

## INFLUÊNCIA DO CARMIM DE COCHONILHA NAS PROPRIEDADES ÓTICAS DE FILMES BIODEGRADÁVEIS À BASE DE PLA PARA EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS

P. T. de Amorim<sup>1</sup>, L. da R. Fagundes<sup>2</sup>, S. H. Flôres<sup>3</sup>, A. de O. Rios<sup>4</sup>

1- Laboratório de Compostos Bioativos, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Avenida Bento Gonçalves, n° 9500, Caixa Postal 15059, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 91501-970, Brasil – email ([patricia.amorim@ufrgs.br](mailto:patricia.amorim@ufrgs.br))

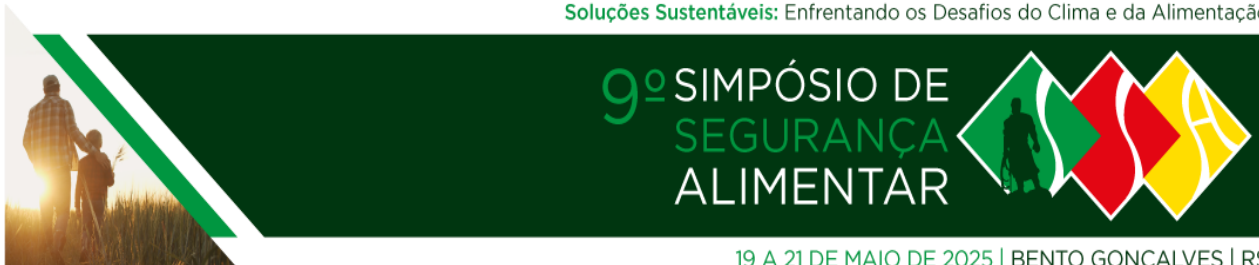
2 – (UFRGS) – ([lfagundes98@gmail.com](mailto:lfagundes98@gmail.com))

3 – (UFRGS) – ([simone.flores@ufrgs.br](mailto:simone.flores@ufrgs.br))

4 – (UFRGS) – ([alessandro.rios@ufrgs.br](mailto:alessandro.rios@ufrgs.br))

**RESUMO** – O desenvolvimento de embalagens sustentáveis representa uma alternativa promissora para reduzir o impacto ambiental das embalagens derivadas de polímeros convencionais provenientes do petróleo. Este trabalho visou verificar a influência da incorporação do corante natural carmim de cochonilha nas propriedades óticas de filmes biodegradáveis de poliácido láctico (PLA). Os filmes foram obtidos pelo método de *casting*, incorporados com diferentes concentrações do corante. A caracterização ótica foi realizada por análise de cor (CIELab) e transmissão de luz em espectrofotômetro ultravioleta-visível. Os resultados demonstraram que o aumento na concentração do corante reduziu significativamente os valores de luminosidade. A transmissão de luz foi significativamente reduzida nas amostras contendo corante, especialmente na faixa do ultravioleta (320 nm), com valores inferiores a 1%, indicando o potencial dos filmes de PLA incorporados com corante na proteção de alimentos fotossensíveis, podendo evitar a oxidação de lipídios e preservar a estabilidade de vitaminas sensíveis à luz.

**ABSTRACT** – The development of sustainable packaging represents a promising alternative for reducing the environmental impact of packaging derived from conventional petroleum-based polymers. This study aimed to verify the influence of incorporating the natural dye cochineal carmine on the optical properties of biodegradable poly lactic acid (PLA) films. The films were obtained using casting method and mixed with different concentrations of the dye. Optical characterization was carried out using color analysis (CIELab) and light transmission in an ultraviolet-visible spectrophotometer. The results showed that increasing the concentration of the dye significantly



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

reduced the luminosity values. Light transmission was significantly reduced in the samples containing dye, especially in the ultraviolet range (320 nm), with values of less than 1%, indicating the potential of PLA films incorporated with dye to protect photosensitive foods, preventing lipid oxidation and preserving the stability of light-sensitive vitamins.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poliacido láctico; Corante natural; Embalagem biodegradável.

