

Importância dos revestimentos comestíveis ativos como estratégia para proteção das oleaginosas contra processos de oxidação lipídica encontrados na literatura

Importance of active edible coatings as a strategy to protect oilseeds against lipid oxidation processes found in the literature

Importancia de los recubrimientos comestibles activos como estrategia para proteger las semillas oleaginosas contra los procesos de oxidación de lípidos que se encuentran en la literatura

Recebido: 11/04/2022 | Revisado: 18/04/2022 | Aceito: 21/04/2022 | Publicado: 25/04/2022

Debora Ribeiro Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3095-4601>
Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil
E-mail: deboraribenascimento@hotmail.com

Itatiane Catarina Guerra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5946-3948>
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: tati_16br@hotmail.com

Juliana de Andrade Mesquita

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2860-4397>
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: jumesquita87@gmail.com

Thais Hernandes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1404-8315>
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: thaisher@gmail.com

Katiuchia Pereira Takeuchi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0731-8279>
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: katiuchia.takeuchi@ufmt.br

Resumo

A castanha-do-Brasil (*Bertholletia Excelsa*) é rica em ácidos graxos monoinsaturado (MUFA) e poli-insaturado (PUFA) como o ácido oleico, ácido linoleico e ácido linolênico. Por apresentar alto conteúdo desses ácidos torna-se um alimento perecível, e assim susceptível a sofrer reações de oxidações lipídicas que modificam as propriedades físicas, químicas e sensoriais do produto, portanto, diminui o seu tempo de vida de prateleira e o valor agregado. Uma das soluções encontradas na literatura é a aplicação de embalagens ativas, como filmes e revestimentos que são elaborados à base de biopolímeros como proteínas, polissacarídeos ou lipídeos, que possuem uma matriz de fácil interação com aditivos que podem agregar novas funções na produção de embalagens antioxidantes, antimicrobiana, com baixa permeabilidade ao vapor d'água, e entre outras atividades. A presente revisão literária tem como objetivo buscar artigos e apresentar os resultados da aplicação de filmes e revestimento em oleaginosas, além de dissertar um pouco sobre o que seria oxidação lipídica, o que favorece a reação e como minimizá-las. Com o resultado da pesquisa, pode-se concluir que a aplicação de filmes e revestimentos com compostos antioxidantes auxilia na proteção da oxidação dos lipídeos em oleaginosas, contribuindo no *shelf life* do produto, mantendo as características sensoriais que os caracterizam como alimentos de alto valor nutritivo.

Palavras-chave: *Bertholletia Excelsa*; Oxidações lipídicas; *Shelf life*; Embalagens ativas; Revestimento comestível; Compostos antioxidantes; Oleaginosas; Ensino.

Abstract

The Brazil nut (*Bertholletia Excelsa*) is rich in monounsaturated fatty acids (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA) such as oleic acid, linoleic acid and linolenic acid. The high content of these acids makes it a perishable food, and thus susceptible to lipid oxidation reactions that modify the physical, chemical, and sensory properties of the product, thus reducing its shelf life and added value. One of the solutions found in the literature is the application of active packaging, such as films and coatings that are made from biopolymers such as proteins, polysaccharides or lipids, which have a matrix of easy interaction with additives that can add new functions in the production of antioxidant, antimicrobial, low water vapor permeability packaging, and among other activities. The present literature review has the objective of searching for articles and presenting the results of the application of films and coating on oilseeds, besides discussing a little about what lipidic oxidation is, what favors the reaction and how to minimize it.

As the result of the research, it was conclude that the application of films and coatings with antioxidant compounds helps to protect against lipid oxidation in oilseeds, contributing to the shelf life of the product, while maintaining the sensory characteristics that characterize them as foods of high nutritional value.

Keywords: *Bertholletia Excelsa*; Lipid oxidations; Shelf life; Active packaging; Edible coating; Antioxidant compounds; Oilseeds; Teaching.

Resumen

La nuez de Brasil (*Bertholletia Excelsa*) es rica en ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) como el ácido oleico, el ácido linoleico y el ácido linolénico. El alto contenido de estos ácidos lo convierte en un alimento un tanto semejante y, así, susceptible de sufrir reacciones de oxidación lipídica que modifican las propiedades físicas, químicas y sensoriales del producto, reduciendo su vida útil y su valor añadido. Una de las soluciones encontradas en la literatura es la aplicación de envases activos, como películas y recubrimientos que están hechos de biopolímeros como proteínas, polisacáridos o lípidos, que tienen una matriz de fácil interacción con aditivos que pueden añadir nuevas funciones en la producción de envases antioxidantes, antimicrobianos y de baja permeabilidad al vapor de agua, y entre otras actividades. La presente revisión bibliográfica tiene como objetivo buscar artículos y presentar los resultados de la aplicación de películas y recubrimientos en semillas oleaginosas, además de discutir un poco sobre lo que sería la oxidación de los lípidos, lo que favorece la reacción y cómo minimizarlos. Como resultado de la búsqueda, se puede concluir que la aplicación de películas y recubrimientos con compuestos antioxidantes ayuda a proteger las semillas oleaginosas de la oxidación de los lípidos, contribuyendo a la vida útil del producto, manteniendo las características sensoriales que las caracterizan como alimentos de alto valor nutricional.

