

Propriedades e funcionalidades oferecidas a alimentos por filmes e revestimentos comestíveis: Uma revisão

Properties and functionalities offered to foods by edible films and coatings: A review

Propiedades y funcionalidades que ofrecen a los alimentos las películas y recubrimientos comestibles: Una revisión

Recebido: 22/09/2022 | Revisado: 02/10/2022 | Aceitado: 06/10/2022 | Publicado: 12/10/2022

Jéssica Souza Alves Friedrichsen

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3909-3617>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: jessicasouza.uem@gmail.com

Andressa Rafaella Silva Bruni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8236-1293>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: rafaela_bruni@hotmail.com

Alisson de Lima Figueiredo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6553-1625>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: alissonfigueiredo99@gmail.com

Emanoele de Oliveira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6408-5638>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: ra112584@uem.br

Geovane Aparecido Ramos da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3749-6938>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: geovane.rsilva21@gmail.com

Elienae da Silva Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4657-4459>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: elienae2108@gmail.com

Jaqueline Ferreira Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5271-3182>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: jaquelinesferreirasilva@gmail.com

Gislaine de Almeida Santana Ientz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2617-8379>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: gislaine.a.santana@gmail.com

Milena Keller Bulla

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5105-1217>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: milenakellerbulla@gmail.com

Oscar Oliveira Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9631-8480>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: oliveirasantos.oscardeoliveira@gmail.com

Resumo

O presente estudo tem como objetivo fornecer uma compreensão sobre as propriedades e funcionalidades de filmes e revestimentos comestíveis, em relação as condições de aplicações em alimentos, baseada em uma revisão bibliográfica. Para isso foram realizadas investigações na literatura dos últimos 5 anos, utilizando as seguintes palavras-chaves: *edible film*, *edible coating*, *food coating*, *food film*. Esta revisão discute as aplicações de diferentes revestimentos comestíveis (carboidratos, proteínas, lipídios e compósitos) como transportadores de ingredientes funcionais para alimentos capaz de aprimorar sua qualidade e vida útil. Filmes e revestimentos comestíveis são comumente formulados de acordo com as características funcionais que oferece à matriz do produto indicada. No geral, a capacidade empregada divulga efeitos ecologicamente corretos, permitindo controle de impacto ambiental diante a biodegradabilidade, e ao mesmo tempo permita sua ação de barreira diante a conservação de alimentos. Além disso, são considerados um excelente transportador de ingredientes, quando aplicados aditivos bioativos, que são

capazes de atingir positivamente a estabilidade e valor nutricional dos alimentos. Existem relatos de aplicação com aspectos de manutenção e controle da qualidade para frutos, hortaliças, carnes e laticínios, uma vez que garantiram a proteção e prolongaram o tempo de armazenamento. A partir do estudo realizado, pode-se definir a necessidade de novas pesquisas que avaliem a integridade ofertada durante processamento e armazenamento.

Palavras-chave: Filme comestível; Revestimento comestível; Filmes compósitos; Conservação de alimentos.

Abstract

The present study aims to provide an understanding of the properties and functionality of edible films and coatings, in relation to food application conditions, based on a literature review. For this, investigations were carried out in the literature of the last 5 years, using the following keywords: edible film, edible coating, food coating, food film. This review discusses the applications of different edible coatings (carbohydrates, proteins, lipids and composites) as carriers of functional food ingredients capable of improving their quality and shelf life. Edible films and coatings are commonly formulated according to the functional characteristics they provide to the indicated product matrix. In general, the capacity used promotes ecologically correct effects, allowing environmental impact control due to biodegradability, and at the same time allowing its barrier action in the face of food conservation. In addition, they are considered an excellent carrier of ingredients, when bioactive additives are applied, which are able to positively achieve the stability and nutritional value of foods. There are reports of application with aspects of maintenance and quality control for fruits, vegetables, meat and dairy products, since they ensured protection and prolonged storage time. From the study carried out, one can define the need for further research to assess the integrity offered during processing and storage.

Keywords: Edible film; Edible coating; Composite films; Food preservation.

