimento de revestimentos inteligentes que podem responder a mudanças ambientais ou a incorporação de nanomateriais para melhorar as propriedades de barreira que provavelmente expandirão o uso de revestimentos comestíveis na indústria alimentícia (WIGATI et al., 2024).

Os polissacarídeos desempenham um papel crucial no desenvolvimento de revestimentos comestíveis para preservação de alimentos. Além disso, a sua abundância natural, biodegradabilidade e versatilidade funcional os tornam alternativas ideais para criar barreiras protetoras que prolongam a vida útil e mantêm a qualidade dos produtos alimentícios (WIGATI et al., 2024). À medida que a pesquisa avança, a integração de compostos bioativos e o desenvolvimento de materiais compostos continuarão a melhorar a eficácia e a aplicabilidade dos revestimentos comestíveis à base de polissacarídeos. No **Quadro 1** apresenta alguns trabalhos que utilizaram polissacarídeos para a produção de revestimentos comestíveis.

Quadro 1: Alguns trabalhos publicados que utilizaram polissacarídeos para a produção de revestimentos comestíveis.

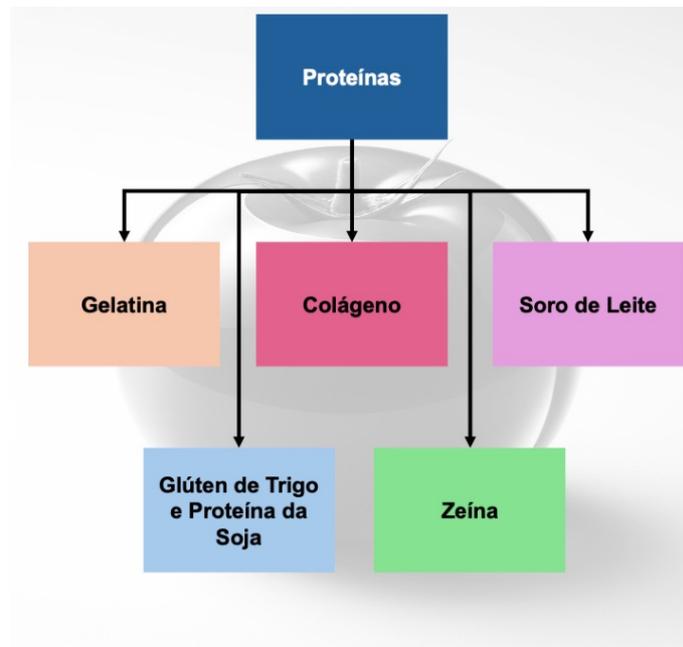
Composto de Recobrimento	Informações Importantes	Ref.
Pectina e Quitosana	O estudo investigou a formação, propriedades e funções de um revestimento de polissacarídeo polifenóis de chá na matriz de pectina e quitosana através de um método de mistura. Além disso, o revestimento demonstrou atividades antioxidantes dependentes da concentração, e inibiu eficazmente a degeneração da cor na carne bovina fresca durante oito dias de armazenamento.	(GAO et al., 2019)
Amido	O estudo preparou revestimentos de amido com antioxidantes, incorporando compostos fenólicos extraídos de cascas de girassol. Extratos de 1% a 2% conferiram alta capacidade antioxidante.	(MENZEL et al., 2019)
Pectina	Revestimentos de pectina oriundos da casca de limão, incorporados com antioxidantes naturais do extrato de resíduos de casca de limão e utilizando água de coco como plastificante, foram desenvolvidos para retardar a oxidação do óleo de soja. A incorporação do extrato aumentou o conteúdo fenólico total e a atividade antioxidante do revestimento. Todos os filmes retardaram a oxidação do óleo de soja durante 30 dias.	(RODSAMRAN; SOTHORNVIT, 2019)
Carboximetilcelulose	Revestimentos de carboximetilcelulose com extrato de raiz de cebolinha chinesa foram fabricados. Os revestimentos demonstraram boa atividade antioxidante e antimicrobiana, sendo promissores para uso como material de embalagem de alimentos na agroindústria.	(RIAZ et al., 2020)
Alginato	Revestimentos comestíveis ativos preparados com polifenóis de chá verde incorporados em géis de alginato de cálcio foram desenvolvidos. A capacidade antioxidante dos filmes melhorou com a adição de polifenóis, concluindo que a introdução de ativos do chá melhorou as propriedades funcionais dos revestimentos comestíveis.	(BIAO et al., 2019)

Fonte: Autores (2024).