Palabras clave: *Bertholletia Excelsa*; Oxidaciones de lípidos; Duracion; Embalaje activo; Recubrimiento comestible; Compuestos antioxidantes; Semillas oleaginosas; Enseñanza.

1. Introdução

Uma forma de levar o alimento até a mesa do consumidor, segundo Jorge (2013), é a partir do uso de embalagens, descreve-se que, “A embalagem é um recipiente que contém o produto e que deve permitir o seu transporte, distribuição e manuseio, protegendo-o contra choques, vibrações e compressões que ocorrem em todo o transporte.” Além disso, elas funcionam como uma estratégia de competição entre as empresas, isso porque, precisa atender as necessidades que os consumidores buscam a partir do momento em que decidem comprar. E recentemente, têm apresentado crescente o interesse pela compra de produtos que sejam sustentáveis e que possam oferecer informações sobre a qualidade do produto.

Com o avanço da tecnologia é possível no presente momento a produção de embalagens ativas, atuando como filme ou revestimentos, que podem ou não serem comestíveis. A preparação desses envoltórios são a base de um biopolímero, na qual apresenta uma decomposição rápida e sem gerar resíduos, os plastificantes auxiliam na maleabilidade, e os aditivos interagem com o alimento para proteger ou retardar a ação de elementos como: oxigênio, umidade, radiação ultravioleta, microrganismo, etileno, e entre outros malefícios que fazem parte da decomposição do alimento, o qual afeta o tempo de vida de prateleira (Villadiego *et al.*, 2005; Paidari *et al.*, 2021).

As oleaginosas é um dos alimentos mais consumidos por apresentarem propriedades benéficas ao organismo. Os filmes e revestimentos se mostram promissores para serem elaborados e aplicados em oleaginosas, onde poderão atuar como protetores, retardando a oxidação lipídica, a ação de microrganismos e dos efeitos da umidade (Bittencourt *et al.*, 2020).

A presente revisão bibliográfica teve como objetivo reunir e destacar compostos ou substâncias que minimizem esses efeitos negativos nas oleaginosas, visto que poucos estudos apresentam linhas de pesquisa com filmes e revestimentos aplicados a elas, pois é sabido que apresentam naturalmente e em maiores quantidades os triacilgliceróis (TGAs) em sua composição, o que reduz o tempo de vida de prateleira. Além de detalhar as pesquisas existentes que estudaram os revestimentos ativos comestíveis e seus benefícios.

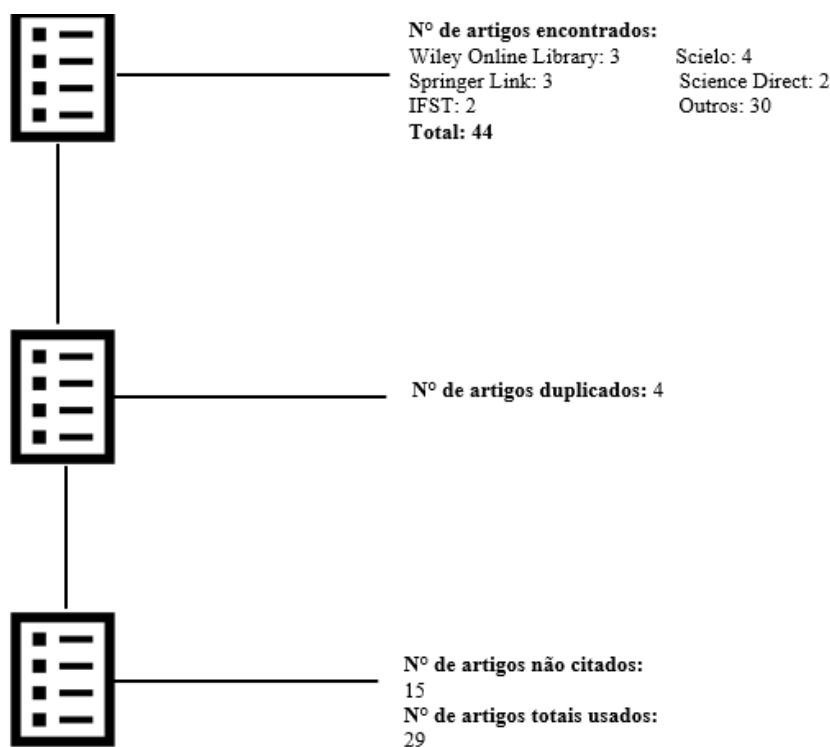
2. Método de pesquisa

2.1 Planejamento e organização

Realizou-se a elaboração da revisão literária sistemática seguindo o método descrito por Prodanov & Freitas (2013), sobre “Importância dos revestimentos comestíveis ativos como estratégia para proteção das oleaginosas contra processos de oxidação lipídica encontrados na literatura”, as pesquisas foram realizadas com o objetivo de entender como o processo de oxidação lipídica acontece, e quais ingredientes e componentes podem ser usados para a produção de revestimentos comestíveis ativos adequados para oleaginosas.

