



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025**

DESENVOLVIMENTO DE FILME INCORPORADO COM EXTRATO DO **RESÍDUO DE MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora edulis Flavicarpa*)**

João Pedro Santos Braguini¹; Miriane Moreira Fernandes Santos²

1. João Pedro Santos Braguini, PVIC/UEFS, ENGENHARIA DE ALIMENTOS, e-mail: joao.braggini@gmail.com

2. Miriane Moreira Fernandes Santos, DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA, e-mail: mmfsantos@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Filmes biodegradáveis. Extrato de maracujá amarelo. Resíduos agroindustriais.

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos ambientais causados pelo uso excessivo de plásticos convencionais tem impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento de alternativas sustentáveis no setor de embalagens. Nesse contexto, os filmes com potencial biodegradável, especialmente aqueles com propriedades ativas, têm se destacado como promissores substitutos para as embalagens plásticas tradicionais. A incorporação de compostos bioativos, como antioxidantes naturais, em matrizes poliméricas biodegradáveis, visa não apenas reduzir o impacto ambiental, mas também conferir funcionalidades adicionais às embalagens, como a preservação da qualidade dos alimentos (Li et al., 2023).

O maracujá amarelo (*Passiflora edulis Flavicarpa*) é uma fruta tropical amplamente cultivada no Brasil, cujas cascas representam uma significativa fonte de resíduos agroindustriais. Estudos recentes demonstram que esses resíduos são ricos em compostos bioativos, como flavonoides, ácidos fenólicos e carotenoides, que apresentam atividades antioxidantes e antimicrobianas relevantes (Faria et al., 2023). A utilização desses compostos em filmes biodegradáveis pode potencializar suas propriedades funcionais, contribuindo para a conservação de alimentos.

A combinação de gelatina e carboximetilcelulose (CMC) tem sido explorada na formulação de filmes biodegradáveis devido às suas propriedades de formação de filme e compatibilidade com compostos bioativos. A incorporação do extrato de maracujá amarelo nesses filmes pode potencializar suas propriedades antioxidantes e conferir características funcionais desejáveis para aplicações em embalagens alimentícias, além de preservar as funcionalidades originais de uma embalagem (Cazarin et al., 2023; Silva et al., 2023).

Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver e caracterizar um filme à base de gelatina e CMC, incorporando extrato da casca e polpa do maracujá amarelo. Busca-se avaliar o potencial de aplicação como alternativa sustentável às embalagens sintéticas convencionais e como tecnologia inovadora para a conservação e aumento da vida útil de alimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os maracujás foram higienizados (5 ppm), cortados e separados polpa e casca. Posteriormente, foram secos a 50°C por 72 horas.

O extrato foi obtido a partir da mistura da amostra e solução de etanol (70%) na proporção de 1:5 (m/v). A mistura foi homogeneizada em incubadora shaker (150 rpm) por 24 horas. Em seguida, a mistura foi filtrada e a fração etanólica foi removida em evaporador rotativo a 40° C. Após a obtenção dos extratos, seguiu-se para a elaboração do filme.

Inicialmente, a gelatina foi hidratada em 50 mL de água por 30 minutos. Em seguida, adicionou-se o glicerol e a mistura foi aquecida a 45°C por 30 minutos. Esta solução foi então combinada com uma dispersão de CMC previamente preparada em 50 mL de água. Três formulações de filmes foram produzidas: controle, sem adição de extrato (CO), filme com 5% do extrato da polpa (PO) e filme com % do extrato da casca (CA). Para todos eles foram utilizados a mesma concentração de glicerina e CMC (25% e 8%, respectivamente). As soluções filmogênicas foram homogeneizadas e submetidas a um banho de ultrassom para eliminar bolhas de ar. Por fim, os filmes foram moldados por *casting*, de forma *manual*, em placas de vidro e secos em estufa a 35°C por 24 horas.

Os filmes foram caracterizados por meio da avaliação das propriedades mecânicas (resistência à tração e alongamento) segundo a norma ASTM D882-12. A solubilidade em água foi calculada pela perda de massa de amostras secas após 24 horas de imersão, enquanto a degradabilidade foi avaliada pela perda de massa dos filmes enterrados no solo por 15 dias, com medições a cada 3 dias (Chandra e Rustgi, 1997). Adicionalmente, as propriedades ópticas foram analisadas medindo-se a transmissão de luz em espectrofotômetro UV-Vis (200-800 nm), a cor em colorímetro (CIE-Lab) e calculando-se a opacidade a partir da absorbância a 600 nm.

Todos os resultados foram avaliados por meio de uma Análise de Variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) através do SPSS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os filmes apresentaram alta solubilidade em água, desintegrando-se rapidamente, o que impossibilitou a quantificação da solubilidade e da degradabilidade. Esse comportamento é atribuído à natureza hidrofílica das matrizes poliméricas, como a carboximetilcelulose, favorecendo a absorção de água e a desintegração da estrutura (Turner et al., 2023).