Proteínas como Revestimentos Comestíveis

Os revestimentos comestíveis à base de proteínas são amplamente utilizados na indústria alimentícia devido às suas propriedades funcionais, que incluem a formação de filmes, barreira contra umidade e oxigênio, e a capacidade de transportar compostos bioativos. As proteínas utilizadas nesses revestimentos podem ser de origem vegetal ou animal, cada uma com características e aplicações específicas (GAO et al., 2019). Neste tópico, explorou-se as principais proteínas empregadas em revestimentos comestíveis, suas propriedades e suas aplicações na preservação de alimentos. Na **Figura 3** são apresentadas as principais proteínas utilizadas na produção de revestimentos comestíveis de alimentos.

Figura 3: Principais substratos proteicos utilizados na produção de revestimentos comestíveis



Fonte: Autores (2024).

Gelatina

A gelatina é uma proteína derivada do colágeno, obtida principalmente de subprodutos da indústria da carne, como ossos, pele e cartilagens. É amplamente utilizada na formação de filmes comestíveis devido à sua capacidade de formar géis fortes e flexíveis. Os filmes à base de gelatina são conhecidos por suas excelentes propriedades de barreira contra oxigênio e umidade, tornando-os ideais para a preservação de carnes, aves e frutos do mar (RIAZ et al., 2020). Estudos têm demonstrados que a aplicação de revestimentos de gelatina pode retardar a oxidação lipídica e a deterioração microbiana em produtos cárneos, aumentando significativamente sua vida útil. Revestimentos de gelatina

combinados com óleos essenciais, como o óleo de cravo, têm se mostrado eficaz na inibição do crescimento de *Listeria monocytogenes* e *Salmonella typhimurium* em camarões armazenados em condições de refrigeração (WIGATI et al., 2024).

Colágeno

O colágeno é outra proteína derivada da indústria da carne, semelhante à gelatina, mas com uma estrutura molecular diferente que confere propriedades únicas aos filmes formados (MU et al., 2024). Revestimentos à base de colágeno são amplamente utilizados na embalagem de produtos de carne, aves e frutos do mar devido à sua natureza biocompatível e excelente capacidade de barreira contra umidade e oxigênio. A aplicação de colágeno em salsichas, por exemplo, pode reduzir a absorção de gordura durante o processo de fritura, mantendo a textura e o sabor desejáveis. Além disso, a coextrusão de colágeno com carne em embutidos melhora a estabilidade estrutural e reduz a oxidação lipídica, prolongando a vida útil dos produtos (YAN et al., 2024).

Soro de Leite

O soro de leite, um subproduto da indústria de laticínios, é outra proteína comumente utilizada em revestimentos comestíveis. O soro de leite é rico em proteínas solúveis em água, como a lactoglobulina e a lactoalbumina, que formam filmes fortes e transparentes. Os revestimentos à base de soro de leite são conhecidos por suas propriedades de barreira superiores e capacidade de formar estruturas tridimensionais (VANDEN BRABER et al., 2021). Os filmes de soro de leite podem ser enriquecidos com compostos bioativos, como enzimas antimicrobianas (lisozima, lactoperoxidase) e antioxidantes, para melhorar ainda mais a preservação dos alimentos. Um revestimento bioativo formulado com concentrado de proteína de soro de leite e extrato de canela foi eficaz na proteção de queijo contra o crescimento de leveduras e bolores durante o armazenamento (BAJAJ et al., 2023).

Glúten de Trigo

O glúten de trigo é uma proteína insolúvel em água, composta principalmente por gliadina e glutenina, que facilitam a formação de filmes com boas propriedades de barreira contra oxigênio. No entanto, os filmes de glúten possuem baixa resistência à água e são menos flexíveis, o que pode limitar sua aplicação em certos produtos (KUMAR et al., 2024). Apesar dessas limitações, o glúten é utilizado na formação de revestimentos que melhoram a aparência e a integridade estrutural de frutas e vegetais. Revestimentos à base de glúten também podem ser combinados com outros biopolímeros ou plastificantes para melhorar suas propriedades mecânicas e de barreira (AAYUSH et al., 2024).