As palavras-chave utilizadas para encontrar os artigos essenciais nesta revisão foram: “*active packaging*”, “*edible coating*”, “*lipid oxidation*”, “*antioxidant agentes*”, “*oilseed properties*”, sendo utilizada como termos, e inseridas na barra de pesquisa do Google Acadêmico, com foco para a discussão na “alimentação” e “comestível”. Os principais sites usados estão relatados no Esquema abaixo:

Esquema: Esquema de estratégia de busca de artigos.



Fonte: Autores (2022).

Os critérios utilizados para inclusão dos artigos na revisão sistemática foram ser artigos que fossem internacionais de revistas científicas indexadas e que abrangiam o tema sobre reações de oxidação lipídica e os seus efeitos nas oleaginosas, encontrando textos que usavam como solução da problemática a aplicação de filmes e revestimentos comestíveis com e sem ação antioxidante. Dessa forma, os artigos que não contemplavam esses critérios foram descartados.

3. Resultados e Discussão

Após o estudo de 44 artigos científicos na área de produção de revestimentos comestíveis ativos com foco em oleaginosas, foram selecionados 29 artigos para desenvolver a revisão literária.

Assim, foi possível avaliar por meio dos artigos apresentados com maior detalhamento as melhores bases poliméricas, como a carboximetilcelulose e amido, o sorbitol como plastificantes, lecitina de soja como surfactante e os antioxidantes, dentre eles o ácido ascórbico e vitamina E.

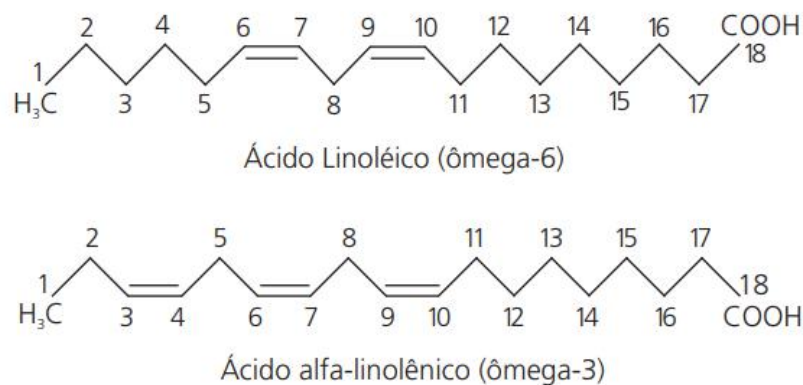
Estes insumos foram responsáveis por formular filmes e revestimentos comestíveis com fácil aplicação nas oleaginosas, sem modificar as características sensoriais do alimento, garantindo que a ação contra as reações de oxidação lipídica fosse eficaz. Além de contribuir no aumento da vida de prateleira destes produtos.

3.1 Oxidação lipídica em oleaginosas

As oleaginosas vegetais geralmente possuem casca rígida, funcionando como uma proteção para sementes que são comestíveis e atrativas para integrarem uma dieta humana ou animal. O principal componente nutricional que faz com que estas recebam esse nome é a quantidade de lipídeos que as constituem, cerca de 40 a 60%, dependendo de qual vegetal está sendo consumida (McKevith, 2005).

Em geral, os lipídeos encontrados nas oleaginosas são monoinsaturados (MUFA - *monounsaturated fatty acids*), como por exemplo o ácido oleico encontrado no azeite de oliva e castanha-do-Brasil, ou palmitoleico no amendoim. Em outras, já é possível encontrar os lipídeos poli-insaturados, como ácido linoleico na semente de linhaça. Estes ácidos graxos são atrativos para aqueles que consomem por apresentarem em sua estrutura química duplas ligações (Figura 1), equilibrando a quantidade de radicais livres e reduzindo o estresse oxidativo que alguns alimentos podem causar no organismo, funcionando como antioxidante (Fadavi *et al.*, 2006).

Figura 1 - Estrutura química dos ácidos graxos insaturados.



Fonte: Perini *et al.*, (2010).

Um dos pontos negativos de alimentos que portam alto índice de lipídeos, são, os triglicerídeos, fosfolipídios e os ácidos graxos insaturados livres pois desencadeiam os problemas de oxidação lipídica (Figura 2). Podem ocorrer durante o processo de armazenamento, quando fatores como umidade, temperatura e incidência de luzes ultravioleta, por exemplo, não são controlados de acordo com as normas sanitárias para cada oleaginosa, e como consequência, estipulando menor tempo de vida de prateleira, perda de valor nutricional e problemas de saúde para aqueles que ingerem. De acordo com Fani (2010), o processo oxidativo pode acontecer de três formas:

Figura 2 - Tipos de mecanismos de reação de oxidação lipídica.



Fonte: Fani (2010).