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo proporcionar una comprensión de las propiedades y la funcionalidad de las películas y recubrimientos comestibles, en relación con las condiciones de aplicación de los alimentos, con base en una revisión de la literatura. Para ello, se realizaron investigaciones en la literatura de los últimos 5 años, utilizando las siguientes palabras clave: edible film, edible coating, food coating, food film. Esta revisión analiza las aplicaciones de diferentes recubrimientos comestibles (carbohidratos, proteínas, lípidos y compuestos) como portadores de ingredientes alimentarios funcionales capaces de mejorar su calidad y vida útil. Las películas y recubrimientos comestibles se formulan comúnmente de acuerdo con las características funcionales que brindan a la matriz del producto indicado. En general, la capacidad utilizada promueve efectos ecológicamente correctos, permitiendo el control del impacto ambiental por biodegradabilidad, y al mismo tiempo permitiendo su acción barrera frente a la conservación de alimentos. Además, son considerados un excelente portador de ingredientes, cuando se les aplica aditivos bioactivos, los cuales son capaces de lograr positivamente la estabilidad y el valor nutricional de los alimentos. Hay informes de aplicación con aspectos de mantenimiento y control de calidad para frutas, verduras, carnes y productos lácteos, ya que garantizan protección y tiempo prolongado de almacenamiento. A partir del estudio realizado, se puede definir la necesidad de más investigaciones para evaluar la integridad que ofrece durante el procesamiento y almacenamiento.

Palabras clave: Película comestible; Recubrimiento comestible; Películas compuestas; Conservación de los alimentos.

1. Introdução

Um dos desafios ligados à área de alimentos é avistado pela perda de qualidade dos produtos durante o armazenamento, o que acaba originando grande desperdício (Suhag, et al., 2020). Alinhada a esta situação, o consumidor atual apresenta uma maior exigência perante a alta qualidade de alimentos, condição que demanda compostos promotores, de preservação e conservação (Díaz-Montes & Castro-Muñoz, 2021). Diante este cenário, configura-se uma tendência para pesquisas laboratoriais e industriais em busca de abordagens que promovam garantia de segurança alimentar, ligado a extensão da vida útil de alimentos (Alamri et al., 2021).

Neste contexto, o emprego de filmes e revestimentos comestíveis está diretamente relacionada a preservação da integridade de alimentos em geral, sendo eles, laticínios (Miazaki et al., 2022; Olivo et al., 2020), carnes (Umaraw et al., 2020; Vital et al., 2018; Alexandre et al., 2021), frutos e hortaliças (Kocira et al., 2021). Consequentemente as funções que promovem, a presente técnica demonstra potencial para o setor industrial, estimulando uma menor geração de desperdício de alimentos e resíduos, além da exportação diante a vida útil estendida (Galus et al., 2020; Arquelau et al., 2019).

Filmes e revestimentos são oriundos das inovações da ciência, elaborados por materiais seguros ao consumo, com

idêntica formulação, através do uso de polímeros naturais, comestíveis e biodegradáveis (Parreidt et al., 2018; Nair et al., 2020). Definidos de acordo com suas características de aplicação, filmes comestíveis são estruturas pré-formadas originadas por moldagem de compressão, fundição ou extrusão, geralmente utilizados para acondicionar produtos finais (Khuntia, et al., 2022); já os revestimentos são formados por uma película pela imersão, pulverização ou solução dispersa na superfície do alimento (Ribeiro, et al., 2021; Cazón, et al., 2018). Suas propriedades de formação de filme, permitem a síntese de membranas (espessura > 30 µm) e revestimentos (< 30 µm) que são utilizados com sucesso para a conservação dos alimentos (Nair et al., 2020).

Filmes e revestimentos comestíveis são comumente formulados de acordo com as características funcionais que oferece à matriz do produto indicada (Ribeiro, et al., 2021). Sua composição da formulação filmogênica apresenta o uso de polímeros naturais, a fim de atuar sob estritos tipos de alimentos, dos quais se destacam o uso de polissacarídeos (Siqueira, et al., 2021), proteínas (González et al., 2019; Chen et al., 2019), e lipídios (Yousuf, et al., 2021). Apesar dos polímeros apresentar benefícios individuais, habilitam o uso de combinações para aperfeiçoar suas funcionalidades (Amin et al., 2021). No geral, empregar compostos com poderes ecológicos, permite o controle de impacto ambiental (Cao, et al., 2018; Iversen et al., 2022).

Vale ressaltar que durante a formulação, os agentes filmogênicos devem ser dissolvidos em solvente, como água, álcool, ou uma mistura de outros solventes (Chen et al., 2022). A utilização de materiais com capacidade biodegradável, oriundos de fontes naturais são uma alternativa para embalagens, em substituição ao uso de plástico (Iversen et al., 2022), promovendo propostas e ações sustentáveis suplementares, a indústrias que visam a sustentabilidade. Também podem ser incorporados ingredientes ativos (antioxidantes, antimicrobianos, pigmentos e micronutrientes) na formulação (Ribeiro, et al., 2021; Chen et al., 2019). Além disso, plastificantes, também são adicionados para aumentar a estabilidade intermoleculares das ligações poliméricas (Cazón, et al., 2018).

