

Utilização da microscopia de força atômica para caracterização visual de embalagem biodegradável com micropartículas de óleo essencial.

Maria Clara Guimarães¹; Pítias Eduardo Da Silva²; Ana Silvia Prata³; Nathalia Ramos de Melo^{1,4}.

¹Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Tecnologia de Alimentos; ²Universidade Federal Fluminense, Departamento de Química; ³Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Engenharia de Alimentos; ⁴Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia de Agronegócios.

Palavras chave: *Amido; Coacervação Complexa; Polímeros Naturais.*

INTRODUÇÃO

Atualmente, as embalagens de alimentos são majoritariamente baseadas em materiais plásticos derivados do petróleo e de uso único¹. A conscientização ambiental do cenário preocupante em que o mundo se encontra aumentou a demanda por produtos mais sustentáveis e com menos aditivos químicos. Sendo assim, pesquisas que visem o desenvolvimento de embalagens mais sustentáveis utilizando biopolímeros e agentes naturais seguem em expansão².

Neste sentido, a adição de micropartículas em embalagem abre novas possibilidades para o desenvolvimento de embalagens ativas, pois além do exposto, tem sido relacionada a melhorias no desempenho geral, incluindo propriedades mecânicas, térmicas e de barreira melhoradas, além de proporcionar novas funcionalidades às embalagens que anteriormente não tinham³.

Dentre as diferentes análises para caracterização desses materiais de embalagens, a microscopia é uma das mais importantes, pois através dela é possível caracterizar a estrutura da embalagem⁴.

Dentro da Ciência dos materiais, a técnica Microscopia de Força Atômica (AFM) tem causado um grande impacto devido a possibilidade de obtenção de imagens em escala de nível atômico⁵. O AFM funciona através de pequenas forças de alcance atômico, que ocorrem pela distância entre uma ponteira e a amostra. Esta ponteira fica fixada em um suporte chamado cantilever e a deflexão que este cantilever sofre, devido às forças, é suficiente para analisar a superfície do material⁵.

Quando comparado com microscopia eletrônica de varredura (MEV), o AFM apresenta muitas vantagens, sendo as principais: a análise morfológica e estrutural de materiais, que são: maior resolução, imagem em 3D, não necessita o recobrimento condutivo do material a ser analisado, não requer métodos específicos de preparação da amostra, permite a medida da espessura de filmes ultrafinos, permite a quantificação direta da rugosidade⁵.

No caso de polímeros, principalmente os biodegradáveis, essa técnica ainda é muito pouco explorada devido algumas limitações do material, como o alto grau de complexidade da estrutura, baixo grau de ordenamento e cristalinidade e menor módulo de elasticidade destes materiais, o que pode inviabilizar a técnica para caracterização destes. Todavia, estudos já estão sendo realizados para melhor expandir a aplicação do AFM em polímeros⁵.

Isto posto, o objetivo do presente estudo foi utilizar a técnica de AFM para analisar morfolologicamente filme a base de amido com micropartículas de óleo essencial.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do filme com micropartículas, os filmes foram produzidos pelo método casting¹ nas proporções: 4% (v/v) de amido e 30% (m/v) de glicerol. As partículas foram formadas pelo método de coacervação complexa⁵. A solução filmogênica foi ativada com 5% de coacervados (v/v) para então ser adicionada em placas de acrílico e secas a 30 °C por 24h em estufa com ventilação forçada.

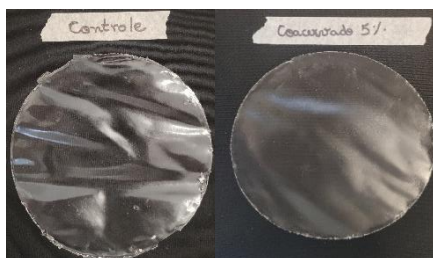
A caracterização por microscopia de força atômica (AFM) foi realizada usando um microscópio de força atômica Nanosurf Flex AFM em modo contraste de fase, velocidade de varredura de 0,7 Hz e uma ponta (TAP 190AL-G, Budget Sensors Company, Sofia, da Bulgária) com frequência de ressonância de 164 kHz. A área de imagem foi de 20 µm². A rugosidade média foi determinada usando o software Nanosurf EasyScan2 (Liestal, Suíça).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os filmes desenvolvidos (Figura 1) apresentaram boas propriedades físico-químicas e mecânicas para que fosse possível realizar a AFM.