Alguns fatores são importantes para a cinética das reações lipídicas como as elevadas concentrações de O_2 no meio, temperatura, umidade relativa do ambiente, teor de umidade e atividade de água do alimento. Os radicais lipídicos são formados com facilidade em temperatura elevadas, quando perde-se o H das ligações $CH=CH$. A presença de água funciona como doador de prótons que estabilizam os hidroperóxidos, formando assim, aldeídos, cetonas e álcoois (Schaich, 2013). Os hidroperóxidos produzidos em ambas as reações oxidativas a partir da interação entre o oxigênio e seus derivados com os ácidos graxos insaturados, são instáveis e por conseguinte formam compostos como álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres e hidrocarbonetos, que provocam a modificação do odor, sabor e cor do alimento, conhecidos como *off-flavors*. Ele pode ser usado para determinar o índice de peróxidos (IP), que auxilia a quantificar o grau de oxidação do produto, seguindo de acordo com a Instrução Normativa - IN N° 87, de 15 de março de 2021 (Tabela 1) (Ferrari, 1998).

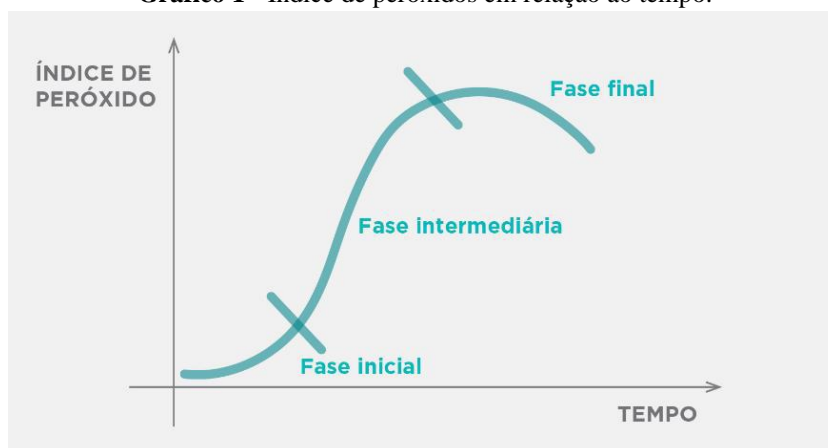
Tabela 1 - Lista dos valores máximos de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais.

Tipo de óleo ou gordura	Valor máximo do índice de peróxidos
Óleos e gorduras refinados	10 meq/kg
Óleos prensados a frio e não refinados	15 meq/kg

Fonte: Brasil (2021).

Outro ponto importante, é que deve ser feita essa quantificação na fase intermediária, como vista no Gráfico 1, isso porque, a fase inicial não tem peróxidos formados e a final está presente apenas os derivados estáveis dos peróxidos. Por outro lado, existem outros meios para conservar estes alimentos a partir de compostos que retardam estas reações das oxidações lipídicas (Fernandes & Todescato, 2020).

Gráfico 1 - Índice de peróxidos em relação ao tempo.



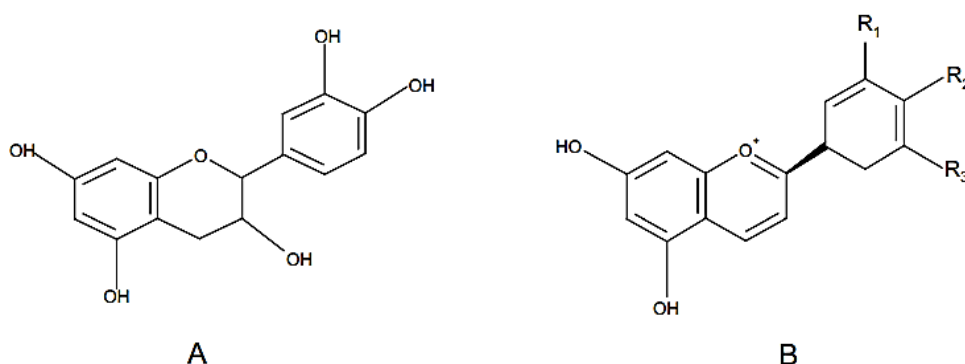
Fonte: Fernandes e Todescato (2020).

3.2 Propulsores que controlam a oxidação lipídica

Existem agentes antioxidantes que podem ser usados no controle das oxidações lipídicas, além do uso de operações unitárias para a umidade, temperatura, incidência de luz UV e outros fatores, no local de armazenamento. São conhecidos por atuarem para retardar ou inibir o desenvolvimento dos produtos *off-flavors* das oleaginosas, sendo divididos em duas classes: antioxidantes primários e secundários (Fani, 2010).

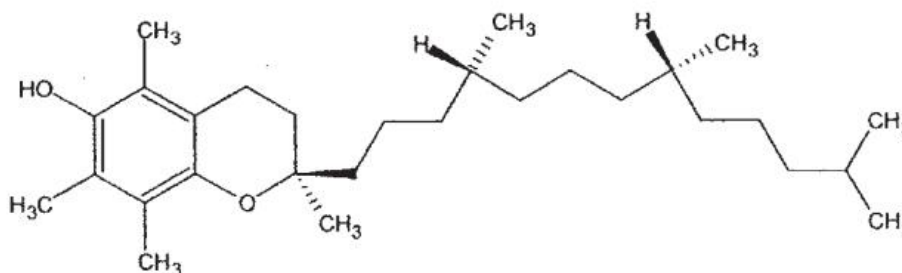
Os antioxidantes primários, como no caso dos compostos fenólicos (Figura 3), e vitamina E (Figura 4), extinguem radicais livres. Na sua estrutura química podem capturar estas substâncias e formam compostos estáveis através da ressonância do anel aromático presente evitando assim, as reações em cadeia dos hidroperóxidos. Além disso, estes compostos naturais e sintéticos, podem atuar como ligantes de metais de transição (Fe, Cu, Co) com o estado de valência mais baixo, funcionando como antioxidante secundários, e formando quelatos, dificultando a doação dos seus elétrons para os ácidos graxos insaturados livres produzirem alcóxis e radicais livres (Soares, 2002).