Em relação à espessura, transparência e resistência à tração, não houve diferenças significativas entre as formulações, indicando que a incorporação dos compostos bioativos dos extratos não comprometeu a integridade estrutural da matriz, corroborando relatos anteriores sobre filmes ativos à base de biopolímeros (Silva et al., 2021; Oliveira et al., 2022).

Tabela 1 - Transmissão de luz UV (%) dos filmes.

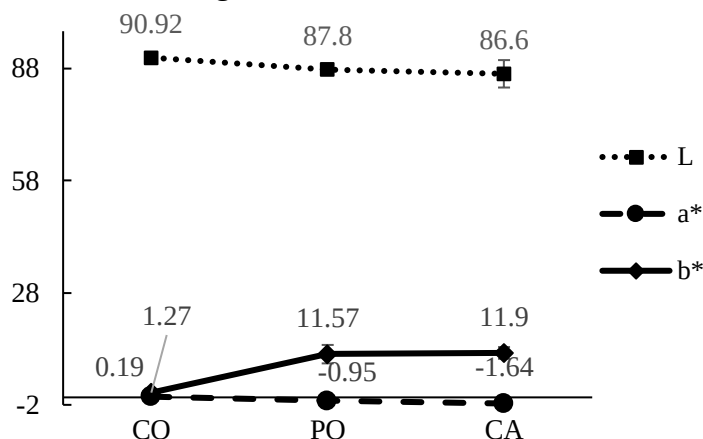
Formulações	Comprimento de onda (nm)					
	800	700	600	500	400	350
CO	87,70±0,82	87,06±0,92	86,19±1,11a	84,03±1,15a	76,89±1,73a	65,62±2,88a
PO	85,97±0,44	84,68±0,56	81,97±1,22b	73,28±3,50b	48,07±9,41b	11,54±2,07b
CA	86,03±1,66	85,08±1,92	83,08±2,39ab	77,21±3,18b	51,82±3,41b	14,59±1,57b
Valor-p	0,172	0,124	0,041	0,009	0,002	<0,001

O alongamento na ruptura foi reduzido significativamente pelo extrato da casca (54,38 ± 8,75%) em comparação ao controle (76,39 ± 5,42%), refletindo menor flexibilidade devido à interação dos compostos fenólicos com a matriz polimérica, aumentando a rigidez da rede (Lima et al., 2020; Moura et al., 2021).

A permeabilidade ao vapor de água foi menor no filme com extrato da polpa (13,20 ± 1,54 g·mm/m²·dia) em relação ao controle (19,52 ± 0,99 g·mm/m²·dia) e ao filme com casca (17,90 ± 0,86 g·mm/m²·dia), representando redução de 32% e indicando maior eficácia na barreira contra umidade, relevante para prolongar a vida útil de alimentos (Zhang et al., 2023; Farhan et al., 2022).

A análise de cor mostrou que a luminosidade (L^*) não foi afetada pelos extratos ($p>0,05$), mantendo a transparência característica dos filmes à base de gelatina e CMC, o que está em concordância com estudos prévios sobre filmes ativos com extratos vegetais (Andrade et al., 2022; Silva et al., 2021).

Figura 1 – Parâmetros de cor dos filmes.



No parâmetro a^* , os filmes com extratos apresentaram valores negativos ($-0,95\pm0,09$ para PO e $-1,64\pm0,14$ para CA), indicando tendência esverdeada mais acentuada no filme com casca, possivelmente devido à presença de compostos fenólicos e clorofilas residuais, em concordância com estudos prévios (Lima et al., 2020; Moura et al., 2021).

Quanto ao parâmetro b^* , os filmes com extratos (PO e CA) exibiram valores significativamente superiores ao controle ($11,57\pm2,47$ e $11,90\pm1,57$ vs. $1,27\pm0,50$), refletindo amarelamento atribuído a carotenoides e flavonoides, semelhante a observações em filmes com extratos de frutas tropicais (Gómez-Estaca et al., 2018; Oliveira et al., 2022).

A transmissão de luz nos comprimentos de onda de 700 e 800 nm não foi afetada pelos extratos, indicando que a adição de compostos bioativos não interfere na transmitância em regiões de baixa absorção de fenóis e carotenoides, conforme relatado em estudos anteriores (Farhan et al., 2022).

Tabela 2 – Parâmetros de caracterização dos filmes.