Proteína de Soja

A proteína de soja, extraída da farinha ou leite de soja, é valorizada por seu perfil nutricional e propriedades funcionais, como adesividade e coesividade. Filmes de proteína de soja são transparentes e maleáveis, embora a sua natureza hidrofílica possa resultar em uma barreira limitada ao vapor de água (CHETTRI; SHARMA; MOHITE, 2023). Para superar essa limitação, a proteína de soja pode ser combinada com outros compostos, como antioxidantes e plastificantes, para melhorar suas propriedades de barreira e flexibilidade. A formulação de uma solução de revestimento com isolado de proteína de soja, ascorbato de sódio como antioxidante e glicerol como plastificante, tem sido interessante na preservação de características sensoriais de maçãs frescas cortadas por até sete dias (SINGH, 2024).

Zeína

A zeína é uma proteína prolamina obtida do milho, conhecida por suas propriedades hidrofóbicas devido à alta concentração de aminoácidos não polares. Isso confere à zeína excelentes propriedades formadoras de filme, tornando-a uma escolha ideal para revestimentos comestíveis que necessitam de barreira contra a umidade (CHETTRI; SHARMA; MOHITE, 2023). Revestimentos de zeína são usados para proteger produtos como frutas, vegetais e nozes de desidratação e oxidação. A inclusão de ácidos graxos pode melhorar ainda mais as propriedades de transmissão de vapor de água dos filmes de zeína.

Apesar das vantagens, a aplicação de revestimentos comestíveis à base de proteínas enfrenta vários desafios, incluindo a necessidade de melhorar a resistência à água, a força mecânica e a capacidade de formar filmes uniformes. O futuro dos revestimentos comestíveis à base de proteínas parece promissor, com avanços contínuos visando melhorar sua funcionalidade e alcance de aplicação (SINGH, 2024). Inovações como o desenvolvimento de revestimentos inteligentes que podem responder a fatores externos ou a incorporação de nanopartículas para melhorar as propriedades pode melhorar o uso de revestimentos comestíveis baseados em proteína na indústria alimentícia. No **Quadro 2** são apresentados alguns trabalhos que utilizaram substratos proteicos para a produção de revestimentos comestíveis.

Quadro 2: Alguns trabalhos publicados que utilizaram substratos proteicos para a produção de revestimentos comestíveis.

Composto de Recobrimento	Informações Importantes	Ref.
Caseína e Albumina	Revestimentos biodegradáveis foram desenvolvidos a partir de pectina de casca de pomelo branco, caseína e albumina de ovo em diferentes proporções, utilizando o método de <i>casting</i> .	(SOOD; SAINI, 2022)
Colágeno	O estudo avaliou a inserção de lacase com galotanino em revestimentos de colágeno adicionado com ácido. O revestimento	(DUAN et al., 2020)

Soro de Leite	<p>ofereceu um potencial para modificar de forma sustentável materiais de colágeno na indústria alimentícia, especialmente para o revestimento de produtos cárneos.</p> <p>O trabalho desenvolveu revestimentos antifúngicos a partir de isolado proteico de soro de leite com pequenas quantidades de um derivado solúvel em água da quitosana. Os revestimentos demonstraram efeito antifúngico, inibindo 100% de <i>Aspergillus niger</i>.</p>	(VANDEN BRABER et al., 2021)
---------------	---	------------------------------

Fonte: Autores (2024).

Lipídios como Revestimentos Comestíveis

Os revestimentos comestíveis à base de lipídios desempenham um papel crucial na preservação de alimentos, oferecendo barreiras eficazes contra a umidade e a troca de gases. Esses revestimentos são formados a partir de uma variedade de fontes lipídicas, incluindo ceras, ácidos graxos, óleos vegetais e resinas (SINGH, 2024). Cada tipo de lipídio oferece propriedades únicas que podem ser aproveitadas para diferentes aplicações na indústria alimentícia. Assim, abordou-se os principais tipos de lipídios utilizados em revestimentos comestíveis, suas propriedades, vantagens e desafios. Na **Figura 4** são ilustrados os principais lipídios utilizados na produção de revestimentos comestíveis.

Figura 4: Principais lipídios utilizados na produção de revestimentos comestíveis.



Fonte: Autores (2024).

Cera de Carnaúba

A cera de carnaúba, derivada das folhas da palmeira *Copernicia prunifera*, é amplamente utilizada em revestimentos comestíveis devido às suas excelentes propriedades de barreira contra a umidade (VANDEN BRABER et al., 2021). Esta cera é conhecida por sua alta resistência à água e habilidade

de formar uma camada protetora brilhante e durável. Os revestimentos à base de cera de carnaúba são comumente aplicados em frutas e vegetais para prolongar sua vida útil e melhorar a aparência. Maçãs e laranjas frequentemente recebem um revestimento de cera de carnaúba para reduzir a perda de umidade e prevenir a deterioração. Além disso, essa cera pode ser combinada com outros componentes bioativos para fornecer proteção antimicrobiana adicional (DUAN et al., 2020).