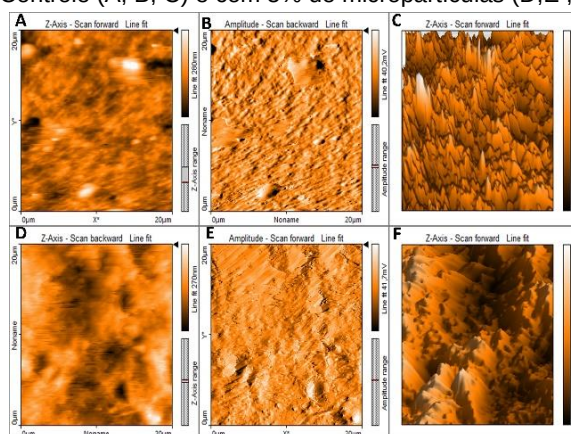
Figura 1: Filmes de Amido



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 2 (D, E) observa-se que a adição de óleo microencapsulado favoreceu a mudança na superfície dos filmes. Ainda na Figura 2 (A, B) mostra que a película de controle tinha uma superfície mais irregular do que a outra, com uma rugosidade média de $28,19 \pm 7,87$ nm, diferindo significativamente ($p < 0,05$). O filme incorporado com micropartícula de OE mostrou uma rugosidade menor ($18,74 \pm 5,21$ nm) devido a distribuição do coacervado em toda a superfície do filme. Resultado semelhante foi reportado ao incorporar micropartículas de OE de copaíba em filmes a base de amido¹. A redução da rugosidade em relação ao filme controle pode estar associada com a presença de gelatina e goma arábica como revestimento de parede para as micropartículas, o que promoveu uma redução na interface polímero/micropartícula.

Figura 2: AFM dos filmes de amido Controle (A, B, C) e com 5% de micropartículas (D, E, F)



Fonte: Próprio autor.

CONCLUSÕES

A utilização do AFM para análise da superfície de materiais poliméricos não rígidos mostra-se uma tecnologia promissora. Ao utilizar essa microscopia, foi possível observar como as micropartículas interferem na rugosidade do material, uniformizando sua superfície o que pode melhorar suas propriedades mecânicas. Esse tipo de análise nos permite projetar soluções de embalagem adequadas

Com os resultados já encontrados, torna-se interessante avaliar se o filme apresenta propriedades ativas para prolongar a vida útil e aumentar a qualidade e a segurança dos alimentos de forma aceitável e econômica, bem como sua aplicação em uma matriz alimentícia.

Espera-se que o desenvolvimento de materiais inovadores de embalagem, como o proposto no estudo tenham suas propriedades comprovadas, e causem um impacto positivo importante no mercado de alimentos em breve.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq).

REFERÊNCIAS

- [1] RODRIGUES, G. Antimicrobial activity and gc-ms profile of copaiba oil for incorporation into xanthosoma mafaffa schott starch-based films. **Polymers (Basel)**, v. 12, p.1–19, 2020.
- [2] MARANGONI JÚNIOR, L. Sustainable Packaging Films Composed of Sodium Alginate and Hydrolyzed Collagen: Preparation and Characterization. **Food Bioprocess Technology**, v.14, p. 2336–2346, 2021.
- [3] FERNANDES, B. C. N. Prospection of the use of encapsulation in food packaging. **Comprehensive Reviews**, p.1–26, 2022.
- [4] MORAILLE, P. Experimental methods in chemical engineering: Atomic force microscopy – AFM. **Canadian Journal of Chemical Engineering**, v.100, p. 2778–2806, 2022.
- [5] GONÇALVES, N. D. Comparison of microparticles produced with combinations of gelatin, chitosan and gum Arabic. **Carbohydrate Polymers**, v. 196, p. 427–432, 2018.