



FILMES BIODEGRADÁVEIS ATIVOS À BASE DE POLISSACARÍDEOS E EXTRATO DE AMORA

Andressa Rafaella da Silva Bruni¹, Eloize da Silva Alves², Talita Aparecida Ferreira Campos², Livia Cirino Carvalho¹, Cintia Ladeira Handa¹

1- Instituto Federal do Paraná (IFPR) – CEP: 85200-000 – Pitanga – PR – Brasil, Telefone: 55 (43) 99964-0822 - e-mail: andressa.bruni@ifpr.edu.br

2- Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (PPC) – Universidade Estadual de Maringá (UEM) – CEP: 87020-900 – Maringá - PR – Brasil, Telefone: 55 (44) 99856-9750 – e-mail: eloizeetaus@gmail.com

RESUMO – O uso de polímeros sintéticos na indústria de embalagens tem se mostrado prejudicial ao meio ambiente. Assim, a indústria tem adotado biopolímeros para embalagens de alimentos. Compostos antioxidantes, como extrato de amora podem melhorar as funcionalidades dessas embalagens e aumentar a vida útil dos produtos embalados. Este estudo teve como objetivo extrair e caracterizar o extrato de amora, avaliando sua eficácia como agente antioxidante de filmes biodegradáveis. O extrato apresentou alto teor de compostos fenólicos totais e antocianinas, responsáveis pela neutralização dos radicais livres que promovem a oxidação dos alimentos. Os valores de DPPH e ABTS também foram satisfatórios, demonstrando potencial como antioxidante. Os filmes ativos apresentaram boa aparência e homogeneidade, com pigmentação mais acentuada com aumento da concentração de extrato. Portanto, esses filmes ativos podem ser uma alternativa para prevenir a oxidação dos alimentos e contribuir com a sustentabilidade e segurança alimentar.

ABSTRACT – The use of synthetic polymers in the packaging industry is harmful to the environment. Thus, the industry has adopted biopolymers for food packaging. Antioxidant compounds, such as blackberry extract, can improve the functionality of these packages and increase the shelf life of packaged products. This study aimed to extract and characterize blackberry extract, evaluating its effectiveness as an antioxidant agent for biodegradable films. The extract presented a high content of total phenolic compounds and anthocyanins, responsible for neutralizing free radicals that promote food oxidation. The DPPH and ABTS values were also satisfactory, demonstrating potential as an antioxidant. The active films presented a good appearance and homogeneity, with more pronounced pigmentation with increasing extract concentration. Therefore, these active films can be an alternative to prevent food oxidation and contribute to sustainability and food safety.

PALAVRAS-CHAVE: κ -carragena; amido; embalagens; sustentabilidade; antioxidante.

KEYWORDS: κ -carrageenan; starch; packaging; sustainability; antioxidant.



1. INTRODUÇÃO

Recentemente, intensificou-se a preocupação com o uso de materiais de polímeros plásticos na produção de embalagens alimentícias. Tais materiais são amplamente utilizados devido à sua flexibilidade, capacidade de moldagem, baixo custo e resistência a fatores ambientais e mecânicos. No entanto, sua lenta degradação gera acúmulo de resíduos e a liberação de substâncias tóxicas, prejudicando tanto a qualidade dos alimentos quanto a saúde do consumidor (BHARGAVA *et al.*, 2020).

Nessa perspectiva, a indústria tem investido em alternativas com embalagens de biopolímeros, como polissacarídeos, proteínas e lipídeos, que apresentam biodegradabilidade, segurança e propriedades comparáveis aos polímeros sintéticos. Entre os polissacarídeos, destaca-se o amido, por seu baixo custo, ampla disponibilidade e facilidade para formar géis, resultando em filmes transparentes, inodoros e insípidos (KARIMI SANI *et al.*, 2023). Outro polissacarídeo relevante é a κ -carragena, extraída de algas vermelhas, que oferece propriedades gelificantes e espessantes, sendo ideal para embalagens (BRUNI *et al.*, 2022).