Cera de Abelha

A cera de abelha é outro lipídio natural usado em revestimentos comestíveis. Esta cera é conhecida por suas propriedades de barreira à umidade e por sua habilidade de formar filmes flexíveis e aderentes (SOOD; SAINI, 2022). A cera de abelha é frequentemente utilizada para revestir frutas, queijos e produtos de confeitaria. Os revestimentos à base de cera de abelha não só ajudam a prevenir a perda de umidade, mas também podem transportar compostos bioativos, como óleos essenciais, que oferecem proteção antimicrobiana. A combinação de cera de abelha com óleo de orégano demonstrou eficácia na redução do crescimento microbiano em queijos durante o armazenamento (KUMAR et al., 2024).

Ácidos Graxos

Os ácidos graxos, como o ácido esteárico e o ácido láurico, são componentes importantes em revestimentos comestíveis devido às suas propriedades hidrofóbicas (SOOD; SAINI, 2022). Os ácidos graxos são eficazes na formação de barreiras contra a umidade, o que é essencial para a preservação de alimentos com alto teor de água. Revestimentos à base de ácido esteárico têm sido utilizados para preservar carnes e produtos de panificação, protegendo-os contra a desidratação e a oxidação (KUMAR et al., 2024).

Óleos Vegetais

Os óleos vegetais, como óleo de girassol, óleo de milho e óleo de coco, são amplamente utilizados em revestimentos comestíveis devido à sua disponibilidade e propriedades funcionais. Esses óleos oferecem uma barreira eficaz contra a umidade e ajudam a manter a textura e a frescura dos alimentos (DUAN et al., 2020). Revestimentos à base de óleos vegetais são frequentemente aplicados em frutas, vegetais e produtos de panificação. O óleo de coco, por exemplo, tem sido utilizado para revestir frutas tropicais, ajudando a prolongar sua vida útil e manter seu valor nutricional (SOOD; SAINI, 2022).

Goma-laca

A goma-laca é uma resina natural que é amplamente utilizada em revestimentos comestíveis devido às suas excelentes propriedades de barreira e habilidade de formar filmes brilhantes e duráveis. É comumente usada na indústria de confeitaria para revestir doces e nozes, proporcionando uma aparência atraente e protegendo contra a umidade e a oxidação (KUMAR et al., 2024). Além de suas propriedades de barreira, a goma-laca pode ser combinada com outros compostos bioativos para fornecer benefícios adicionais. A combinação de goma-laca com extratos de plantas antimicrobianas pode ajudar a prevenir o crescimento de patógenos em produtos de confeitaria.

Os revestimentos à base de lipídios oferecem várias vantagens, incluindo excelente barreira contra a umidade e a oxidação, porém, também apresentam desafios (DUAN et al., 2020). Um dos principais desafios é a natureza hidrofóbica dos lipídios, que pode dificultar a formação de filmes uniformes e aderentes em superfícies alimentares. Para superar esse desafio, os lipídios são frequentemente combinados com outros biopolímeros, como proteínas e polissacarídeos, para melhorar suas propriedades de formação de filmes e aderência. Outro desafio é a suscetibilidade dos lipídios à oxidação, que pode afetar negativamente a qualidade sensorial dos alimentos revestidos. Para mitigar esse problema, antioxidantes naturais, como tocoferóis e polifenóis, podem ser incorporados nos revestimentos à base de lipídios para proteger contra a oxidação e prolongar a vida útil dos alimentos (YUVARAJ et al., 2021).

Os revestimentos comestíveis à base de lipídios têm uma ampla gama de aplicações na indústria alimentícia. Alguns exemplos de como esses revestimentos são utilizados para preservar diferentes tipos de alimentos são apresentados abaixo:

- Frutas e Vegetais: Revestimentos de cera de carnaúba e óleo de coco são comumente aplicados em frutas tropicais, como mangas e abacates, para prolongar sua vida útil e manter sua aparência fresca (LV et al., 2022);
- Carnes e Produtos de Panificação: Ácidos graxos, como o ácido esteárico, são usados para revestir carnes e produtos de panificação, protegendo-os contra a desidratação e a oxidação (FARAHANI et al., 2024);
- Queijos: A cera de abelha e a goma-laca são utilizadas para revestir queijos, ajudando a prevenir a perda de umidade e o crescimento microbiano durante o armazenamento (GAO et al., 2019); e
- Doces e Nozes: A goma-laca é amplamente usada na indústria de confeitaria para revestir doces e nozes, proporcionando uma aparência brilhante e protegendo contra a umidade e a oxidação (GUAN et al., 2024).

