



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**

Emulsões de Pickering de óleo essencial de manjerição estabilizadas por nanocelulose extraída da biomassa da acerola e sua aplicação em filmes ativos

Barbara Bezerra da Silva¹; Jessica Ribeiro de Carvalho²; Geany Peruch Camilloto³

1. Barbara Bezerra da Silva, PROBIC/UEFS, ENGENHARIA DE ALIMENTOS, e-mail: bezerra.barbara@outlook.com

2. Jéssica Ribeiro de Carvalho, Mestranda, PPGCF/UEFS, e-mail: jessicaribeirocarvalho33@gmail.com

3. Geany Peruch Camilloto, DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA, e-mail: geanyperuch@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Nanocristais de celulose; polivinil álcool; antioxidante.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, esforços significativos têm sido direcionados à pesquisa e ao desenvolvimento de filmes biodegradáveis para aplicação em embalagens de alimentos, impulsionados pela crescente demanda por alternativas sustentáveis aos materiais convencionais (Mahcene et al., 2020).

A acerola (*Malpighia emarginata*), fruta nativa da América Central e do Sul, gera subprodutos como cascas e sementes durante o processamento industrial, os quais são ricos em fibras e compostos bioativos (Silva, 2024). Diante da crescente busca por soluções sustentáveis, o aproveitamento de resíduos agroindustriais como fonte de compostos celulósicos tem ganhado destaque na comunidade científica. Derivados da celulose vêm sendo aplicados na produção de nanocompósitos com nanocristais de celulose (NCCs), hidrogéis para adsorção de metais e corantes, curativos, entre outras aplicações de alto valor agregado (Teow, Kam, Mohammad, 2018).

Nos últimos anos, as emulsões Pickering estabilizadas com nanocelulose têm recebido atenção crescente devido à sua sustentabilidade, biodegradabilidade e ausência de toxicidade (Ebrahimi, Fathi, Ghoddusi, 2024). Essas emulsões se destacam pela maior estabilidade em relação às convencionais, resultado da elevada energia de adsorção das nanopartículas na interface (Arkoumanis et al., 2019). Essa abordagem sustentável se alinha ao uso de biopolímeros na produção de filmes para embalagens alimentícias, especialmente quando enriquecidos com óleos essenciais de plantas. A incorporação desses compostos naturais contribui para melhorar propriedades físicas e biológicas dos filmes, como atividade antibacteriana e hidrofobicidade, além de reduzir a volatilização dos óleos (Bangar et al., 2023).

Este estudo teve como objetivo desenvolver filmes de polivinil álcool funcionalizados com óleo essencial de manjerição, incorporado por meio de emulsões de Pickering estabilizadas por nanocristais de celulose obtidas da biomassa da acerola.

MATERIAL E MÉTODOS

A biomassa de acerola (casca e sementes) foi doada pela empresa Brasfrut, localizada em Feira de Santana, Bahia. O óleo essencial de Manjerição (*Ocimum Basilicum*) foi adquirido na empresa Ferquímica (São Paulo).

O resíduo agroindustrial de acerola foi lavado, seco, triturado e submetido a branqueamento com solução de NaClO₂ 1,7% em tampão NaOH/ácido acético a 80 °C por 1 hora, repetido cinco vezes. Em seguida, passou por dois tratamentos alcalinos com NaOH (2% e 5%) a 90 °C por 2 horas, resultando na celulose quimicamente purificada (CQP), posteriormente seca a 40 °C por 48 horas. A obtenção dos nanocristais de celulose (NCCs) foi realizada por hidrólise ácida da CQP com H₂SO₄ 64%, sob agitação a 45 °C por 60 minutos, na proporção 1:12 (g/mL).

As emulsões Pickering de óleo essencial de manjerição (EPOEM) foram preparadas de acordo com Mendes *et al.* (2018), a partir de soluções contendo 10% (v/v) do óleo essencial na suspensão de NCCs, homogeneizadas em Ultra Turrax T10 por 1 min. O diâmetro médio das partículas e o potencial Zeta foram determinados em Zetasizer a 25 °C. A capacidade antioxidante da emulsão foi determinada pelos métodos DPPH, ABTS, seguindo Xu *et al.* (2020) e Alañón *et al.* (2011).

Os filmes ativos foram produzidos pelo método *casting*, incluindo um controle (sem emulsão de óleo essencial) e formulações com diferentes concentrações da emulsão (10% e 20%). A espessura foi mensurada em micrômetro e as propriedades mecânicas avaliadas em Texturômetro TA.XT Plus (ASTM, 2009). A permeabilidade ao vapor de água foi determinada pelo método dessecante (ASTM, 2000), com adaptações. A atividade antioxidante dos filmes foi avaliada pelos métodos DPPH e ABTS. A caracterização da cor foi realizada em colorímetro CR400/Konica-Minolta pelo sistema CIE-Lab, com cinco leituras por amostra. A transmissão de luz e a opacidade foram determinadas usando um espectrofotômetro UV-Vis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A extração da celulose a partir da biomassa de acerola apresentou rendimento de $25,70 \pm 1,89\%$ m/m. Após a purificação, a celulose foi submetida à hidrólise ácida resultando em uma suspensão coloidal de $0,10 \pm 0,03\%$ m/v. Estudos comparativos mostram que os teores de celulose variam entre resíduos: acerola (32,9%) (Silva *et al.*, 2024), laranja (14,2%) (Bigi *et al.*, 2023), bagaço de uva (19,3%) (Coelho *et al.*, 2018).

