

SUBPRODUTOS DE MANGA

Casca/Polpa



Amêndoa

Semente

Tegumento



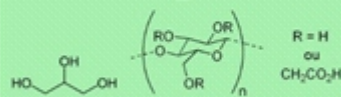
PRÉ-TRATAMENTO



SOLUÇÃO
ALCALINA DILUÍDA



FILME BIOPLÁSTICO



COMUNICADO
TÉCNICO

124

São Carlos, SP
Setembro, 2024

Embrapa

Filmes ativos de subprodutos de manga

Rodrigo Duarte Silva
Fabiana Manarelli
Bárbara Mafei Aguilera
Caio Gomide Otoni
Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo

Filmes ativos de subprodutos de manga

Rodrigo Duarte Silva, engenheiro químico, doutor em Engenharia de Materiais, pós-doutorando na Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP. Fabiana Manarelli, graduanda em Química na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP. Bárbara Mafei Aguilera, graduanda em Química no Instituto de Química de São Carlos (IQSC-USP), São Carlos, SP. Caio Gomide Otoni, engenheiro de alimentos, doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, Professor Adjunto A do Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) da UFSCar, São Carlos, SP. 5Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo, engenheira de alimentos, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP.

Introdução

O Brasil é o sexto maior produtor mundial de manga, com uma produção de cerca de 1,2 milhão de toneladas em 2023 (*Brasil bate recorde de receita e exportação com manga produzida no Nordeste - Portal Embrapa*, [s.d.]). Mangas podem ser consumidas *in natura* ou processadas para produção de sucos, néctares, *chutney*, entre outros produtos. Os subprodutos de manga (cascas, amêndoa e tegumento) representam 35-60% da massa da fruta (Gupta et al., 2022). Tais subprodutos já foram usados como fontes de moléculas para a produção de filmes ativos e/ou nanocompósitos, em trabalhos anteriores realizados na Embrapa (Melo et al., 2019; Ribeiro et al., 2021; A. P. M. Silva et al., 2019). Mais recentemente, filmes têm sido obtidos a partir de subprodutos integrais de frutas (Santos et al., 2023; R. D. Silva et al., 2024), caracterizando seu aproveitamento total, mais condizente com o conceito de biorrefinaria. Chamamos aqui de subprodutos integrais aqueles que foram usados integralmente, sem nada extrair (ex: cascas e amêndoas de manga, ao invés de pectina e amido extraídos destas).

Este trabalho teve por objetivo produzir

filmes à base de subprodutos integrais da produção de suco de manga, que apresentassem propriedades ativas, a saber, antioxidantes e absorvedoras de luz ultravioleta (UV).

Preparando os filmes

O subproduto de manga foi gentilmente doado pela empresa produtora de sucos Coagrosol (Itápolis, SP). Ele foi manualmente separado em três frações: casca e polpa remanescente, tegumento e amêndoa. Em seguida, as frações do subproduto foram secas em estufa com circulação de ar (MA 035/51, Marconi) a 50 °C, até peso constante. Após a pesagem das frações secas, verificou-se que o subproduto era constituído de 32,3% de casca/polpa, 22,6% de tegumento e 45,1% de amêndoa. Elas foram então moídas em moinho de facas (SL-31, Solab), resultando em um pó que teve sua granulometria reduzida em moinho de rotor Pulverisette 14 (Fritsch), usando uma peneira de 0,5 mm, operando a 15.000 rpm. Posteriormente, os pós foram peneirados em peneira de 500 µm.

Para preparar os filmes, as frações do subproduto foram submetidas a um tratamento alcalino diluído. Suspensões

De cada fração (5% m/m) foram preparadas individualmente dispersando os pós em solução 0,06 mol/L de NaOH, sob agitação mecânica a 500 rpm, por 1 h. Em seguida, elas foram transferidas para frascos de vidro com tampa de rosca e processadas em autoclave, por 30 min, a 121 °C e 1,2 kgf cm⁻².

Após o pré-tratamento, as suspensões foram resfriadas à temperatura ambiente, e misturadas de modo a obter a mesma proporção das frações do subproduto em base seca. Em seguida, adicionaram-se à mistura glicerol a 25% m/m e carboximetilcelulose (CMC) a 10% m/m (ambas as concentrações calculadas com base na massa seca total de subproduto), além de 2 gotas de 1-octanol (agente anti-espumante, para reduzir a formação de bolhas). Após todas as adições, a mistura foi agitada por 30 min a 500 rpm e homogeneizada em Ultra-Turrax T18 (IKA) a 15.000 rpm, por 5 min. As bolhas de ar da dispersão final foram removidas utilizando bomba de vácuo (120 mbar, 25 min) e a dispersão vertida sobre placas de vidro, revestidas com um substrato fino de cobertas com polietileno tereftalato (PET). A espessura da camada de dispersão foi uniformizada usando uma barra de casting para com altura de 3 mm. Finalmente, o filme foi seco em estufa com circulação de ar (MA 035/51, Marconi) a 50°C, por 20 h.

Propriedades principais e aplicações

As principais propriedades do filme estão apresentadas na Tabela 1. As propriedades mecânicas do filme foram consideradas satisfatórias, especialmente a resistência à tração, que deve ser maior que 4 MPa (Tajeddin

Et al., 2010). Seu valor de ângulo de contato foi característico de uma superfície hidrofóbica (ACA > 90°), o que constitui uma vantagem para aplicação em condições de alta atividade de água. As propriedades antioxidantes e de barreira à luz UV dos filmes sugerem sua aplicabilidade para embalagem de alimentos sujeitos a reações oxidativas (como castanhas e cereais matinais), com as vantagens adicionais derivadas do fato de se tratar um material biodegradável e de origem renovável.