Assim, os revestimentos comestíveis à base de lipídios desempenham um papel crucial na preservação de alimentos, oferecendo barreiras eficazes contra a umidade e a oxidação. Apesar de apresentarem desafios, esses problemas podem ser mitigados através da combinação de lipídios com outros biopolímeros e a incorporação de antioxidantes naturais. Com contínuos avanços na pesquisa e desenvolvimento, os revestimentos à base de lipídios têm o potencial de melhorar significativamente a qualidade e a vida útil dos alimentos.

MÉTODOS DE RECOBRIMENTO

Os revestimentos comestíveis são uma técnica inovadora e sustentável utilizada para prolongar a vida útil dos alimentos, melhorar sua qualidade e reduzir o desperdício. Diversos métodos de aplicação são empregados para garantir que os revestimentos comestíveis sejam eficazes e uniformemente distribuídos sobre a superfície dos alimentos (VANDEN BRABER et al., 2021). Neste tópico, discutiu-se os principais métodos de recobrimento para revestimentos comestíveis, suas vantagens e desvantagens, e as considerações práticas para sua implementação na indústria alimentícia. Na **Figura 5** são apresentados os principais métodos de recobrimento utilizados na aplicação de revestimentos comestíveis em alimentos.

Figura 5: Alguns métodos de recobrimento.



Fonte: Autores (2024).

A imersão é um dos métodos mais simples e amplamente utilizados para aplicar revestimentos comestíveis. Nesse processo, o alimento é submerso em uma solução de revestimento por um período específico, garantindo que toda a superfície seja coberta. As vantagens da imersão incluem a uniformidade da cobertura, especialmente em superfícies irregulares, e a simplicidade e baixo custo do processo (YUVARAJ et al., 2021). No entanto, podem ocorrer acúmulos excessivos de revestimento em certas áreas e a eficiência do processo pode não ser ideal para aplicações em larga escala devido ao tempo necessário para a imersão e a subsequente secagem. A imersão é comumente usada em frutas e vegetais, produtos de panificação e doces, como maçãs e laranjas imersas em soluções de cera para prolongar sua vida útil (YAN et al., 2024).

Revestimento por Pulverização

A pulverização envolve a aplicação do revestimento comestível através de bicos pulverizadores que dispersam a solução de revestimento em pequenas gotículas sobre a superfície do alimento. Este método permite um controle preciso da espessura do revestimento, resultando em uma aplicação mais uniforme, e pode ser facilmente automatizado, tornando-o adequado para aplicações em larga escala (GAO et al., 2019; YUVARAJ et al., 2021). No entanto, requer um investimento inicial em equipamentos de pulverização e pode ser difícil garantir uma cobertura completa em superfícies muito irregulares. A pulverização é amplamente utilizada em frutas e vegetais, carnes e produtos de confeitaria, como tomates e pimentões pulverizados com soluções de pectina para reduzir a perda de umidade.

Revestimento por Aspersão

O revestimento por aspersão é semelhante à pulverização, mas utiliza um fluxo de ar comprimido para atomizar a solução de revestimento, garantindo uma distribuição ainda mais fina e uniforme (SOOD; SAINI, 2022). Este método é eficaz para cobrir superfícies complexas e irregulares, mas requer equipamentos especializados que podem ser caros e pode haver desperdício de material de revestimento durante o processo de atomização. O revestimento por aspersão é ideal para produtos com superfícies complexas, como morangos revestidos com quitosana para prolongar sua vida útil e prevenir o crescimento microbiano (BIAO et al., 2019).

Revestimento por Pincelamento

O revestimento por pincelamento envolve a aplicação manual do revestimento comestível usando pincéis ou rolos. Este método permite uma aplicação precisa e controlada do revestimento e é ideal para lotes pequenos e produtos de formas complexas (YAN et al., 2024). No entanto, é um processo

que requer muita mão de obra e pode ser demorado e difícil de obter uma cobertura uniforme em grandes lotes. O revestimento por pincelamento é comumente usado em produtos de panificação e confeitaria, como pães pincelados com soluções de proteínas para melhorar a crocância e o brilho (SOOD; SAINI, 2022).

