

PROPRIEDADES MECÂNICAS E ANTI-UV DE FILMES DE ALGINATO PRODUZIDOS POR CASTING CONTÍNUO

Kawany M. B. Shimomura¹, Davi R. Munhoz², Marcela P. Bernardo², Francys K.V. Moreira^{1*}, Luiz H. C. Mattoso²

¹ Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. *moreira.fkv@dema.ufscar.br.

² Laboratório Nacional de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP, Brasil.

Classificação: Métodos e Processos para Aumento da Escala de Produção de Nanoprodutos de interesse do Agronegócio

Resumo

Este trabalho foi dedicado à produção de filmes plastificados de alginato por *casting* contínuo. Soluções aquosas de alginato a 10 % foram preparadas e convertidas em filmes a uma velocidade de 15 cm min⁻¹. O comportamento mecânico dos filmes foi avaliado em função do teor de glicerol e sorbitol (10 e 30%) em umidade relativa de 50% utilizando ensaios de tração. As propriedades ópticas e de barreira anti-UV dos filmes em função do teor de glicerol e sorbitol também foram determinadas. Foi verificado que o glicerol é um plastificante mais eficiente, em relação ao sorbitol, para esses filmes de alginato produzidos por *casting* contínuo. Os filmes foram em geral bastante transparentes na região do visível, porém com boas propriedades de barreira contra radiação UV.

Palavras-chave: Curativo Regenerativo; Propriedades Mecânicas; Barreira Anti-UV.

MECHANICAL AND ANTI-UV PROPERTIES OF ALGINATE FILMS PRODUCED BY CONTINUOUS CASTING

This study was dedicated to the production of alginate films by continuous casting. 10 wt.% alginate solutions were prepared and converted into films at a rate of 15 cm min⁻¹. The mechanical behavior of the films was evaluated based on the contents of glycerol and sorbitol (10 and 30%) at 50% relative humidity using tensile tests. The optical and anti-UV barrier properties of the plasticized alginate plastics were also determined. It was found that glycerol is a more efficient plasticizer for alginate plastics rather than sorbitol. Alginate films were very transparent in the visible region, but with good barrier properties against UV radiation.

Keywords: Regenerative dressing; Mechanical properties, anti-UV barrier.

1 INTRODUÇÃO

Alginato (ALG), ou ácido alginico, é um polissacarídeo encontrado em algas marinhas e micro-organismos. O ALG é atóxico, biocompatível, biodegradável além de não alérgico. Do ponto de vista molecular, o ALG é descrito como um copolímero polianiónico formado por meros de ácidos manurônico (bloco M) e gularônico (bloco G) distribuídos em proporções variadas de blocos aleatórios do tipo MM, GG e MG. Recentemente, o ALG tem sido aplicado em diversas áreas de desenvolvimento de materiais como imobilização de células, liberação controlada de fármacos, engenharia de tecidos e desenvolvimento de peles artificiais (PATHARE et al., 2013; VENKATESAN et al., 2015; GONG et al., 2016).

Estudos visando utilizar o alginato como matriz de adesivos e películas regenerativas têm sido realizados (SHAO et al., 2015). Para atingir as propriedades mecânicas necessárias de um curativo antimicrobiano e/ou uma película, esses filmes são dependentes da coesão advinda de agentes plastificantes. Glicerol e sorbitol são os plastificantes mais utilizados para elaboração de películas tendo amido e/ou pectina como matriz (MULLER et al., 2008). Portanto, essa pesquisa objetivou

desenvolver películas de alginato incorporadas com esses agentes em diferentes concentrações, visando analisar e comparar suas propriedades mecânicas e óticas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparação dos filmes de alginato

Primeiramente, a solução de alginato foi produzida mediante solubilização do polímero em água a uma concentração de 10%. Glicerol ou sorbitol foram adicionados na concentração de 10 e 30% (em relação à massa de alginato) previamente no volume da solução. As misturas foram homogeneizadas em um misturador à vácuo composto por um agitador mecânico operando com rotação de 2000 rpm e uma bomba aplicando vácuo simultaneamente ao nível mínimo de – 300 mm Hg.