**KEYWORDS:** Polylactic acid; Natural dye; Biodegradable packaging.

## 1. INTRODUÇÃO

A necessidade de diminuir a produção de embalagens a partir de fontes não renováveis, como os combustíveis fósseis, representa uma preocupação mundial. Recentemente, os países participantes da COP28 (28ª Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas, 2023) assumiram pela 1ª vez a necessidade de iniciar urgentemente uma transição para as fontes renováveis. Uma das formas de reduzir o consumo de produtos à base de petróleo é a produção de plásticos biodegradáveis a partir de polímeros naturais.

Dentre os biopolímeros para produção de embalagens ativas biodegradáveis, o poliacido láctico (PLA) é considerado o mais propício devido ao seu processo produtivo e propriedades semelhantes às apresentadas pelos polímeros de origem fóssil (Nasution *et al.*, 2024). O PLA é um poliéster termoplástico biodegradável resultante da polimerização por condensação do ácido láctico, o qual poder ser obtido da fermentação de polissacarídeos, dentre os quais o amido de arroz e o de milho (Hasanoglu *et al.*, 2024).

A incorporação de corantes naturais em filmes de PLA tem sido estudada como uma estratégia para agregar propriedades funcionais e estéticas sem comprometer a biodegradabilidade do material. O carmim de cochonilha é um corante vermelho extraído das fêmeas do inseto *Dactylopius coccus* que cresce e se alimentam de cactos selvagens na grande parte na América do Sul (Sigurdson *et al.*, 2017). Seu principal componente é o ácido carmínico, uma antraquinona hidrossolúvel, com excelente estabilidade a oxidação e a sua cor altera conforme diferentes pHs, sendo que em meios ácidos confere tons alaranjados e à medida que o pH diminui, surge o vermelho, sendo que em meios alcalinos a cor predominante será o violeta (Sigurdson *et al.*, 2017). Alguns estudos realizados nos últimos 6 anos mostram que compostos bioativos incorporados ao PLA têm trazido melhorias em diversas propriedades do filme. Os filmes produzidos com a adição de carotenoides apresentaram excelente barreira aos raios UV (Stoll *et al.*, 2023).



Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da adição do corante natural carmim de cochonilha sobre as propriedades óticas de filmes biodegradáveis de PLA, visando contribuir para a inovação no setor de embalagens sustentáveis.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Preparo da Amostra

O carmim de cochonilha 3 % foi obtido da empresa Duas Rodas. O PLA 2003D, biopolímero semicristalino com teor de aproximadamente 4 % de D-Ácido lático foi obtido da empresa NatureWorks (Blair-NE, EUA). A lecitina de soja em pó adquirida da empresa Quimisul SC e o óleo de girassol, Marca Liza, foi comprado em rede de supermercado da região de Porto Alegre. Todos os sais metálicos e outros produtos químicos (95-98 %), tais como clorofórmio, cloreto de cálcio, hidróxido de sódio e ácido clorídrico foram grau analítico.

### 2.2 Formação dos Filmes de PLA Incorporados com Corante Natural Carmim de Cochonilha

Para a formação dos filmes, foram adicionados, óleo de girassol (30 %, m/v), lecitina de soja (3 %, m/v) e carmim de cochonilha em três diferentes concentrações: 12,5 % (cor clara), 18,07% (cor média) e 36,15% (cor escura), após adicionado PLA e clorofórmio (5 %, m/v). As soluções de PLA foram preparadas pelo método de *casting* e obtidas por agitação mecânica contínua à temperatura ambiente até à dissolução dos pellets. As soluções foram agitadas durante 70 minutos para dissolver completamente o corante na solução de polímero e, em seguida, vertidas em placas de Petri em uma superfície nivelada. As amostras foram tampadas com tampas de plástico perfuradas a fim de evitar a evaporação irregular do solvente. O clorofórmio foi evaporado durante 24 horas a  $23 \pm 2$  °C, no escuro. Para garantir a evaporação completa do solvente, as películas foram retiradas das placas de Petri e colocadas em um dessecador.