Revestimento por Tambor

No revestimento por tambor, os alimentos são colocados em um tambor rotativo, onde a solução de revestimento é adicionada. A rotação do tambor garante que o revestimento seja distribuído uniformemente sobre todos os alimentos (SOOD; SAINI, 2022). Este método proporciona uma cobertura uniforme e pode ser facilmente automatizado para produção em larga escala, mas o movimento contínuo pode causar desgaste no equipamento ao longo do tempo e é melhor para alimentos de tamanho uniforme. O revestimento por tambor é frequentemente usado para *snacks* e cereais, como nozes revestidas com soluções de óleos vegetais para melhorar sua textura e vida útil (BIAO et al., 2019).

Revestimento Fluido

O revestimento fluido, ou leito fluidizado, envolve a suspensão dos alimentos em um fluxo de ar quente enquanto a solução de revestimento é pulverizada sobre eles (SOOD; SAINI, 2022). Este método proporciona uma cobertura rápida e uniforme e o ar quente ajuda a secar o revestimento imediatamente após a aplicação. No entanto, requer equipamentos sofisticados e pode ser caro, e é principalmente adequado para partículas pequenas e leves (YAN et al., 2024). O revestimento fluido é ideal para *snacks* pequenos, cereais e doces, como grãos de cereais revestidos com soluções de açúcar ou chocolate para melhorar o sabor e a aparência (BIAO et al., 2019).

Ao escolher um método de recobrimento para revestimentos comestíveis, várias considerações práticas devem ser levadas em conta, incluindo o tipo de alimento, as propriedades do revestimento, a escala de produção e o custo e equipamento necessários (RIAZ et al., 2020). Cada método possui vantagens e desvantagens específicas, e a escolha adequada depende das necessidades específicas da aplicação e das características do alimento a ser revestido. Com esforços contínuos buscando a inovação e o progresso na área de revestimentos comestíveis, novos métodos e tecnologias estão surgindo, oferecendo ainda mais opções para a indústria alimentícia melhorar a qualidade, segurança e sustentabilidade dos alimentos.

CONCLUSÕES

Os revestimentos comestíveis são uma inovação significativa na preservação de alimentos,

oferecendo uma abordagem sustentável e eficiente para prolongar sua vida útil. Os revestimentos incluem aqueles à base de polissacarídeos, proteínas e lipídios, aplicáveis de várias maneiras na indústria alimentícia para garantir proteção uniforme. Os revestimentos atuam como barreiras físicas contra umidade, oxigênio e contaminação microbiana, sendo essenciais para alimentos perecíveis como frutas, vegetais, carnes e confeitos. Além disso, podem ser enriquecidos com compostos bioativos, oferecendo proteção adicional contra oxidação e crescimento microbiano, aumentando a vida útil e a segurança dos alimentos. No entanto, existem desafios na aplicação de revestimentos comestíveis, como a necessidade de equilibrar propriedades de barreira com características sensoriais dos alimentos. A pesquisa contínua é vital para otimizar essas formulações e garantir que a qualidade sensorial não seja comprometida. Além disso, a implementação em larga escala enfrenta limitações de custo tanto dos materiais quanto dos processos de aplicação. As inovações constantes estão abordando esses desafios, incluindo o desenvolvimento de revestimentos inteligentes que respondem a mudanças ambientais. Com a pesquisa e desenvolvimento adequados, os revestimentos comestíveis têm o potencial de transformar a indústria alimentícia, oferecendo alimentos mais frescos, seguros e sustentáveis para os consumidores.