Figura 3 - Estrutura química dos agentes antioxidantes, compostos fenólicos: Catequina (A) e Antocianinas (B).



Fonte: Silva *et al.*, (2010).

Figura 4 - Estrutura química da Vitamina F



Fonte: Kline *et al.* (2004).

Outra ação significativa dos antioxidantes, como os secundários é a transformação de hidroperóxidos em compostos não-radicais, supressão/sequestro do oxigênio, absorção de radiação UV ou até mesmo a redução do oxigênio singlete (1O_2) produzindo o ânion superóxido (O_2^-), que possui baixa afinidade por biomoléculas como os lipídeos. Em geral, estes agem em conjunto com os antioxidantes primários, como no caso a combinação do ácido ascórbico com a Vitamina E, além do ácido ascórbico ter as funções de um antioxidante secundário, ele também funciona como agente redutor para que o α -tocoferol após as reações com os hidroperóxidos volte a sua forma inicial. Logo, é feito revestimentos comestíveis para oleaginosas com a mistura desses antioxidantes (Davy, 2009).

Por mais que os compostos antioxidantes sejam eficazes, sua aplicação direta nos alimentos em alguns produtos, não consegue ter um efeito prolongado, já que são compostos sensíveis. Segundo Riveros *et al.* (2016), o uso de antioxidantes naturais extraídos dos óleos essenciais de manjerição e tomilho em sementes oleaginosas, alteraram as propriedades sensoriais do alimento, tornando-o menos atrativo para os consumidores. Assim, uma forma de tornar mais atrativo o seu uso é na aplicação de filmes e revestimentos com antioxidantes. Dependendo da matriz biopolimérica, a interação com estes compostos é tão forte que possibilita a formação de uma barreira contra as reações de oxidação lipídica das oleaginosas durante todo o período de armazenamento, funcionando desse modo, como embalagem ativas.

3.3 Revestimentos comestíveis ativos

Nas últimas décadas, iniciou-se uma busca para encontrar formas de prolongar o tempo de vida de prateleira dos alimentos após a colheita e etapas de beneficiamento, em razão disso, para os consumidores muitas vezes qualquer alteração na coloração das frutas, verduras e sementes é um sinal de que o alimento está danificado, mesmo que não esteja no processo de degradação em que altere suas características sensoriais como odor e sabor. Assim, a aplicação de filmes e revestimentos comestíveis como embalagem inteligente, têm apresentado destaque para auxiliar na conservação dos alimentos e serem ambientalmente favoráveis, por trazerem uma biodegradação veloz (Costa *et al.*, 2022; Razavi *et al.*, 2021; Tedesco *et al.*, 2021).

Essa proteção para os alimentos é denominada como embalagem ativa ou inteligente, por serem produzidas com componentes que apresentam potencial bioativo e agirão como antimicrobianos, antioxidantes, absorvedores de etileno ou umidade, liberadores ou absorvedores de sabores e odores, e entre outros. Ademais, essas embalagens são produzidas a partir de biopolímeros naturais ou sintéticos solúveis em água, como polissacarídeos e proteínas, plastificantes para trazer elasticidade para o revestimento e até mesmo de lipídeos para impedir a permeabilidade da água no alimento (Paidari *et al.*, 2021).

Segundo Bittencourt *et al.* (2020), as embalagens ativas recebem esse nome por atuarem como, “uma barreira a impactos físicos e/ou mecânicos, reações químicas e invasão de microrganismo, além de prevenir a migração de seus próprios compostos para o alimento”.

A matriz polimérica pode ser feita a base de polissacarídeo, proteínas ou lipídios. As feitas a partir dos polissacarídeos, são conhecidas como hidrocoloidais, e costumam ser muito utilizadas no processo de fabricação de filmes e revestimentos comestíveis por terem baixo custo, alta produção, biodegradabilidade e comestibilidade. Um composto muito utilizado é a carboximetilcelulose (CMC), polímero aniônico baseado na β (1 \rightarrow 4)-D-glucopiranosose da celulose, que possui maior solubilidade com os solventes polares (Villadiego *et al.*, 2005).

Uma característica importante desta matriz é ser rígida por conta da sua força de coesão após a sua formação, pois, a sua matriz possui forte interação intermolecular, tornando-a quebradiça e difícil de ser trabalhada. Para melhorar essa propriedade, segundo Mirzaei-Mohkam *et al.* (2020), “a incorporação de novos compostos na matriz polimérica pode afetar a uniformidade da estrutura, causando uma redução na ruptura de estresse dos filmes, isso porque, pode ocorrer uma descontinuidade na matriz após a incorporação do extrato”.