Os NCCs obtidos apresentaram tamanho médio de $346,3 \pm 19,5$ nm, boa uniformidade (PDI = $0,453 \pm 0,117$) e elevado potencial zeta ($-34,8$ mV), indicando estabilidade coloidal e eficiência na formação de emulsões (Zhao *et al.*, 2024; Wang X. *et al.*, 2025; Li *et al.*, 2025). A atividade antioxidante da EPOEM foi expressiva, com valores de $18,33 \mu\text{mol TE/mL}$ (DPPH) e $306,39 \mu\text{mol TE/mL}$ (ABTS), confirmando seu forte potencial para neutralização de radicais livres (Javid *et al.*, 2024).

Os filmes com EPOEM apresentaram aparência homogênea, transparente e manuseio facilitado. As propriedades ópticas (Tabela 1) mantiveram-se estáveis quanto à diferença de cor (ΔE) e ao índice de brancura (IB), embora os filmes com 10% e 20% de emulsão tenham exibido maior índice de amarelecimento (IA), atribuído à coloração do óleo. A opacidade aumentou significativamente nos filmes com 20% de emulsão, devido à maior concentração de óleo e nanocristais de celulose, reforçando seu potencial como barreira à luz (Silva *et al.*, 2020; Yadav *et al.*, 2020).

Tabela 1: Propriedades ópticas dos filmes de polivinil álcool incorporados de emulsões de Pickering de óleo essencial de manjerição.

FILME	DELTA E	IA	IB	OPACIDADE (mm-1)
CONTROLE	0,58 ± 0,08 a	-6,62 ± 0,02 c	90,39 ± 0,07 a	0,17 ± 0,02 b
F10%	0,53 ± 0,08 a	-6,45 ± 0,05 b	90,5 ± 0,07 a	0,2 ± 0,02 b
F20%	0,6 ± 0,02 a	-6,34 ± 0,03 a	90,49 ± 0,02 a	0,53 ± 0,13 a

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os filmes com EPOEM (10% e 20%) não apresentaram diferenças significativas quanto ao alongamento e à permeabilidade ao vapor de água, mas mostraram redução na resistência máxima (Tabela 2), possivelmente devido à difusão do óleo e dos NCCs na matriz polimérica, causando descontinuidade estrutural (Zhou et al., 2021; Wigati et al., 2025). No ensaio ABTS, o filme com 20% de EPOEM exibiu maior atividade antioxidante, embora os valores tenham sido inferiores ao esperado, possivelmente pela volatilização dos compostos ou incompatibilidade com a matriz. Nenhuma atividade antioxidante foi detectada no ensaio DPPH.

Tabela 2: Propriedades mecânicas, de barreira e capacidade antioxidante dos filmes de polivinil álcool incorporados de emulsões de Pickering de óleo essencial de manjerição.

FILME	RM (MPa)	ALONG (%)	PVA (g.mm/m2.dia.kPa)	CAET ABTS (µmol/g)
CONTROLE	48,81 ± 5,18 b	281,61 ± 36,47 a	1,85 ± 0,17 a	3,73 ± 0,7 a
F10%	44,44 ± 7,53 a	274,14 ± 57,62 a	1,93 ± 0,32 a	6,76 ± 2 a,b
F20%	28,22 ± 1,85 a	212,98 ± 21,7 a	2,33 ± 0,17 a	8,15 ± 1,78 b

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os filmes com 10% e 20% de EPOEM apresentaram significativa redução na transmissão de luz UV (280 nm), passando de 80,25% no controle para 7,97% e 1,10%, respectivamente (Tabela 3). Esse resultado evidencia o efeito barreira contra radiação UV promovido pela incorporação de EPOEM estabilizada com nanocelulose, contribuindo para o retardo de reações oxidativas. Estudos anteriores também apontam redução da transmissão UV com adição de extratos naturais, reforçando o potencial funcional desses filmes, mesmo com atividade antioxidante limitada (Kaewprachu et al., 2017).

Tabela 3: Transmissão de luz e opacidade dos filmes incorporados de emulsões de Pickering de óleo essencial de manjerição.