REFERÊNCIAS

- AAYUSH, K.; SHARMA, K.; SINGH, G. P.; CHIU, I.; CHAVAN, P.; SHANDILYA, M.; ROY, S.; YE, H.; SHARMA, S.; YANG, T. Development and characterization of edible and active coating based on xanthan gum nanoemulsion incorporating betel leaf extract for fresh produce preservation. **International Journal of Biological Macromolecules**, p. 132220, 2024.
- AL-HILIFI, S. A.; AL-ALI, R. M.; DINH, L. N. M.; YAO, Y.; AGARWAL, V. Development of hyaluronic acid based polysaccharide-protein composite edible coatings for preservation of strawberry fruit. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 259, n. P1, p. 128932, 2024.
- BAJAJ, K.; ADHIKARY, T.; GILL, P. P. S.; KUMAR, A. Edible coatings enriched with plant-based extracts preserve postharvest quality of fruits: A review. **Progress in Organic Coatings**, v. 182, n. May, p. 107669, 2023.
- BARZEGAR, H.; ALIZADEH BEHBAHANI, B.; MIRZAEI, A.; GHODSI SHEIKHJAN, M. Evaluation of the physicochemical and microbial properties of lamb meat coated with Shirazi balangu seed mucilage-based edible coating containing cell-free supernatant of *Levilactobacillus brevis* G145. **Food Chemistry Advances**, v. 3, n. June, p. 100456, 2023.
- BIAO, Y.; YUXUAN, C.; QI, T.; ZIQI, Y.; YOURONG, Z.; MCCLEMENTS, D. J.; CHONGJIANG, C. Enhanced performance and functionality of active edible films by incorporating tea polyphenols into thin calcium alginate hydrogels. **Food Hydrocolloids**, v. 97, n. April, p. 105197, 2019.
- CHETTRI, S.; SHARMA, N.; MOHITE, A. M. Edible coatings and films for shelf-life extension of fruit and vegetables. **Biomaterials Advances**, v. 154, n. September, p. 213632, 2023.
- DUAN, S.; WANG, W.; LI, S.; ZHANG, K.; GUO, Y.; MA, Y.; ZHAO, K.; LI, Y. Moderate laccase-crosslinking improves the mechanical and thermal properties of acid-swollen collagen-based films modified by gallotannins. **Food Hydrocolloids**, v. 106, n. March, p. 105917, 2020.
- FARAHANI, M.; SHAHIDI, F.; YAZDI, F. T.; GHADERI, A. Antimicrobial and antioxidant effects of an edible coating of *Lepidium sativum* seed mucilage and *Satureja hortensis* L. essential oil in Uncooked lamb meat. **Food Control**, v. 158, n. November 2023, p. 110240, 2024.
- GAO, H.-X.; HE, Z.; SUN, Q.; HE, Q.; ZENG, W.-C. A functional polysaccharide film forming by pectin, chitosan, and tea polyphenols. **Carbohydrate Polymers**, v. 215, n. December 2018, p. 1–7, 2019.
- GUAN, Y.; LU, X.; CHENG, J.; LU, S.; YIN, L.; CHENG, J.; YANG, M.; CHEN, Y.; SUN, J.; LU, G.; PANG, L. Montmorillonite-based edible coating enhances the postharvest quality of sweetpotato by regulating ROS and membrane lipid metabolism. **Food Control**, v. 158, n. December 2023, p. 110259, 2024.
- HU, X.; ZHANG, H.; WANG, Y.; WANG, H.; WANG, L.; ELFALLEH, W.; YU, D. Effect of soybean protein-isolate-