### 2.3 Propriedades Óticas

Cor: Os parâmetros de cor dos filmes biodegradáveis foram determinados através do sistema CIELab, por meio de um colorímetro Minolta (CR-400, Konica Minolta, Japão) Neste sistema de leitura foram utilizados os parâmetros  $L^*$ , que varia de 0 (preto) a 100 (branco);  $a^*$ , coloração na região do vermelho ( $+a^*$ ) ao verde ( $-a^*$ );  $b^*$ , coloração no intervalo do amarelo ( $+b^*$ ) ao azul ( $-b^*$ ). O colorímetro foi previamente calibrado com uma placa branca padrão e a leitura da cor dos filmes foi realizada em pontos aleatórios da amostra colocada sobre a mesma placa. Os filmes



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

biodegradáveis com adição do corante foram comparados ao filme controle e a diferença de cor ( $\Delta E$ ) obtida de acordo com a equação 1:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (1)$$

Onde:  $L_0^*$ ,  $a_0^*$  e  $b_0^*$ : parâmetros de cor de do filme controle;  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ : parâmetros de cor dos filmes biodegradáveis com corante.

Transmissão de luz: Os filmes foram cortados em retângulos (1cm x 4cm), colocados na parede interna de uma cubeta de quartzo e submetidos a uma varredura na região de 320 nm e 600 nm através de um espectrofotômetro (Shimadzu, modelo UV-1800, Japão) (FANG et al., 2002). Uma cubeta de quartzo vazia foi utilizada como controle.

## 2.4 Análise Estatística

Os resultados foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com nível de significância de 0,05, utilizando o software Statistica 14.0 (STATSOFT Inc., São Paulo, Brasil). Os dados são expressos como média  $\pm$  desvio padrão.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adição do corante carmim de cochonilha reduziu significativamente ( $p < 0,05$ ) o valor de  $L^*$  (luminosidade) e aumentou o valor de  $a^*$  (componente vermelho) conforme o aumento da concentração do corante, confirmando a incorporação eficiente do corante na matriz polimérica (Tabela 1). O filme controle apresentou um alto valor de  $L^*$  ( $95,32 \pm 0,27$ ), característico de filmes incolores, enquanto os filmes coloridos apresentaram uma redução progressiva na luminosidade, chegando a  $45,19 \pm 0,40$  na formulação com maior concentração de corante (Cor Escura). O parâmetro  $\Delta E$ , que indica a diferença de cor perceptível, mostrou valores crescentes com o aumento da concentração do corante, atingindo um valor máximo de  $67,50 \pm 0,27$  para o filme com maior quantidade de carmim de cochonilha. A intensidade da cor vermelha ( $a^*$ ) foi mais expressiva nas formulações Cor Média ( $44,59 \pm 0,54$ ) e Cor Escura ( $46,55 \pm 0,39$ ), indicando que a concentração do corante influencia diretamente a tonalidade final do material o que vai ao encontro com estudos que relatam que a coloração dos filmes biodegradáveis pode ser ajustada pela adição de pigmentos naturais sem comprometer suas propriedades estruturais (Sigurdson *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2023).

A transmitância luminosa de filmes para aplicação em embalagens de alimentos é outra importante propriedade ótica para prevenir ou reduzir os efeitos prejudiciais da luz UV ou visível, como oxidação lipídica, descoloração, crescimento bacteriano, formação de reações de degradação e



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

sabores estranhos (Parlak *et al.*, 2023). Os resultados de transmissão de luz (Tabela 2) evidenciam que os filmes incorporados com carmim de cochonilha atuam como barreira eficiente contra a radiação UV. Enquanto o filme controle apresentou transmissão de luz de 61,88 % a 320 nm e 73,59 % a 600 nm, os filmes coloridos demonstraram uma significativa redução na transmissão, especialmente na faixa do UV, com valores inferiores a 1% para as amostras de cor média e escura. Essa característica é altamente desejável para embalagens destinadas a alimentos ricos em lipídios, como óleos, nozes e laticínios, pois a radiação UV pode acelerar reações oxidativas, comprometendo a qualidade sensorial e nutricional. Além disso, a proteção contra a luz visível pode contribuir para a preservação de vitaminas fotossensíveis, como as vitaminas A, D e B2.

**Tabela 1** – Análise da cor de filmes biodegradáveis de PLA incorporados com diferentes concentrações de carmim de cochonilha.