Parâmetros	Formulações			Valor-p
	CO	PO	CA	
Espessura (mm)	0,0076 $\pm$ 0,00	0,0069 $\pm$ 0,00	0,0052 $\pm$ 0,00	0,317
Transparência	4,14 $\pm$ 0,06	4,05 $\pm$ 0,19	4,19 $\pm$ 0,08	0,438
RT (MPa)	14,58 $\pm$ 0,27	10,22 $\pm$ 1,39	12,16 $\pm$ 3,09	0,088
Alongamento (%)	76,39 $\pm$ 0,11a	67,07 $\pm$ 3,86ab	54,38 $\pm$ 8,75b	0,008
PVA				
(g.mm/m ² .dia.kPa)	19,52 $\pm$ 0,99a	13,20 $\pm$ 1,54b	17,90 $\pm$ 0,86a	<0,001

Por outro lado, nos comprimentos de onda de 600, 500, 400 e 350 nm, observou-se redução significativa da transmitância para os filmes com extratos (CA e PO), em comparação ao controle. Esse efeito foi mais pronunciado em 400 e 350 nm, indicando maior capacidade de absorção de radiação UV-vis curta. Tal comportamento pode ser atribuído à presença de compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides, que apresentam picos de absorção nessa faixa espectral e conferem propriedades fotoprotetoras à matriz polimérica (Yang et al., 2022).

Do ponto de vista tecnológico, a redução da transmissão em 350–400 nm é relevante, pois contribui para minimizar processos de foto-oxidação em alimentos sensíveis, como lipídeos, vitaminas e pigmentos. Estudos recentes destacam que a incorporação de

extratos vegetais em filmes à base de proteínas ou polissacarídeos melhora a barreira contra radiação UV, ampliando a estabilidade de produtos embalados (Zhang et al., 2023). Os resultados obtidos neste trabalho, portanto, são consistentes com a literatura e reforçam o potencial dos extratos de maracujá como aditivos funcionais para embalagens biodegradáveis com propriedades de proteção óptica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitem concluir que a formulação com extrato da polpa do maracujá amarelo mostrou-se mais adequada para aplicação em alimentos, conciliando estabilidade estrutural, redução da permeabilidade ao vapor de água e proteção contra radiação UV sem comprometer a integridade mecânica. O filme com extrato da casca, embora apresente maior resistência mecânica, tem aplicabilidade limitada devido à menor flexibilidade. Futuras investigações devem avaliar a combinação dos extratos para possíveis efeitos sinérgicos e testar a estabilidade de alimentos embalados sob condições reais de armazenamento, visando validar sua aplicação prática.

REFERÊNCIAS

- ASTM – AMERICAN SOCIETY STANDARD TESTING AND MATERIALS. Standard test method for water vapor transmission of materials. E 96-00. Philadelphia: ASTM, 9 p, 2000.
- CAZARIN, C. B. B. et al. Development and characterization of biodegradable gelatin films incorporated with passion fruit peel extract. **Food Hydrocolloids**, v. 102, p. 105634, 2023.
- CHANDRA, R., RUSTGI, R. (1997). Biodegradation of maleated linear low-density polyethylene and starch blends. **Polymer Degradation and Stability**, 56(2), 185–202.
- FARIA, J. A. F. et al. Passion fruit (*Passiflora edulis*): Nutritional composition, bioactive compounds, utilization of by-products, biocontrol, and organic fertilization in cultivation. **Journal of Food Science**, v. 88, n. 3, p. 1234-1245, 2023.
- FARHAN, M. et al. Development of active gelatin-based films incorporated with fruit peel extracts: effects on UV barrier, antioxidant activity and food preservation. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 34, p. 100947, 2022.
- GÓMEZ-ESTACA, J. et al. Edible films from unripe banana flour and extracts: characterization of color, barrier and mechanical properties. **Food Hydrocolloids**, v. 79, p. 271-281, 2018.
- LIMA, A. M. et al. Active gelatin films incorporated with phenolic-rich plant extracts: effects on color and barrier properties. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, p. 4102-4110, 2020.
- MOURA, L. A. et al. Effect of plant bioactive compounds on the color parameters and stability of edible films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 183, p. 1866-1874, 2021.
- OLIVEIRA, C. M. et al. Incorporation of tropical fruit by-products into biopolymeric films: impact on physicochemical, optical and functional properties. **Food Hydrocolloids**, v. 124, p. 107286, 2022.
- SILVA, I. D. L. et al. Development of antioxidant active PVA films with plant extract of *Caesalpinia ferrea* Martius. **LWT**, 144, 111215, 2021.
- SILVA, J. V. V.; et al. Extração, caracterização e avaliação do potencial antioxidante do óleo fixo de maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). **Research, Society and Development**, v. 12, n. 3, p. e123456, 2023.
- TURNER, N. et al. Characterization of biodegradable films based on carboxymethyl cellulose and citrus pectin enriched with bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 400, p. 134013, 2023.