- catechin edible film and coating on the storage quality of bean bun. **Food Bioscience**, v. 57, n. January, p. 103613, 2024.
- JURIĆ, M.; MASLOV BANDIĆ, L.; CARULLO, D.; JURIĆ, S. Technological advancements in edible coatings: Emerging trends and applications in sustainable food preservation. **Food Bioscience**, v. 58, n. January, p. 103835, 2024.
- KULAWIK, P.; JAMRÓZ, E.; TKACZEWSKA, J.; VLČKO, T.; ZAJĄC, M.; GUZIK, P.; JANIK, M.; TADELE, W.; GOLIAN, J.; MILOSAVLJEVIĆ, V. Application of antimicrobial chitosan-Furcellaran-hydrolysate gelatin edible coatings enriched with bioactive peptides in shelf-life extension of pork loin stored at 4 and -20 °C. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 254, n. November 2023, p. 127865, 2024.
- KUMAR, N.; KHAN, A. A.; PYNGROPE, D.; ALANAZI, A. M.; UPADHYAY, A.; SHUKLA, S. Development and characterization of novel starch (mango kernel and litchi seed) based active edible coatings and films using ultrasonication: Effects on postharvest shelf life of Khasi mandarins. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 39, n. November 2023, p. 101610, 2024.
- LIU, J.; HAN, L.; CHENG, D.; LI, S.; CHEN, X.; YU, Y.; ZHANG, D.; ZHANG, T. Incorporating ϵ -polylysine hydrochloride, tea polyphenols, nisin, and ascorbic acid into edible coating solutions: Effect on oxidation and structure of marinated egg proteins. **Food Control**, v. 161, n. September 2023, p. 110395, 2024.
- LOPEZ-POLO, J.; MUÑOZ-SHUGULÍ, C.; PATIÑO VIDAL, M.; PATIÑO VIDAL, C. Electrospun edible films and coatings: Development, functionality and food applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 143, n. November 2023, p. 104253, 2024.
- LV, N.; ZHAO, M.; HAO, L.; ZHOU, X.; CHEN, H.; ZHOU, H. Eugenol and carboxymethyl cellulose derived nanocoating with insect repellent and long-term antibacterial activity. **Industrial Crops and Products**, v. 190, n. November, p. 115902, 2022.
- MENZEL, C.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C.; CHIRALT, A.; VILAPLANA, F. Antioxidant starch films containing sunflower hull extracts. **Carbohydrate Polymers**, v. 214, n. December 2018, p. 142–151, 2019.
- MU, M.; ZHOU, W.; ARCOT, Y.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; AKBULUT, M. Edible superhydrophobic coating derived from triterpenoid maslinic acid for bacterial antifouling and enhanced fresh produce food safety. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 43, n. February, p. 101290, 2024.
- PATIL, V.; SHAMS, R.; DASH, K. K. Techno-functional characteristics, and potential applications of edible coatings: A comprehensive review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 14, n. November, p. 100886, 2023.
- PRIYA, K.; THIRUNAVOOKARASU, N.; CHIDANAND, D. V. Recent advances in edible coating of food products and its legislations: A review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 12, n. December 2022, p. 100623, 2023.
- RIAZ, A.; LAGNIKA, C.; LUO, H.; NIE, M.; DAI, Z.; LIU, C.; ABDIN, M.; HASHIM, M. M.; LI, D.; SONG, J. Effect of Chinese chives (*Allium tuberosum*) addition to carboxymethyl cellulose based food packaging films. **Carbohydrate Polymers**, v. 235, n. October 2019, p. 115944, 2020.
- RODSAMRAN, P.; SOTHORNVIT, R. Lime peel pectin integrated with coconut water and lime peel extract as a new bioactive film sachet to retard soybean oil oxidation. **Food Hydrocolloids**, v. 97, n. April, p. 105173, 2019.
- SINGH, A. K. Recent advancements in polysaccharides, proteins and lipids based edible coatings to enhance guava fruit shelf-life: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 262, n. P1, p. 129826, 2024.
- SOOD, A.; SAINI, C. S. Utilization of peel of white pomelo for the development of pectin based biodegradable composite films blended with casein and egg albumen. **Food Chemistry Advances**, v. 1, n. May, p. 100054, 2022.
- VANDEN BRABER, N. L.; DI GIORGIO, L.; AMINAHUEL, C. A.; DÍAZ VERGARA, L. I.; MARTÍN COSTA, A. O.; MONTENEGRO, M. A.; MAURI, A. N. Antifungal whey protein films activated with low quantities of water soluble chitosan. **Food Hydrocolloids**, v. 110, n. May 2020, p. 106156, 2021.
- WIGATI, L. P.; WARDANA, A. A.; JOTHI, J. S.; LEONARD, S.; VAN, T. T.; YAN, X.; TANAKA, F.; TANAKA, F. Biochemical and color stability preservation of strawberry using edible coatings based on jicama starch/calcium propionate/agarwood bouya essential oil during cold storage. **Journal of Stored Products Research**, v. 107, n. December 2023, p. 102324, 2024.
- YAN, J.; HE, S.; CHEN, L.; CHEN, H.; OUYANG, K.; WANG, W. Effect of gelatin-chitosan-Cyclocarya paliurus flavonoids edible coating film on the preservation of chilled beef. **LWT**, v. 199, n. November 2023, p. 116138, 2024.
- YUVARAJ, D.; IYYAPPAN, J.; GNANASEKARAN, R.; ISHWARYA, G.; HARSHINI, R. P.; DHITHYA, V.; CHANDRAN, M.; KANISHKA, V.; GOMATHI, K. Advances in bio food packaging – An overview. **Heliyon**, v. 7, n. 9, p. e07998, 2021.
- ZHANG, Y.; KONG, Q.; NIU, B.; LIU, R.; CHEN, H.; XIAO, S.; WU, W.; ZHANG, W.; GAO, H. The dual function of calcium ion in fruit edible coating: Regulating polymer internal crosslinking state and improving fruit postharvest quality. **Food Chemistry**, v. 447, n. December 2023, p. 138952, 2024.