Os plastificantes são um tipo de composto que ao interagir com as moléculas da matriz polimérica, consegue competir pelo sítio ativo que realizam as ligações de hidrogênio, dipolo-dipolo ou forças de *van de Waals* entre biopolímero-biopolímero. A presença de plastificante, ocorre a expansão do volume livre da matriz e da mobilidade das moléculas, aumentando a flexibilidade, alongamento da cadeia, facilidade de processamento ou a distensibilidade. Outra vantagem da sua atuação é diminuir a permeabilidade de água para filmes e revestimentos (Oliveira *et al.*, 2007).

Para a produção de melhores filmes e revestimentos é necessário adicionar os surfactantes, um composto anfifílico, que atua como uma ação de estabilizante da emulsão, por conseguir aperfeiçoar a incorporação da parte polar e apolar dos componentes que irão produzir o bioplástico. A partir do equilíbrio hidrofílico/lipofílico, chamado HLB, tem-se o aspecto emulsificante “óleo em água”, com HLB entre 10-16, na qual a água fica na parte mais externa da superfície, interagindo melhor com compostos polares, e quanto se busca o efeito “água em óleo”, como HLB entre 4-8, a emulsão têm maior afinidade pelo óleo que pela água, de modo que são mais eficientes em manter o óleo na fase externa, interagindo melhor com compostos apolares (Silva Junior *et al.*, 2013).

Sobre a biodegradabilidade dos filmes e revestimentos, segundo Villadiego *et al.* (2005) “deve ser feita completamente por microrganismos em compostos naturais, como CO₂, água, metano, hidrogênio e biomassa. O processo de biodegradação envolve duas etapas: a despolimerização, que é a clivagem da cadeia do polímero, e a mineralização para carbono, água e sais, entre outros. Este processo possui três elementos-chave: microrganismo apropriado, ambiente e substrato adequado”.

4. Artigos Científicos Relacionados ao Desenvolvimento de Filmes e Revestimentos

O uso de revestimentos e filmes comestíveis com propriedades antioxidantes e absorvedores de umidade, foi iniciado por pesquisadores para aumentar e manter a qualidade das sementes e agregação de valor de mercado, a fim de estender a vida útil das oleaginosas. O presente tópico, conforme a Tabela 2, apresentam uma compilação de informações de diferentes artigos que elaboraram filmes e revestimentos comestíveis com possíveis aplicações para as oleaginosas.

Tabela 2 - Compilação de pesquisas com produções de filmes e revestimentos comestíveis com possíveis aplicações para oleaginosas.

Oleaginosa	Biopolímero	Plastificante	Surfactante	Antioxidante	Resultados	Referência
Amêndoa sem casca (<i>Prunus amygdalus</i>)	Goma Mastique (<i>Pistacia lentiscus</i>)	NA	NA	NA	O revestimento produzindo com concentração 2% (m/v), 20 g em pó e 1 L de água destilada da goma, reduziu a permeabilidade a vapor d'água. A mesma a solução filmogênica, produziu índice de peróxido (IP) e índice de ácido tiobarbitúrico, TBARS.	Farooq <i>et al.</i> , (2021)
Amendoim sem casca (<i>Arachis hypogaea L.</i>)	Carboximetilcelulose (CMC)	Glicerol	NA	NA	O filme RP-CMC, apresentou os menores valores para IP, dienos conjugados e p-anisidina, apresentando valores fora do ideal de acordo com o Código Alimentar da Argentina para consumo a partir de 43 dias. Preservou as características sensoriais.	Riveros <i>et al.</i> , (2013)
	Metilcelulose (MC)					
Sementes de girassol (<i>Helianthus annuus</i>)	Proteína de leite de soja	Glicerol	NA	Butilhidroxitolueno (BHT)	O CMC com compostos naturais aromáticos, foram eficientes para o efeito de proteção contra reações de oxidação. Dentre os óleos essenciais, o de tomilho apresentou melhores valores de IP, de p-anisidina e dienos conjugados quando comparados ao de manjerição, e o BHT, comparando com os naturais teve a melhor ação. As características sensoriais foram modificadas.	Riveros <i>et al.</i> , (2015)
	Carboximetilcelulose (CMC)			Óleo essencial do tomilho: timol, <i>o-cymene</i> e γ -terpinen. Óleo essencial do manjerição: monoterpeno β -linalool.		
Amêndoas (<i>Prunus amygdalus Batsch</i>)	Carboximetilcelulose (CMC)	Glicerol	NA	Butilhidroxitolueno (BHT) Compostos fenólicos extraídos da casca do amendoim (E) (<i>Arachis hypogaea L.</i>): flavanóides.	O IP para CMC-BHT foi menor que usando Compostos fenólicos natural, no entanto, a diferença não foi tão significativa. A análise de hexanal e nonanal, tiveram menor concentração em ambos os filmes, mostrando a eficácia da ação antioxidante. Não fizeram alterações significativas nas propriedades sensoriais.	Larrauri <i>et al.</i> , (2016)
NA	Carboximetilcelulose (CMC) Hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) Amido	Sorbitol	NA	Extrato natural de acerola (<i>Malpighia emarginata DC</i>): vitamina C3 e outros compostos fenólicos	A aplicação do extrato natural de acerola alterou a viscosidade dos filmes HPMC e amido. E somente o filme HPMC não teve alteração na sua coloração. Sobre a incorporação dos antioxidantes extraídos nos filmes, em 84 dias o CMC foi quem teve melhor incorporação, confirmando que o CMC é o melhor filme.	Tedesco <i>et al.</i> , (2021)