Para aumentar a funcionalidade das embalagens, substâncias ativas como compostos antimicrobianos, antioxidantes e nutrientes podem ser incorporadas (KARIMI SANI *et al.*, 2023). A amora-preta (*Rubus* spp.) da família *Rosaceae*, é um excelente agente antioxidante, destacando-se pelo seu potencial na prevenção de reações de oxidação, escurecimento enzimático e proliferação microbiana. Além disso, seu uso tem sido associado a efeitos anti-inflamatórios, antimicrobianos e anticancerígenos, promovendo benefícios à saúde e contribuindo para a preservação dos alimentos (SHI *et al.*, 2023). Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo extrair e caracterizar o extrato de amora, avaliando sua eficácia como agente antioxidante de filmes biodegradáveis.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Os filmes foram produzidos a partir da κ -carragenina (doadada pela CPKelco, Limeira - São Paulo, Brasil) e amido de mandioca (doadado pela Alimentos Podium, Tamboara - Paraná, Brasil). O glicerol foi adquirido da Dinâmica (São Paulo, Brasil). A amora fresca foi obtida de um produtor local (Latitude: 24° 6' 10" Sul, Longitude: 51° 39' 13", Lidianópolis, Paraná, Brasil).



2.2. Metodologia

2.2.1 Obtenção do extrato

Os frutos foram higienizados com água destilada e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (1% v/v) por 5 min, seguidos de enxágue e secagem superficial. Posteriormente, os frutos foram armazenados em sacos de polietileno e congelados a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para a extração, 50 g da amostra foram maceradas manualmente e misturadas com 150 mL de água ultrapura, homogeneizadas por agitação magnética e extraídas em banho ultrassônico (ELMA, Elmasonic P) por 30 min a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 40 kHz. A solução foi então filtrada e os antioxidantes foram analisados.

2.2.2. Caracterização do extrato

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu, com leitura de absorbância a 725 nm em espectrofotômetro (Genesys 10-S UV/Vis). As antocianinas totais foram quantificadas pelo método do pH diferencial, com leituras a 520 e 700 nm. A atividade antioxidante foi medida pelo método DPPH[•], usando solução metanólica de DPPH[•] ($6,25 \times 10^{-5}$ mol/L), com leitura de absorbância a 515 nm. O ensaio de eliminação de radicais ABTS^{•+} foi realizado com a reação do extrato e solução ABTS^{•+}, medindo a absorbância a 734 nm.

2.3. Obtenção dos filmes

Os filmes de κ -carragena/amido de mandioca/ extrato de amora foram produzidos pelo método de fundição de acordo com Bruni *et al.* (2022). Foram realizadas duas formulações com diferentes concentrações de extrato (5 e 100 %). Para isso, 0,75 g de glicerol foi homogeneizado em 100 mL de água usando agitação mecânica. Posteriormente, 0,75 g e 2,25 g de amido de mandioca e κ -carragena, respectivamente, foram adicionadas à mistura sob agitação constante (500 rpm) por 20 min. A solução foi aquecida a $80 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 15 min e o extrato foi disperso na mistura, seguido de banho ultrassônico por 10 min. A solução foi depositada em placas de polipropileno e mantida em um forno a $40 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 16 h para secagem. As amostras foram armazenadas em dessecador a vácuo para posterior caracterização.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

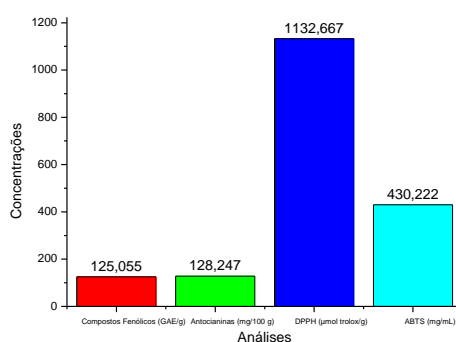
3.1. Caracterização do extrato

Frutas do gênero *Rubus* são ricas em compostos bioativos. A Figura 1 demonstra a diversidade bioativa do extrato de amora quanto sua concentração de compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante de eliminação de radicais DPPH[•] e ABTS^{•+}. O extrato de amora apresentou