As interações entre os ingredientes ativos e agentes filmogênicos, quando aplicados afetam propriedades mecânicas e sensoriais dos alimentos (Chen et al., 2019). Entretanto, configuram prevenções diante distúrbios fisiológicos em produtos alimentícios, contribuindo para a manutenção do perfil nutritivo (Nair et al., 2020). Deste modo, as propriedades dos polímeros naturais e aditivos devem ser bem compreendidas e adaptadas para assim iniciar o desenvolvimento de filmes e suas aplicações (Suhag, et al., 2020). Diante o exposto, este estudo tem como objetivo revisar diferentes aplicações de filmes e revestimentos comestíveis de caráter biodegradável e suas funcionalidades.

2. Metodologia

O presente estudo trata-se de uma análise de dados através de uma revisão bibliográfica referente a funcionalidade de filmes e revestimentos comestíveis na área de produtos alimentícios, em específicos frutos e hortaliças, cárneos e laticínios. Foram utilizados artigos científicos recentes, publicados nos últimos 5 anos, a fim de investigar o avanço das pesquisas desenvolvidas. As buscas foram realizadas nas bases eletrônicas de dados *Google Scholar*, *Science Direct*, *Web of Science* e *Scopus* utilizando os descritores: *edible film*, *edible coating*, *food coating*, *food film*. Portanto, o presente estudo foi caracterizado por uma metodologia aplicada à uma revisão bibliográfica narrativa de estudos já descritos na literatura, com intuito de mapear o conhecimento sobre sistemas filmogênicos.

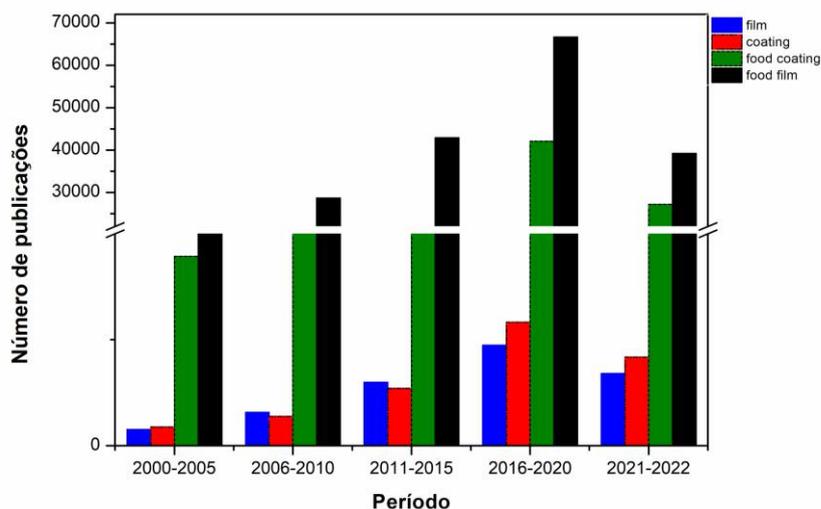
Foram incluídos os artigos mais relevantes com descrição e aplicação de filmes e revestimentos comestíveis em alimentos. Sendo considerados artigos originais, publicados em inglês dentro do período pré-definido e para os quais apresentavam disponibilidade na base de dados, sendo o resumo, principal parâmetro para inclusão do trabalho.

3. Resultados e Discussão

3.1 Coleta de dados

Entre os resultados obtidos, foram encontrados um total de 233.551 trabalhos publicados na base de dados *Science Direct*, onde os dados se encontram apresentados na Figura 1:

Figura 1. Publicações utilizando as palavras-chave *edible film*, *edible coating*, *food coating*, *food film* entre os períodos de 2000 a 2022.



Fonte: Autores (2022).

Analisando a Figura 1, observa-se o crescente interesse por pesquisas abordando temas referentes à filmes e revestimentos comestíveis. Nota-se um maior interesse conduzido pelo tema *food film*, seguido de *food coating*, ao decorrer dos anos, fato esse que se deve a potencial aplicação e propriedades oferecidas, como novas descobertas, pois é fundamental diante a conservação dos alimentos. Ainda, vale ressaltar entre os últimos anos avaliados, que o período foi mais curto para a busca, sendo de 2020 a 2022, porém permanecem próximos ao período anterior, já que o tema demonstra tendência às pesquisas atuais.