Os filmes de alginato foram preparadas por *casting* contínuo (CC) em uma unidade piloto de laminação KTF-B (Mathis, Suíça). O método consistiu no espalhamento ininterrupto das soluções sobre um substrato poliéster com a espessura da lâmina úmida definida a 1,5 mm utilizando um dispositivo de laminação composto por uma Doctor Blade tipo B e um par de relógios comparadores de alta precisão (± 0.001 mm). Com relação à velocidade de processamento, foi estabelecido que $0,15 \text{ m min}^{-1}$ poderia ser considerada a velocidade ideal para a formação das películas. Neste caso, visando maior produtividade, essa velocidade foi estabelecida como velocidade padrão para todas as amostras.

2.2 Técnicas de caracterização

As propriedades mecânicas dos filmes de alginato foram determinadas em uma máquina universal de ensaios mecânicos EMIC DL3000 (EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda, PR, Brasil) equipada com célula de carga de 10 kgf (98,06 N). Os experimentos foram realizados seguindo a norma ASTM D882-09 utilizando corpos de prova tipo II (ASTM D638-09), velocidade de estiramento de 10 mm min^{-1} e separação inicial entre garras de 100 mm. As amostras foram pré-condicionadas sob umidade relativa de 50% durante 48 horas antes dos experimentos. Para cada elaboração filmogênica, no mínimo 10 corpos de prova foram utilizados.

Os atributos mecânicos (módulo elástico E , resistência à tração real σ_T , e alongação na ruptura real ε_B) dos filmes comestíveis foram calculadas a partir de diferentes curvas tensão (σ) – deformação (ε). A σ_T teve seus valores baseados na fórmula $\sigma_T = \sigma \lambda$, onde σ é a resistência à tração de engenharia dada pela fórmula $\sigma = F_b/S$, onde (F_b) representa a força aplicada na ruptura e S é a área da seção transversal do corpo-de-prova. Já a variável λ da fórmula anterior é a razão extensional, definida como $\lambda = L/L_0$, onde L e L_0 são os comprimentos finais e iniciais do corpo-de-prova, respectivamente. A alongamento (ε_B) foi calculada como sendo $\varepsilon_B = \ln \lambda$. Por fim, o módulo E foi calculado a partir da regressão linear das curvas $\sigma - \varepsilon$ no limite $\sigma = \varepsilon = 0$ ($[d\sigma/d\varepsilon]_{\varepsilon=0}$). Essa regressão contou com 50 pontos e os valores de módulo foram considerados satisfatórios para valores de $R^2 \geq 0,97$.

A caracterização da transparência ótica das películas por espectroscopia UV-Vis foi medida por análise em espectrofotômetro UV-Vis Lambda 25 (PerkinElmer Inc., Waltham, EUA). Amostras de películas foram fixadas diretamente no orifício de passagem do feixe de luz, para se obter a transmitância na região espectral do UV e do visível ($\lambda = 190$ e 700 nm). Tais experimentos foram realizados em duplicata.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização das películas de alginato

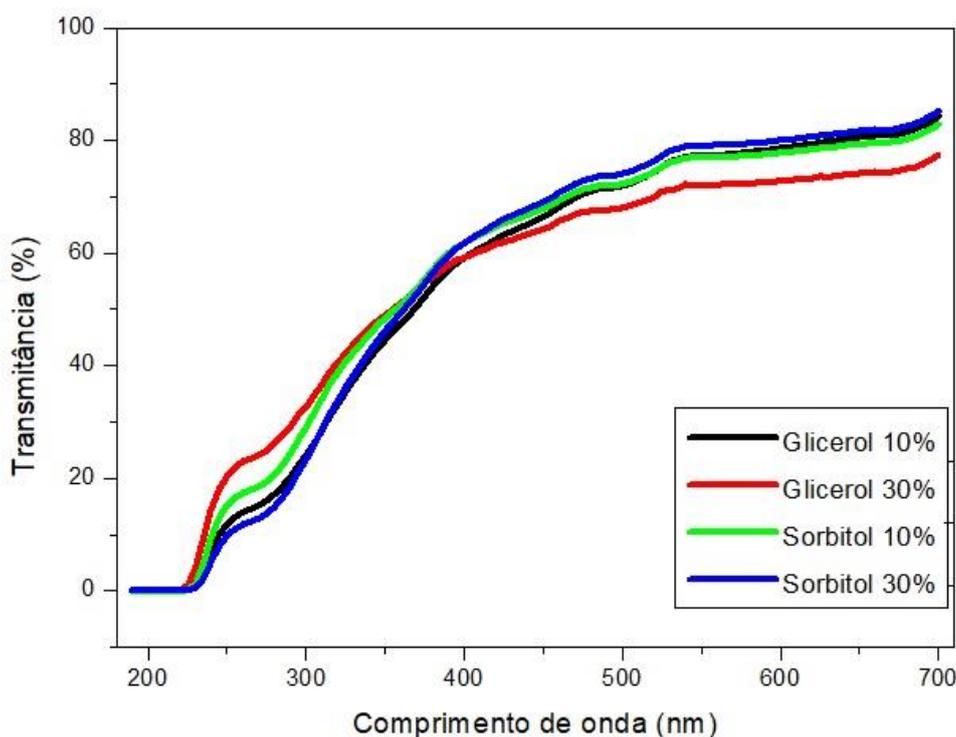
As propriedades mecânicas resistência a tração real (σ_T), alongamento na ruptura real (ε_B), e módulo elástico (E), são reportadas na Tabela 1. Tratando-se de filmes incorporados com diferentes concentrações de plastificantes, a questão fundamental foi comparar o efeito destes sobre a matriz de alginato.