Tabela 1. Propriedades do filme de subprodutos de manga.

Propriedades	Médias*
σ (MPa)	7 ± 2
ε (%)	10 ± 3
ACA (°)	99 ± 4
T _{vis} (%)	34,6 ± 0,3
B _{UVA} (%)	99,987 ± 0,001
B _{UVB} (%)	99,988 ± 0,001
B _{UVC} (%)	99,959 ± 0,003
AA (%)	65 ± 3

*Médias ± desvios-padrão, para pelo menos 8 medidas. σ : resistência à tração; ε : alongação na ruptura; P_{VA}: permeabilidade a vapor de água; ACA: ângulo de contato em água; T_{vis}: transmitância da faixa luminosa visível; B_{UVA}, B_{UVB} e B_{UVC}: blindagem de luz UV, nas faixas UVA, UVB e UVC; AA: atividade antioxidante (% com base na inativação do radical DPPH).

Uma foto do filme é apresentada na Figura 1, mostrando sua coloração amarelo-âmbar e superfície relativamente uniforme e lisa, embora opaca, devido à presença de compostos coloridos, entre os quais compostos fenólicos e carotenoides.



Figura 1. Fotografia do filme de subprodutos da produção de suco de manga sobre papel branco impresso com logotipo da Embrapa.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapesp pelo apoio financeiro (processos 2021/05092-7 e 2017/22401-8) e pela bolsa de pós-doutorado concedida ao autor R.D. Silva (2020/11104-5). Agradecem ainda ao CNPq pelo apoio financeiro através do INCT Circularidade em Materiais Poliméricos (processo 406925/2022-4) e pelas bolsas de produtividade em pesquisa concedida aos autores C.G. Otoni e H.M.C. Azeredo (processos 304753/2022-0 e 308777/2021-2, respectivamente).

Referências

Brasil bate recorde de receita e exportação com manga produzida no Nordeste—Portal Embrapa. ([s.d.]). Recuperado 10 de junho de 2024, de <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/87702249/brasil-bate-recorde-de-receita-e-exportacao-com-manga-produzida-no-nordeste>.

Gupta, A. K., Gurjar, P. S., Beer, K., Pongener, A., Ravi, S. C., Singh, S., Verma, A., Singh, A., Thakur, M., Tripathy, S., & Verma, D. K. (2022). A review on valorization of different byproducts of mango (*Mangifera indica* L.) for functional food and human health. *Food Bioscience*, 48, 101783. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101783>

Melo, P. E. F., Silva, A. P. M., Marques, F. P., Ribeiro, P. R. V., Souza Filho, M. de sá M., Brito, E. S., Lima, J. R., & Azeredo, H. M. C. (2019). Antioxidant films from mango kernel components. *Food Hydrocolloids*, 95(April), 487–495. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.04.061>

Ribeiro, A. C. B., Cunha, A. P., da Silva, L. M. R., Mattos, A. L. A., de Brito, E. S., de Souza Filho, M. de S. M., de Azeredo, H. M. C., & Ricardo, N. M. P. S. (2021). From mango by-product to food packaging: Pectin-phenolic antioxidant films from mango peels. *International Journal of Biological Macromolecules*, 193, 1138–1150. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.10.131>

Santos, L. B., Silva, R. D., Alonso, J. D., Brienzo, M., Silva, N. C., Perotto, G., Otoni, C. G., & Azeredo, H. M. C. (2023). Bioplastics from orange processing byproducts by an ecoefficient hydrothermal approach. *Food Packaging and Shelf Life*, 38, 101114. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101114>

Silva, A. P. M., Oliveira, A. V., Pontes, S. M. A., Pereira, A. L. S., Souza Filho, M. de sá M., Rosa, M. F., & Azeredo, H. M. C. (2019). Mango kernel starch films as affected by starch nanocrystals and cellulose nanocrystals. *Carbohydrate Polymers*, 211(November 2018), 209–216.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.02.013>

Tajeddin, B., Rahman, R. A., & Abdulah, L. C. (2010). The effect of polyethylene glycol on the characteristics of kenaf cellulose/low-density polyethylene biocomposites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 47(2), 292–297.
<https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2010.04.004>

Silva, R. D., Pacheco, T. F., de Santi, A. D., Manarelli, F., Bozzo, B. R., Brienzo, M., Otoni, C. G., & Azeredo, H. M. C. (2024). From bulk banana peels to active materials: Slipping into bioplastic films with high UV-blocking and antioxidant properties. *Journal of Cleaner Production*, 438, 140709.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140709>

Exemplares desta publicação
podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação
 Rua XV de Novembro, 1452
 Caixa Postal 741
 CEP 13560-970 São Carlos, SP
 Fone: (16) 2107 2800
 Fax: (16) 2107 2902
 www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
 1ª impressão (2024): tiragem 100



MINISTÉRIO DA
 AGRICULTURA E
 PECUÁRIA



Comitê Local de Publicações

Presidente

Daniel Souza Corrêa

Membros

Elaine Cristina Paris

Maria Alice Martins

Cristiane Sanchez Farinas

Cynthia Cabral da Costa

Carlos Renato Marmo

Paulo Renato Orlandi Lasso

Maria do Socorro Gonçalves S. Monzane

Imagem da capa

Rodrigo Duarte Silva

Editoração eletrônica e

tratamento das ilustrações

Valentim Monzane