3.2 Filmes e revestimentos comestíveis

Filmes e revestimentos comestíveis são considerados uma nova classe de embalagens para alimentos (Iversen et al., 2022). São derivados de compostos que são permitidos para o consumo humano, como polímeros naturais, que podem ser consumidos diretamente, livre de riscos à saúde (Kumar et al., 2021a). Assim, a conservação dos alimentos exige uma seleção adequada de formulação, pois as características do filme/revestimento comestível aplicado, refletem diretamente nos efeitos proporcionados (Amin et al., 2021). Estes, podem desempenhar funcionalidades como a manutenção de nutrientes de produtos perecíveis, tornando-se uma ferramenta para prevenção a possíveis perdas (Ribeiro, et al., 2021).

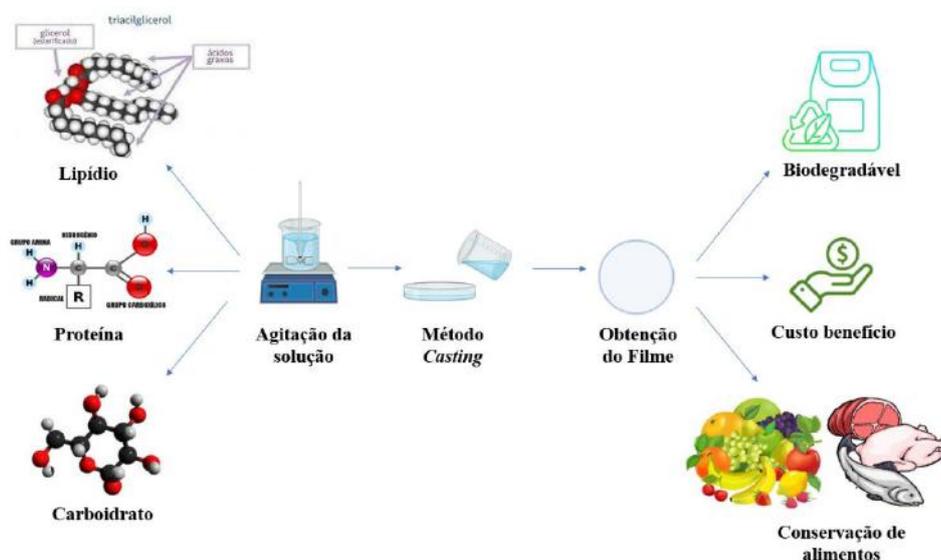
Filmes comestíveis são camadas finas pré-formadas em geral por dois tipos de processos: úmido (casting) - evaporação de solventes em condições controladas, dispersão da película em superfície plana; seco - extrusão, moldagem e/ou prensagem a quente; todos capazes de resultar na formação do filme com espessura > 30 µm (Petkoska et al., 2021; Nair et al., 2020). Já os revestimentos são suspensões líquidas ou pó, aplicados diretamente na superfície do alimento, por processos de imersão, pulverização, escovação, etc., seguida por um processo de adesão com espessura < 30 µm, na área superficial do

produto (Silva-Vera et al., 2018; Nair et al., 2020). Em escala laboratorial, processos de casting e imersão são os mais estimados para formação do filme/revestimento, enquanto em escala comercial a extrusão e a pulverização são os métodos, mais viáveis (Suhag, et al., 2020).

Os agentes filmogênicos comumente utilizados para a produção são polímeros naturais de baixo custo, alguns até provenientes de resíduos industriais (Barizão et al., 2020; Costa et al., 2020). Os polímeros naturais utilizados em filmes e revestimentos devem garantir a segurança alimentar, propriedades mecânicas, térmicas, e de barreira ao ambiente circundante, além de prolongar a vida útil (Vargas et al., 2022). Visto aqui, a funcionalidade dos materiais é importante, a fim de atender às necessidades em situações particulares. No entanto, as características entregues entre os polímeros utilizados na formação de filmes e revestimentos comestíveis é extensa (Amin et al., 2021).

Os polímeros naturais usados como materiais comestíveis são classificados como: carboidratos, proteínas e lipídios. Empregados em variadas aplicações na área de alimentos sozinhos ou em combinação com outros componentes (Amin et al., 2021). Os carboidratos e proteínas possuem polímeros de cadeia longa, de caráter hidrofílico (hidrocoloide) que formam dispersões viscosas (Chen et al., 2022; Amin et al., 2021). Os lipídios, entre eles o mais comum formado de triacilglicerol, possuem caráter hidrofóbico, em grande parte atuam como uma membrana superficial (Yousuf, et al., 2021). Por outro lado, a opção de combinações como compósitos torna-se uma proposta para atender as diversas propriedades, como a conservação dos alimentos, conforme demonstrado na Figura 2. Estes benefícios implicam ao suporte das características dos componentes na combinação de polímeros durante a formação de filme e desempenho (Dhumal & Sarkar, 2018).