125,05 mg GAE/g de compostos fenólicos totais, que incluem frequentemente flavonoides, taninos e ácidos fenólicos, responsáveis por neutralizar radicais livres e proteger contra a oxidação. A presença de anéis benzênicos e grupos hidroxilas em sua estrutura permite a doação de elétrons, interrompendo reações oxidativas. Essa ação antioxidante é essencial para neutralizar espécies reativas de oxigênio (ROS) e nitrogênio (RNS), que, se não controladas, induzem estresse oxidativo, reações em cadeia e degradação de alimentos, resultando em sabores indesejados, como o ranço ou degradação. Valores inferiores de compostos fenólicos totais de extrato de amora foram encontrados por Sganzerla *et al.* (2021) de 36,21 mg GAE/ g, constatando que o conteúdo pode variar de acordo com a cultivar, localização e época de colheita (ROBINSON *et al.*, 2020)

Figura 1 - Caracterização antioxidante do extrato de amora.



Entre os compostos fenólicos, as antocianinas foram detectadas em uma concentração de 128,247 mg/100g, destacando-se como os principais pigmentos responsáveis pela coloração característica das amoras. Além disso, as antocianinas também promovem propriedades antioxidantes, contribuindo para a estabilidade e funcionalidade do extrato. A literatura relata que a amora-preta é uma ótima fonte de antocianina, destacando na presença de cianidina, malvidina e pelargonidina (SGANZERLA *et al.*, 2021). As antocianinas atuam como agentes redutores, interrompendo reações oxidativas, sendo capazes de retardar a degradação oxidativa de lipídios e proteínas em matrizes alimentares. Valores próximos de antocianinas foram encontrados por Ferreira *et al.* (2010) de 90.50 mg/ 100g.

A atividade antioxidante do extrato foi confirmada por ensaios DPPH[•] e ABTS^{•+}, com valores de 1132,67 µmol trolox/g e 430,22 mg trolox/g, respectivamente, demonstrando a eficiência do extrato para neutralizar radicais DPPH[•] e capturar radicais ABTS^{•+}. Desta forma, os resultados destacam o potencial do extrato, especialmente pelas antocianinas e flavonoides presentes, podendo

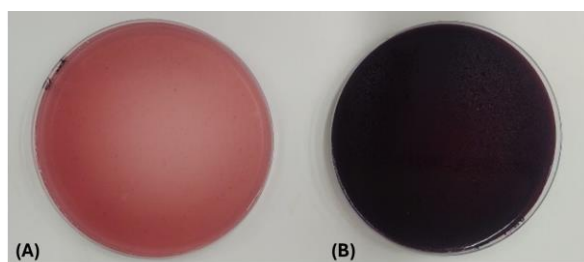


ser aplicados em embalagens biodegradáveis para prolongar a vida útil dos alimentos e oferecer funcionalidades ativas.

4.2 Produção dos filmes

Na Figura 2 é apresentada a aparência dos filmes de amido/ κ -carragena contendo 5% e 100% de extrato de amora. Observou-se filmes coloridos com boa processabilidade, manipulação e homogeneização, demonstrando boa interação e miscibilidade dos biopolímeros com o extrato, o que é essencial para a integridade estrutural e funcional dos filmes. Conforme aumentou a concentração de extrato, os filmes tenderam a ser mais pigmentados, fator que está diretamente relacionado concentração de antocianinas (SGANZERLA *et al.*, 2021).

Figura 2 - Filmes de amido de mandicona e κ -carragena adicionados de 5% (A) e 100% de extrato de amora.