Tabela 1. Propriedades mecânicas de tração para filmes de alginato fabricados por *casting* contínuo (UR = 50%)

Plastificante (%)	σ_T (MPa)	ϵ_B (%)	E (MPa)
Glicerol			
10	30 ± 6	6 ± 3	1856 ± 460
30	8 ± 2	7 ± 3	299 ± 71
Sorbitol			
10	28 ± 5	2 ± 1	1327 ± 564
30	33 ± 5	3 ± 1	2016 ± 595

É possível comparar o efeito plastificante entre o sorbitol e o glicerol em ambas concentrações. Embora, a adição de 30% de glicerol não tenha acentuado o alongamento na ruptura real em relação a 10%, esse plastificante denotou-se como mais efetivo para plásticos de alginato quando comparado com sorbitol. Isso pode ser observado pelos menores valores de resistência à tração e módulo elástico. Esses resultados podem ser explicados pelo fato de o glicerol apresentar menor tamanho molecular e maior polaridade quando comparado ao sorbitol.

O comportamento ótico dos filmes foi avaliado por espectroscopia UV-Vis. A Figura 1 ilustra os perfis de transmitância dos filmes para a região do UV (190 – 400 nm) e do visível (400 – 700 nm). É possível verificar que as películas de alginato apresentaram valores de transmitância elevados, entre 65% e 85%, na região do visível, o que denota elevada transparência para estes materiais. O aumento da concentração de glicerol de 10 para 30% reduziu ligeiramente a transmitância na região do visível, porém aumentou na região do UV. O comportamento oposto foi observado em relação ao sorbitol.

**Figura 1:** Perfil de transmitância dos filmes de alginato incorporados com plastificantes em função do comprimento de onda na região do UV (190 – 400 nm) e do visível (400 – 700 nm).

Em geral, a Figura 1 revela uma baixíssima transmitância dos filmes de alginato na região do UV (190 – 400 nm), 0 – 60%. Os resultados sugerem que os filmes de alginato plastificados com sorbitol e glicerol têm boas propriedades anti-UV, característica positiva para aplicação desses materiais como curativos generativos para, por exemplo, tratamento de queimaduras.

4 CONCLUSÃO

O método *casting continuo* mostrou-se eficiente para produção de filmes plastificados de alginato com produtividade de 15 cm plástico min⁻¹. O glicerol se apresentou como plastificante mais eficiente em relação ao sorbitol para filmes de alginato produzidos através dessa técnica. Por fim, os filmes de alginato contendo plastificantes, no geral, denotaram efeito anti-UV significativo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Embrapa Instrumentação, DEMa/UFSCar SISNano/MCTI e CNPq-PIBIC (Processo CNPQ n° 145851/2016-8) pela infraestrutura e apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

GONG, Y. et al. Preparation of alginate membrane for tissue engineering. *Journal of Polymer Engineering*, v. 36, n. 4, p.363–370, 2016.

Müller, C. et al. Evaluation of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. *Carbohydrate Polymers*. v.72, n.1, p. 82-87, 2008.

PATHARE, Y. S. et al. Polymers used for Fast Disintegrating Oral Films: A Review, *International Journal of Pharmacy Science*, v. 21, n. 1, p. 169-178, 2013.

SHAO, W. et al. Development of silver sulfadiazine loaded bacterial cellulose/sodium alginate composite films with enhanced antibacterial property. *Carbohydrate polymers* v.132, p. 351-358, 2015.

VENKATESAN, A. et al. Alginate composites for bone tissue engineering: A review, *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 72, p. 269 – 281, 2015.