Figura 2. Aplicação de filmes e revestimentos comestíveis compósitos.



Fonte: Autores (2022).

Os carboidratos devido à hidrofiliidade, apresentam uma inferior propriedade de barreira (Dhumal & Sarkar, 2018), em contrapartida as proteínas e lipídios apresentam uma vantagem à este parâmetro (Kumar et al., 2021a). Deste modo, a combinação de polímeros torna-se viável. Da mesma forma, podem ser incorporados plastificantes, entre eles os mais populares: glicerol e álcool polivinílico, que podem proporcionar maior uniformidade entre as ligações intermoleculares (Cazón, et al., 2018). Ingredientes ativos como agentes antimicrobianos, micronutrientes, corantes ou saborizantes, também podem ser incorporados à formulação para potencializar os efeitos ofertados aos alimentos (Umaraw et al., 2020).

3.3 Aplicações de filmes e revestimentos comestíveis

Atualmente, as indústrias alimentícias buscam oferecer ao consumidor alimentos seguros e de qualidade (Alamri et al., 2021). A conservação dos alimentos relaciona-se pela disponibilidade de oxigênio, temperatura de armazenamento, umidade relativa, teor de água e pH (Díaz-Montes & Castro-Muñoz, 2021). Cada alimento possui requisitos específicos de armazenamento, o que exige que os materiais da embalagem atendam suas condições (Chen et al., 2019). Deste modo, é de grande interesse manter as características do alimento, e isso pode ser propagado com a aplicação de filmes e revestimentos comestíveis (Nair et al., 2020).

Diante a literatura, relatos anteriores mencionam que filmes e revestimentos comestíveis possuem influência sob o processo metabólico da senescência de frutos e hortaliças, se formados uma barreira semipermeável (Kocira et al., 2021), que se caracteriza por restringir alterações fisiológicas e bioquímicas (Nair et al., 2020). Consequentemente, demonstram efeitos para prolongar a vida útil de diferentes espécies como, morangos (Muley & Singhal, 2020), maçã (Costa et al., 2020), manga (Kumar et al., 2021b; Ma et al., 2021), banana (La et al., 2020; Thakur et al., 2019), goiaba (El-Gioushy et al., 2022; Arroyo et al., 2020), pera (Dai, et al., 2020), tomate (Chaparro-Hernández et al., 2019), entre outras. Demonstrando assim o grande potencial dos filmes e revestimentos comestíveis para o setor industrial (Saleem et al., 2020).

A aplicação de filmes e revestimentos comestíveis apresentam atividades benéficas a cárneos, uma vez que apresentaram alternativas à conservação e manutenção dos nutrientes (Xavier et al., 2021). Carnes e peixes são alimentos perecíveis suscetíveis a rápida deterioração, assim filmes e revestimentos ativos com adição de óleos essenciais, e nanocomponentes reforçam o armazenamento prolongando a vida útil (Umaraw et al., 2020; Praseptiangga, et al., 2021). Essa abordagem atinge a perda de umidade e restringe a proliferação de microrganismos, bem como retarda a oxidação de nutrientes (Vital et al., 2018). Além disso, os aditivos podem restringir a oxidação lipídica evitando luz, oxigênio, principal processo de degradação desses alimentos (Ferreira et al., 2022; Cazón, et al., 2018). Esforços para aperfeiçoar as propriedades fisiológicas e funcionais de filmes e revestimentos comestíveis, são necessários para o setor comercial de carnes e produtos cárneos (Praseptiangga, et al., 2021).

Da mesma forma a estratégia de conservação é aplicada no setor de laticínios, já relatado por Jafarzadeh et al. (2021) que a aplicação de filmes e revestimentos comestíveis demonstra grande potencial para prevenir deterioração química, física, e microbiológica de queijos, prolongando a vida útil, aumentando a qualidade, proporcionando propriedades nutricionais e organolépticas, quando oferece condições de consumo direto com a aplicação realizada na superfície do produto, além de proporcionar oportunidades complementares de aroma e pigmentos, não gerando resíduos. Além disso, a perecibilidade devido as condições de alta atividade de água e acidez, favorecem contaminação microbiana, onde esta técnica demonstra controle a este fato (Iqbal et al., 2021).

As características funcionais exigidas para o revestimento dependem da matriz do produto e seu processo de deterioração durante o armazenamento (Cazón, et al., 2018). Pode-se frisar que os filmes e revestimentos comestíveis foram considerados como alternativa estratégica, para manutenção da qualidade dos alimentos afim de solucionar, problemas de impacto ambiental decorrentes do uso de embalagens convencionais derivadas do petróleo, com a substituição por substâncias seguras e/ou biodegradáveis (Barizão et al., 2020).