Filmes de PLA	L*	a*	b*	ΔE
Controle	95,32 ± 0,27 <sup>a</sup>	0,02 ± 0,01 <sup>d</sup>	2,25 ± 0,01 <sup>d</sup>	2,61 ± 0,18 <sup>d</sup>
Cor Clara	72,54 ± 0,22 <sup>b</sup>	24,84 ± 0,73 <sup>c</sup>	3,77 ± 0,06 <sup>c</sup>	32,52 ± 0,68 <sup>c</sup>
Cor Média	55,61 ± 0,54 <sup>c</sup>	44,59 ± 0,54 <sup>b</sup>	6,99 ± 0,02 <sup>b</sup>	58,72 ± 0,75 <sup>b</sup>
Cor Escura	45,19 ± 0,40 <sup>d</sup>	46,55 ± 0,39 <sup>a</sup>	8,93 ± 1,00 <sup>a</sup>	67,50 ± 0,27 <sup>a</sup>

L\*=luminosidade, a\* = componente vermelho, b\* = componente azul, ΔE = diferença entre duas cores

**Tabela 2** – Análise da transmissão de luz de filmes biodegradáveis de PLA incorporados com diferentes concentrações de carmim de cochonilha em percentual.

Soluções de PLA	320 nm (Transmitância %)	600 nm (Transmitância %)
Controle	61,88 ± 2,76 <sup>a</sup>	73,59 ± 1,82 <sup>a</sup>
Cor Clara	0,76 ± 0,11 <sup>b</sup>	2,09 ± 0,28 <sup>b</sup>
Cor Média	0,35 ± 0,03 <sup>b</sup>	1,24 ± 0,33 <sup>b</sup>
Cor Escura	0,18 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,61 ± 0,07 <sup>b</sup>

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo demonstram que a incorporação do carmim de cochonilha em filmes de PLA proporciona melhorias significativas nas propriedades óticas do material. A redução na transmissão de luz, especialmente na faixa do UV, sugere que esses filmes podem atuar como barreiras eficazes contra a degradação foto-oxidativa de alimentos sensíveis à luz. Além disso, a modificação na coloração dos filmes pode agregar valor estético e funcional às embalagens



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

biodegradáveis, favorecendo sua aceitação no mercado. Dessa forma, a utilização de corantes naturais como o carmim de cochonilha em filmes de PLA apresenta-se como uma alternativa promissora para o desenvolvimento de embalagens sustentáveis, contribuindo para a redução do impacto ambiental das embalagens plásticas convencionais e promovendo a conservação de alimentos fotossensíveis.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hasanoglu, Z., Sivri, N., Alanalp, M. B., & Durmus, A. (2024). Preparation of polylactic acid (PLA) films plasticized with a renewable and natural Liquidambar Orientalis oil. **International Journal of Biological Macromolecules**, 257. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128631>

Nasution, H., Harahap, H., Julianti, E., Safitri, A., & Jaafar, M. (2023). Smart Packaging Based on Polylactic Acid: The Effects of Antibacterial and Antioxidant Agents from Natural Extracts on Physical–Mechanical Properties, Colony Reduction, Perishable Food Shelf Life, and Future Prospective. In *Polymers* (Vol. 15, Issue 20). **Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)**. <https://doi.org/10.3390/polym15204103>

Parlak, Mahmud Ekrem; Uzuner, Kubra; Kirac, Fatma Tuba; Ozdemir, Sebahat; Dundar, Ayse Neslihan; Sahin, Oya Irmak; Dagdelen, Adnan Fatih; Saricaoglu, Furkan Turker. Production and characterization of biodegradable bi-layer films from poly (lactic) acid and zein. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 227, p. 1027-1037, 2023. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.11.278

Sigurdson, G. T., Tang, P., & Giusti, M. M. (2017). Natural colorants: Food colorants from natural sources. **Annual Review of Food Science and Technology**, 8(1), 261–280. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-food-030216-025923>. Acesso em: 06 fev.2025.

Singh, T., Pandey, V. K., Dash, K. K., Zanwar, S., & Singh, R. (2023). Natural bio-colorant and pigments: Sources and applications in food processing. **Journal of Agriculture and Food Research**, 12. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100628>

Stoll, L., Maillard, M. N., Le Roux, E., Hickmann Flôres, S., Nachtigall, S. M. B., Rios, A., & Domenek, S. (2023). Bixin, a performing natural antioxidant in active food packaging for the protection of oxidation sensitive food. **LWT**, 180. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114730>