NA	Carboximetilcelulose (CMC) Hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)	Sorbitol Glicerol	NA	NA	Foi avaliado que o filme produzido com CMC foi quem teve melhor alongação e menor módulo de elasticidade, além de apresentar os menores valores de absorção de água com os plastificantes em UR alta, mostrando que é um melhor filme para ser aplicado em alimento úmidos ou que são armazenados em ambiente com alta UR. E o sorbitol foi o melhor plastificante.	Oliveira <i>et al.</i> , (2007)
NA	Amido	Glicerol	Tween 20 Tween 80 Lecitina de soja	NA	Com o aditivo do plastificante e surfactante no biopolímero a base de amido, foi obtido como resultado que os surfactantes reduziram a tensão superficial, e foi encontrado que o surfactante 20 foi mais eficaz em baixa concentração e lecitina de soja em alta concentração.	Rodríguez <i>et al</i> (2006)
NA	Carboximetilcelulose (CMC)	Glicerol	Lecitina de soja	Compostos fenólicos extraídos biomassas residuais do óleo de café verde prensado a frio [torta de prensa (CE) e sedimento (SE)]	Para o contato direto, as taxas de redução de IP foram de 44,3% CMC-SE e 30,3% CMC-CE, e houve uma tendência de diminuição da produção de compostos secundário para o filme CMC-SE. Logo, o melhor filme foi CMC-SE.	Vidal <i>et al.</i> , (2022)

Fonte: Autores (2022).

5. Considerações Finais

Conforme apresentado nesta revisão, existem pesquisas com possíveis aplicações de filmes e revestimentos comestíveis com propriedades antioxidantes em oleaginosas, como as castanhas, sementes e amêndoas, e que apresentam bons resultados no produto. Assim, é uma forma alternativa para auxiliar na proteção contra os processos da oxidação lipídica, e por consequência é esperado ter uma vida de prateleira prolongada, mantendo a qualidade físico-química e as características sensoriais das oleaginosas até o momento consumo.

Espera-se com este trabalho detalhado sobre os efeitos das reações de oxidação lipídica nas oleaginosas, alcançar o objetivo de produzir uma embalagem biodegradável com ação antioxidante, aplicada como revestimento comestível para a castanha-do-Brasil, aumentando o valor de comercialização e a vida de prateleira do produto. Levando para o mercado consumidor um produto que atenda as exigências de um mundo mais sustentável.

Referências

- ANVISA. (2021). Instrução Normativa - IN nº 87, de 15 de Março de 2021. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece “A lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de per, Pub. L. (87), 261. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-87-de-15-de-marco-de-2021-309008143>.
- Bittencourt, V. R., Grassi, L. I., Schu, A. I., & Dalla Nora, F. M. (2020). Embalagens ativas como novas abordagens sustentáveis e ambientalmente corretas: uma revisão da literatura. In: *Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2, 217–32. Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/201102207>.
- Costa, F., Braga, R. C., Bastos, M. do S. R., Santos, D. N. dos, & Frota, M. M. (2022). Revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca (*manihot esculenta*) em produtos vegetais: uma revisão. *Research, Society and Development*, 11(4), 1–13. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27428>.
- Davy, H. (2009). Os antioxidantes. *Food Ingredients Brazil*, 16–31. <http://www.unirio.br/ib/dmp/nutricao-integral/arquivos/fontes-de-consulta-complementar/Antioxidantes%20-%20FOOD%20INGREDIENTS%20BRASIL%20No6%20-%20202009.pdf>.
- Fadavi, A., Barzegar, M., & Hossein Azizi, M. (2006). Determination of fatty acids and total lipid content in oilseed of 25 pomegranates varieties grown in Iran. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 676–680. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.09.002>.
- Fani, M. (2010). A Rancidez Oxidativa em Alimentos. *Aditivos e Ingredientes*, 31–37. http://insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/209.pdf. http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/209.pdf.
- Farooq, M., Azadfar, E., Rusu, A., Trif, M., Poushi, M. K., & Wang, Y. (2021). Improving the shelf life of peeled fresh almond kernels by edible coating with mastic gum. *Coatings*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/coatings11060618>.
- Fernandes, B. P., & Todescato, D. (2020). Como acontece a degradação de lipídeos nos alimentos para nutrição animal e como evitá-la. *Bta Add Inovacion*. <https://www.btaaditivos.com.br/br/blog/como-acontece-a-degradacao-de-lipideos-nos-alimentos-para-nutricao-animal-e-como-evita-la/85/>.
- Ferrari, C. K. B. (1998). Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. *Revista de Nutrição*, 11(1), 3–14. <https://doi.org/10.1590/s1415-52731998000100001>.
- Jorge, N. (2013). Funções da embalagem. In C. Acadêmica (Ed.), *Embalagens para alimentos* (1º). Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação. <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-de-sao-paulo/tecnologia-de-bebidas/embalagens-para-alimentos/11442610>.
- Kline, K., Yu, W., & Sanders, B. G. (2004). Vitamin E and breast cancer. *Journal of Nutrition*, 134(12), 3458–3462. <https://doi.org/10.1093/jn/134.12.3458s>.
- Larrauri, M., Demaría, M. G., Ryan, L. C., Asensio, C. M., Grosso, N. R., & Nepote, V. (2016). Chemical and Sensory Quality Preservation in Coated Almonds with the Addition of Antioxidants. *Journal of Food Science*, 81(1), S208–S215. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13164>.
- McKevith, B. (2005). Nutritional aspects of oilseeds. *Nutrition Bulletin*, 30(1), 13–26. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2005.00472.x>.
- Mirzaei-Mohkam, A., Garavand, F., Dehnad, D., Keramat, J., & Nasirpour, A. (2020). Physical, mechanical, thermal and structural characteristics of nanoencapsulated vitamin E loaded carboxymethyl cellulose films. *Progress in Organic Coatings*, 138, 105383. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.105383>.
- Oliveira, A. F., Assmann, V., & Soldi, V. (2007). Influência de plastificantes e umidade relativa em filmes de derivados de celulose: carboximetilcelulose e hidroxipilmetilcelulose. *CBPOL*, 1–7. <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2007/PDF/542.pdf>.
- Paidari, S., Zamindar, N., Tahergorabi, R., Kargar, M., Ezzati, S., Shirani, N., & Musavi, S. H. (2021). Edible coating and films as promising packaging: a mini review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 4205–4214. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00979-7>.
- Perini, J. Â. L., Stevanato, F. B., Sargi, S. C., Visentainer, J. E. L., Dalalio, M. M. O., Matshushita, M., Souza, N. E., & Visentainer, J. V. (2010). Ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6: metabolismo em mamíferos e resposta imune. *Revista Nutricional*, 23(6), 1075–1086. <https://doi.org/10.1590/S1415-5273201000060001>.