Sharma e Ghoshal (2018) relataram que o revestimento comestível se torna um excelente transportador de ingredientes ativos, como pigmentos, micronutrientes, agentes antioxidantes e antimicrobianos, considerados funcionais para aumentar a estabilidade e o valor nutricional dos alimentos. Desta forma, garante a proteção contra vários contaminantes, além de prolongar o armazenamento, manutenção de nutrientes e redução do efeito de deterioração de produtos alimentícios (Umaraw et al., 2020; Parreidt et al., 2018).

4. Considerações Finais

Esta revisão reúne informações sobre a importância e as funções de filmes e revestimentos comestíveis na manutenção nutricional dos alimentos. Sua crescente tendência a pesquisas favorece diferentes setores da área de alimentos, sendo eles, carnes, laticínios, frutos e hortaliças, visto que a investigação da qualidade pode atender a satisfação dos consumidores, além de proporcionar utilidade sustentável quando diminui desperdício, e/ou substitui compostos derivados de plásticos. Ainda, estas aplicações ofertam suporte a integridade nutricional dos alimentos, uma vez que estes polímeros oferecem propriedades suplementares, e habilitam uso em junção a compostos ativos, capazes de transportar substâncias aos alimentos e posteriormente se tornando nutrientes para o solo. Mais estudos e avaliações de aplicações de métodos de embalagens comestíveis devem ser realizados com o objetivo principal de manter os alimentos seguros com qualidade aceitável durante todo o processo de armazenamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro.

Referências

- Alamri, M. S., Qasem, A. A., Mohamed, A. A., Hussain, S., Ibraheem, M. A., Shamlan, G., & Qasha, A. S. (2021). Food packaging's materials: A food safety perspective. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(8), 4490-4499.
- Alexandre, S., Vital, A. C. P., Mottin, C., do Prado, R. M., Ornaghi, M. G., Ramos, T. R., & do Prado, I. N. (2021). Use of alginate edible coating and basil (*Ocimum spp*) extracts on beef characteristics during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 58(10), 3835-3843.
- Amin, U., Khan, M. U., Majeed, Y., Rebezov, M., Khayrullin, M., Bobkova, E., & Thiruvengadam, M. (2021). Potentials of polysaccharides, lipids and proteins in biodegradable food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183, 2184-2198.
- Arquelau, P. B. F., Silva, V. D. M., Garcia, M. A. V. T., de Araújo, R. L. B., & Fante, C. A. (2019). Characterization of edible coatings based on ripe "Prata" banana peel flour. *Food Hydrocolloids*, 89, 570-578.
- Arroyo, B. J., Bezerra, A. C., Oliveira, L. L., Arroyo, S. J., de Melo, E. A., & Santos, A. M. P. (2020). Antimicrobial active edible coating of alginate and chitosan add ZnO nanoparticles applied in guavas (*Psidium guajava L.*). *Food chemistry*, 309, 125566.
- Barizão, C. L., Crepaldi, M. I., Oscar de Oliveira, S., de Oliveira, A. C., Martins, A. F., Garcia, P. S., & Bonafé, E. G. (2020). Biodegradable films based on commercial κ -carrageenan and cassava starch to achieve low production costs. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 582-590.
- Cao, L., Liu, W., & Wang, L. (2018). Developing a green and edible film from Cassia gum: The effects of glycerol and sorbitol. *Journal of Cleaner Production*, 175, 276-282.
- Cazón, P., Vázquez, M., & Velazquez, G. (2018). Cellulose-glycerol-polyvinyl alcohol composite films for food packaging: Evaluation of water adsorption, mechanical properties, light-barrier properties and transparency. *Carbohydrate polymers*, 195, 432-443.
- Chaparro-Hernández, S., Ruiz-Cruz, S., Márquez-Ríos, E., Ornelas-Paz, J. D. J., Del-Toro-Sánchez, C. L., Gassos-Ortega, L. E., & Devora-Isiordia, G. E. (2019). Effect of chitosan-tomato plant extract edible coating on the quality, shelf life, and antioxidant capacity of pork during refrigerated storage. *Coatings*, 9(12), 827.
- Chen, H., Wang, J., Cheng, Y., Wang, C., Liu, H., Bian, H., & Han, W. (2019). Application of protein-based films and coatings for food packaging: A review. *Polymers*, 11(12), 2039.
- Chen, W., Ma, S., Wang, Q., McClements, D. J., Liu, X., Ngai, T., & Liu, F. (2022). Fortification of edible films with bioactive agents: A review of their formation, properties, and application in food preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(18), 5029-5055.
- Costa, J. C. M., Miki, K. S. L., da Silva Ramos, A., & Teixeira-Costa, B. E. (2020). Development of biodegradable films based on purple yam starch/chitosan for food application. *Heliyon*, 6(4), e03718.
- Dai, L., Zhang, J., & Cheng, F. (2020). Cross-linked starch-based edible coating reinforced by starch nanocrystals and its preservation effect on graded Huangguan pears. *Food Chemistry*, 311, 125891.
- Dhumal, C. V., & Sarkar, P. (2018). Composite edible films and coatings from food-grade biopolymers. *Journal of food science and technology*, 55(11), 4369-4383.
- Díaz-Montes, E., & Castro-Muñoz, R. (2021). Edible films and coatings as food-quality preservers: An overview. *Foods*, 10(2), 249.
- do Val Siqueira, L., Arias, C. I. L. F., Maniglia, B. C., & Tadini, C. C. (2021). Starch-based biodegradable plastics: Methods of production, challenges and