FILME	Comprimento de onda (nm)							
	200	280	350	400	500	600	700	800
C	3,03 ± 3,42	80,25 ± 1,78	86,70 ± 0,99	88,83 ± 0,96	89,46 ± 0,84	89,86 ± 0,73	89,90 ± 0,57	89,89 ± 0,55
F 10%	0,00 ± 0,00	7,97 ± 3,02	61,27 ± 2,27	88,11 ± 0,80	88,91 ± 1,11	89,10 ± 0,98	89,32 ± 1,09	89,60 ± 1,04
F 20%	0,00 ± 0,00	1,10 ± 3,61	29,85 ± 8,46	60,12 ± 11,01	72,66 ± 6,51	74,63 ± 5,69	75,39 ± 5,27	76,36 ± 5,27

CONCLUSÃO

A biomassa do resíduo de acerola revelou-se uma fonte eficiente para obtenção de NCC), utilizados com sucesso na estabilização de emulsões de Pickering com óleo essencial de manjerição. A incorporação dessas emulsões em filmes de polivinil álcool resultou em materiais com boa capacidade antioxidante e significativa barreira à radiação UV, favorecendo a proteção de alimentos contra processos oxidativos. Apesar de alterações físico-mecânicas, os filmes mantêm viabilidade para uso em embalagens. Os

resultados destacam o potencial dos NCCs como estabilizantes de emulsão de óleo essencial e indicam a necessidade de estudos futuros com diferentes polímeros.

REFERÊNCIAS

- ALANÓN, M.E. et al. A study of the antioxidant capacity of oak wood used in wine ageing and the correlation with polyphenol composition. **Food Chemistry**, v. 128, p. 997–1002, 2011.
- ARKOUMANIS, P. G.; NORTON, I. T.; SPYROPOULOS, F. Pickering particle and emulsifier co-stabilised emulsions produced via rotating membrane emulsification. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 568, p. 481–492, 2019.
- ASTM. **Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting**. D 882- 09. Philadelphia: ASTM, 2009, 10 p.
- ASTM. **Standard test method for water vapor transmission of materials**. E 96-00. Philadelphia: ASTM, 2000, 9 p.
- BANGAR, S. P. et al. Fabrication and characterization of active nanocomposite films loaded with cellulose nanocrystals stabilized Pickering emulsion of clove bud oil. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 224, p. 1576-1587, 2023.
- BIGI F. et al. Waste Orange Peels as a Source of Cellulose Nanocrystals and Their Use for the Development of Nanocomposite Films. **Foods**, v. 12, 960, 2023.
- COELHO C.S. et al. Cellulose nanocrystals from grape pomace: Production, properties and cytotoxicity assessment. **Carbohydrate Polymers**, v. 192, p. 327-336, 2018.
- EBRAHIMI R.; FATHI M.; GHODDUSI H. Pickering emulsions stabilized by cellulose nanocrystals extracted from hazelnut shells: Production and stability under different harsh conditions. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 258, 128982, 2024.
- JAVID A. L. et al. Basil essential oil-incorporated bacterial nanocellulose foam: Fabrication, characterization, and application in extending ground beef shelf life. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 18, 101453, 2024.
- KAEWPRACHU, P. et al. Characterization of fish myofibrillar protein film incorporated with catechin-Kradon extract. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 105, p. 844-850, 2017.
- LI et al., F. Development of natural aggregation-induced emission materials as functional fillers in food packaging: A comprehensive review, v. **Food Chemistry**, v. 488, 144865, 2025.
- MAHCENE, Z. et al. Development and characterization of sodium alginate based active edible films incorporated with essential oils of some medicinal plants. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 145, p. 124–132, 2020.
- MENDES, J.F. et al. Chemical composition and antibacterial activity of *Eugenia brejoensis* essential oil nanoemulsions against *Pseudomonas fluorescens*. **LWT**, v. 93, p. 659-664, 2018.
- SILVA N.C. et al. Ultrasound-assisted extraction of bioactives as a strategic step for chemical pretreatments in nanocellulose production from acerola by-product. **International Journal of Biological Macromolecules**, 133876, 2024.
- SILVA, R.S. et al. Analysis of Hybrid Sorubim Protein Films Incorporated with Glycerol and Clove Essential Oil for Packaging Applications. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 28, n. 2, p. 421-432, 2020.
- TEOW, Y. H.; KAM, L. M.; MOHAMMAD, A. W. Synthesis of cellulose hydrogel for copper (II) ions adsorption. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, n. 4, p. 4588-4597, 2018.
- XU, M. et al. Análise metabolômica de frutos de acerola (*Malpighia emarginata*) durante o amadurecimento via UPLC-Q-TOF e contribuição para a atividade antioxidante. **Food Research International**, v. 130, p. 108915, 2020.
- WIGATI, L. P. et al. Influence of cellulose nanocrystal formulations on the properties of pregelatinized cornstarch and cornmint essential oil films. **Scientific Reports**, v. 15, 2025.
- YADAV, M. et al. Cellulose Nanocrystal Reinforced Chitosan Based UV Barrier Composite Films for Sustainable Packaging. **Polymers**, v. 12, n. 1, p. 202, 2020.
- ZHAO Q. et al. Pickering emulsions stabilized by biopolymer-based nanoparticles or hybrid particles for the development of food packaging films: A review. **Food Hydrocolloids**, v.146, part A, 109185, 2024.
- ZHOU, Y. et al. Effects of cinnamon essential oil on the physical, mechanical, structural and thermal properties of cassava starch-based edible films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.184, p. 574–583, 2021.