- Razavi, R., Maghsoudlou, Y., Aalami, M., & Ghorbani, M. (2021). Impact of carboxymethyl cellulose coating enriched with *Thymus vulgaris* L. extract on physicochemical, microbial, and sensorial properties of fresh hazelnut (*Corylus avellana* L.) during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(4), 1–15. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15313>.
- Riveros, C. G., Mestrallet, M. G., Quiroga, P. R., Nepote, V., & Grosso, N. R. (2013). Preserving sensory attributes of roasted peanuts using edible coatings. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 850–859. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12036>.
- Riveros, C. G., Nepote, V., & Grosso, N. R. (2015). Thyme and basil essential oils included in edible coatings as a natural preserving method of oilseed kernels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1), 183–191. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7080>.
- Rodríguez, M., Osés, J., Ziani, K., & Maté, J. I. (2006). Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. *Food Research International*, 39(8), 840–846. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.04.002>.
- Schaich, K. M. (2013). Challenges in Elucidating Lipid Oxidation Mechanisms: When, Where, and How Do Products Arise? In A. Logan, U. Nienaber, & X. Pan (Eds.), *Lipid Oxidation: Challenges in Food Systems*, 1–52. AOCS Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-9830791-6-3.50004-7>.
- Silva, M. L., Cardoso, Costa, R. S., Santana, S., Gabriela, M., & Koblitz, B. (2010). Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity in plant products. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(3), 669–682. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n3p669>.
- Silva Junior, E., Zanon Junior, G. B., Zanella, I., Raffin, R., Cielo, V., Rossato, J., & Bulhões, L. O. S. (2013). Formação de nanoemulsões do tipo óleo em água contendo óleo de semente de romã. *Disciplinarum Scientia. Naturais e Tecnológicas*, 14(1), 115–122. <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1320/1252>.
- Soares, S. E. (2002). Phenolic acids as antioxidants. *Revista de Nutrição*, 15(1), 71–81. <https://doi.org/10.1590/s1415-52732002000100008>.
- Tedesco, M. P., Garcia, V. A. S., Borges, J. G., Osiro, D., Vanin, F. M., Yoshida, C. M. P., & Carvalho, R. A. (2021). Production of oral films based on pre-gelatinized starch, CMC and HPMC for delivery of bioactive compounds extract from acerola industrial waste. *Industrial Crops and Products*, 170(1113684). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113684>.
- Vidal, O. L., Santos, M. C. B., Batista, A. P., Andriago, F. F., Baréa, B., Lecomte, J., Figueroa-Espinoza, M. C., Gontard, N., Villeneuve, P., Guillard, V., Rezende, C. M., Bourlieu-Lacanal, C., & Larraz Ferreira, M. S. (2022). Active packaging films containing antioxidant extracts from green coffee oil by-products to prevent lipid oxidation. *Journal of Food Engineering*, 312(110744). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110744>.
- Villadiego, A. M. D., Soares, N. F. F., Andrade, N. J., Puschmann, R., Minim, V. P. R., & Cruz, R. (2005). Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. *Revista Ceres*, 52(300), 221–244. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305242980005>.