future perspectives. *Current Opinion in Food Science*, 38, 122-130.

El-Gioushy, S. F., Abdelkader, M. F., Mahmoud, M. H., Abou El Ghit, H. M., Fikry, M., Bahloul, A. M., & Gawish, M. S. (2022). The effects of a gum arabic-based edible coating on guava fruit characteristics during storage. *Coatings*, 12(1), 90.

Ferreira, C. S. R., Saqueti, B. H. F., dos Santos, P. D. S., da Silva, J. M., Matiucci, M. A., Feihmann, A. C., & Santos, O. O. (2022). Effect of Salvia (Salvia officinalis) on the oxidative stability of salmon hamburgers. *LWT*, 154, 112867.

Galus, S., Arik Kibar, E. A., Gniewosz, M., & Kraśniewska, K. (2020). Novel materials in the preparation of edible films and coatings—A review. *Coatings*, 10(7), 674.

González, A., Barrera, G. N., Galimberti, P. I., Ribotta, P. D., & Igarzabal, C. I. A. (2019). Development of edible films prepared by soy protein and the galactomannan fraction extracted from Gleditsia triacanthos (Fabaceae) seed. *Food Hydrocolloids*, 97, 105227.

Iqbal, M. W., Riaz, T., Yasmin, I., Leghari, A. A., Amin, S., Bilal, M., & Qi, X. (2021). Chitosan-Based Materials as Edible Coating of Cheese: A Review. *Starch-Stärke*, 73(11-12), 2100088.

Iversen, L. J. L., Rovina, K., Vonnice, J. M., Matanjun, P., Erna, K. H., Aqilah, N. M. N., & Funk, A. A. (2022). The Emergence of Edible and Food-Application Coatings for Food Packaging: A Review. *Molecules*, 27(17), 5604.

Jafarzadeh, S., Salehabadi, A., Nafchi, A. M., Oladzadabbasabadi, N., & Jafari, S. M. (2021). Cheese packaging by edible coatings and biodegradable nanocomposites; improvement in shelf life, physicochemical and sensory properties. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 218-231.

Khuntia, A., Prasanna, N. S., & Mitra, J. (2022). Technologies for Biopolymer-Based Films and Coatings. *Biopolymer-Based Food Packaging: Innovations and Technology Applications*, 66-109.

Kocira, A., Kozłowicz, K., Panasiewicz, K., Staniak, M., Szpunar-Krok, E., & Hortyńska, P. (2021). Polysaccharides as edible films and coatings: Characteristics and influence on fruit and vegetable quality—A review. *Agronomy*, 11(5), 813.

Kumar, L., Ramakanth, D., Akhila, K., & Gaikwad, K. K. (2021). Edible films and coatings for food packaging applications: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 1-26.

Kumar, N., Petkoska, A. T., AL-Hilifi, S. A., & Fawole, O. A. (2021). Effect of chitosan–pullulan composite edible coating functionalized with pomegranate peel extract on the shelf life of mango (*Mangifera indica*). *Coatings*, 11(7), 764.

La, D. D., Nguyen-Tri, P., Le, K. H., Nguyen, P. T., Nguyen, M. D. B., Vo, A. T., & Nguyen, D. D. (2021). Effects of antibacterial ZnO nanoparticles on the performance of a chitosan/gum arabic edible coating for post-harvest banana preservation. *Progress in Organic Coatings*, 151, 106057.