*A: Formulação com 5% de extrato de amora-preta; *B: Formulação com 100% de extrato de amora-preta.

A adição de compostos fenólicos e antocianinas em filmes apresentam um bom potencial de absorção de luz UV-Vis, devido à presença de anéis aromáticos em suas estruturas químicas, auxiliando na proteção contra a oxidação e foto-oxidação dos alimentos (SGANZERLA *et al.*, 2021), se demonstrando uma alternativa eficaz para aumentar a vida útil dos alimentos. Além disso, as antocianinas apresentam sensibilidade ao pH, permitindo que os filmes atuem como indicadores visuais de frescor dos alimentos, auxiliando no monitoramento da integridade dos produtos e decisão de compra do consumidor (ZHAO *et al.*, 2022).

5. CONCLUSÃO

O estudo verificou o potencial do extrato de amora como composto antioxidante na produção de filmes biodegradáveis ativos para embalagens de alimentos. O extrato apresentou elevada concentração de compostos fenólicos e antocianinas, capazes de neutralizar radicais livres responsáveis pela oxidação dos alimentos. A aplicação do extrato em filmes à base de amido/ κ -carragena resultou em materiais homogêneos, visualmente agradáveis e com pigmentação



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

intensificada conforme a concentração do extrato. Os filmes demonstraram potencial para a prevenção da oxidação, sugerindo agregar a vida útil dos alimentos associada a promoção da sustentabilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHARGAVA, N.; SHARAGANAT, V. S.; MOR, R. S. KUMAR, S. Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 105, p. 385–401, nov. 2020.

BRUNI, A. FRIEDRICHSEN, J. A. S.; JESUS, G. A. M.; ALVES, E. S.; COSTA, J. C. M.; SOUZA, P. R. JUNIOR, O. O. S.; BONAFE, E. G. Characterization and application of active films based on commercial polysaccharides incorporating ZnONPs. **International Journal of Biological Macromolecules**, n. 224, 2023.

FERREIRA, D. S.; ROSSO, V. V. DE; MERCADANTE, A. Z. Compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus spp.*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 664–674, 8 out. 2010.

KARIMI SANI, I.; MASOUDPOUR-BEHABAD, M.; SANI, M. A.; MOTALEBINEJADI, H. JUMA, A. M. S.; ASDAGH, A.; EGHBALJOO, H.; KODAEI, S. M.; RHIM, J.; MOHAMMADI, F. Value-added utilization of fruit and vegetable processing by-products for the manufacture of biodegradable food packaging films. **Food Chemistry**, v. 405, p. 134964, mar. 2023.

ROBINSON, J. A.; BIERWIRTH, J. E.; GREENSPAN, P. PEGG, R. B. Blackberry polyphenols: review of composition, quantity, and health impacts from in vitro and in vivo studies. **Journal of Food Bioactives**, p. 40–51, mar. 2020.

SGANZERLA, W. G.; RIBEIRO, C. P. P.; ULIANA, N. R.; RODRIGUES, M. B. C.; ROSA, C. G.; FERRAREZE, J. P.; VEECK, A. P. L. NUNES, M. R. Bioactive and pH-sensitive films based on carboxymethyl cellulose and blackberry (*Morus nigra L.*) anthocyanin-rich extract: A perspective coating material to improve the shelf life of cherry tomato (*Solanum lycopersicum L. var. cerasiforme*). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 33, p. 101989, maio 2021.

SHI, C.; FANG, D.; HUANG, C. ZHOU, A.; LU, T.; WANG, J.; SONG, Y. LYU, L.; WU, W.; LI, W. Active electrospun nanofiber packaging maintains the preservation quality and antioxidant activity of blackberry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 199, p. 112300, maio 2023.

ZHAO, L.; LIU, Y.; ZHAO, L.; WANG, Y. Anthocyanin-based pH-sensitive smart packaging films for monitoring food freshness. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 9, p. 100340, set. 2022.