Ma, J., Zhou, Z., Li, K., Li, K., Liu, L., Zhang, W., & Zhang, H. (2021). Novel edible coating based on shellac and tannic acid for prolonging postharvest shelf life and improving overall quality of mango. *Food Chemistry*, 354, 129510.

Miazaki, J. B., dos Santos, A. R., de Freitas, C. F., Stafussa, A. P., Mikcha, J. M. G., Bergamasco, R. C., & Scapim, M. R. S. (2022). Edible coatings and application of photodynamics in ricotta cheese preservation. *LWT*, 165, 113697.

Muley, A. B., & Singhal, R. S. (2020). Extension of postharvest shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*) using a coating of chitosan-whey protein isolate conjugate. *Food chemistry*, 329, 127213.

Nair, M. S., Tomar, M., Punia, S., Kukula-Koch, W., & Kumar, M. (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, 304-320.

Olivo, P. M., Scapim, M. R. S., Miazaki, J., Madrona, G. S., Maia, L. F., Rodrigues, B. M., & Pozza, M. S. S. (2020). Sodium alginate with turmeric coating for ripened cheeses. *Journal of food science and technology*, 57(6), 2364-2369.

Parreidt, T. S., Müller, K., & Schmid, M. (2018). Alginate-based edible films and coatings for food packaging applications. *Foods*, 7(10), 170.

Petkoska, A. T., Danilowski, D., D'Cunha, N. M., Naumovski, N., & Broach, A. T. (2021). Edible packaging: Sustainable solutions and novel trends in food packaging. *Food Research International*, 140, 109981.

Praseptianga, D., Widyaastuti, D., Panatarani, C., & Joni, I. M. (2021). Development and Characterization of Semi-Refined Iota Carrageenan/SiO₂-ZnO Bionanocomposite Film with the Addition of Cassava Starch for Application on Minced Chicken Meat Packaging. *Foods*, 10(11), 2776.

Ribeiro, A. M., Estevinho, B. N., & Rocha, F. (2021). Preparation and incorporation of functional ingredients in edible films and coatings. *Food and Bioprocess Technology*, 14(2), 209-231.

Saleem, M. S., Ejaz, S., Anjum, M. A., Nawaz, A., Naz, S., Hussain, S., & Canan, İ. (2020). Postharvest application of gum arabic edible coating delays ripening and maintains quality of persimmon fruits during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(8), e14583.

Sharma, R., & Ghoshal, G. (2018). Emerging trends in food packaging. *Nutrition & Food Science*, 48, 764-779.

Silva-Vera, W., Zamorano-Riquelme, M., Rocco-Orellana, C., Vega-Viveros, R., Gimenez-Castillo, B., Silva-Weiss, A., & Osorio-Lira, F. (2018). Study of spray system applications of edible coating suspensions based on hydrocolloids containing cellulose nanofibers on grape surface (*Vitis vinifera* L.). *Food and Bioprocess Technology*, 11(8), 1575-1585.

Suhag, R., Kumar, N., Petkoska, A. T., & Upadhyay, A. (2020). Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Research International*, 136, 109582.

Thakur, R., Pristijono, P., Bowyer, M., Singh, S. P., Scarlett, C. J., Stathopoulos, C. E., & Vuong, Q. V. (2019). A starch edible surface coating delays banana

fruit ripening. *Lwt*, *100*, 341-347.

Umaraw, P., Munekata, P. E., Verma, A. K., Barba, F. J., Singh, V. P., Kumar, P., & Lorenzo, J. M. (2020). Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products. *Trends in Food Science & Technology*, *98*, 10-24.

Vargas, V. H., Marczak, L. D. F., Flôres, S. H., & Mercali, G. D. (2022). Advanced technologies applied to enhance properties and structure of films and coatings: A review. *Food and Bioprocess Technology*, *15*, 1-24.

Vital, A. C. P., Guerrero, A., Ornaghi, M. G., Kempinski, E. M. B. C., Sary, C., Monteschio, J. D. O., & do Prado, I. N. (2018). Quality and sensory acceptability of fish fillet (*Oreochromis niloticus*) with alginate-based coating containing essential oils. *Journal of food science and technology*, *55*(12), 4945-4955.

Xavier, L. O., Sganzerla, W. G., Rosa, G. B., da Rosa, C. G., Agostinetto, L., de Lima Veeck, A. P., & Nunes, M. R. (2021). Chitosan packaging functionalized with *Cinnamodendron dinisii* essential oil loaded zein: A proposal for meat conservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, *169*, 183-193.

Yousuf, B., Sun, Y., & Wu, S. (2021). Lipid and lipid-containing composite edible coatings and films. *Food Reviews International*, 1-24.