



Estudo da Regeneração da Celulose por Imersão Utilizando Sistemas de Regeneração Glicerol/Água

Igor Augusto Vieira

Ms. Kelly Lucas Lizano

Prof. Dr. Antonio Aprigio da Silva Curvelo

Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos

Igorv0412@usp.br

Objetivos

O principal objetivo deste estudo foi investigar o processo de regeneração da celulose utilizando sistemas glicerol/água como meio de regeneração, visando produzir filmes de celulose regenerada com propriedades mecânicas e ópticas aprimoradas.

Métodos e Procedimentos

Estudos anteriores do grupo de pesquisa exploraram métodos de regeneração de celulose utilizando o processo de viscose com sistemas glicerol/água como fonte de prótons. Para preparar a celulose alcalina, 16 g de polpa de madeira (massa seca) foram dissolvidos em 500 mL de uma solução de NaOH a 18% a 40 °C por 20 minutos. A celulose alcalina foi então filtrada a vácuo para remover a água e posteriormente triturada. Para a produção do xantato de celulose, 15 g de celulose alcalina foram misturados com 1,5 mL de dissulfeto de carbono (CS_2) em um tubo de vidro selado e reagidos à temperatura ambiente por três horas. Em seguida, 75 mL de uma solução de NaOH a 6% foram adicionados, e a mistura foi agitada mecanicamente até a formação de uma solução homogênea, denominada viscose.

Várias proporções de água e glicerol foram testadas, e a formulação com 20% de glicerol e 80% de água (CR20G) foi escolhida como a mais eficaz para a produção de filmes com excelente flexibilidade e transparência. Os filmes foram inspecionados visualmente quanto à homogeneidade, transparência e integridade da superfície. Técnicas analíticas avançadas também foram empregadas, incluindo FTIR, TGA, microscopia óptica e MEV. O filme CR20G também foi submetido à análise dinâmico-mecânica (DMA) para avaliar seu comportamento mecânico e a ensaios de tração para determinar propriedades como resistência à tração, módulo de elasticidade e alongamento na ruptura.

Resultados

A análise de DMA para o filme CR20G é mostrada na Figura 1. Em temperaturas mais altas, o módulo de armazenamento (E') foi de aproximadamente 2.800 MPa. O módulo de perda (E'') e o fator de amortecimento ($\tan \delta$) atingiram seus picos máximos em -76 °C e -64 °C, respectivamente, que correspondem à temperatura de transição vítrea (T_g). Após a T_g , o módulo de armazenamento se estabilizou em valores abaixo de 100 MPa, indicando a região elástica do material. A adição de glicerol como plastificante altera significativamente as

propriedades mecânicas e térmicas do material, reduzindo a T_g e aumentando a flexibilidade.

A resistência à tração do material variou entre 7,3 e 9,8 MPa, com alongamento na ruptura variando de 265% a 321%. Esses valores indicam que o filme apresenta uma combinação equilibrada de resistência mecânica e ductilidade. Os resultados estão dentro da faixa típica para filmes de celulose regenerada plastificados com glicerol (5 a 15 MPa).

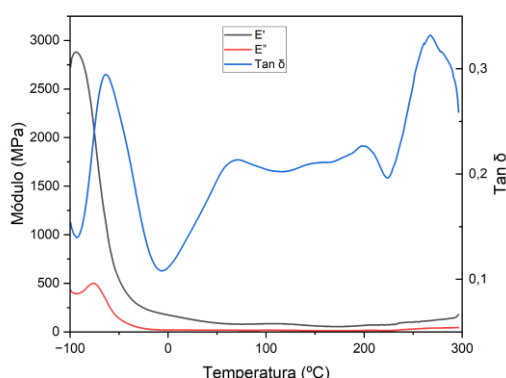


Figura 1. Resultado da análise de DMA para o filme CR20G.

Conclusões

O estudo sobre regeneração de celulose usando sistemas glicerol/água provou ser uma abordagem promissora para a produção de materiais sustentáveis com propriedades mecânicas e ópticas aprimoradas. A formulação com 20% de glicerol e 80% de água foi eficaz na produção de filmes de celulose regenerada com excelente flexibilidade e transparência. Os resultados dos testes de DMA e tração mostraram que o glicerol como plastificante reduziu significativamente a temperatura de transição vítrea (T_g), aumentando a flexibilidade e a ductilidade do material. A resistência à tração (7,3-9,8 MPa) e o alongamento na ruptura (265-321%) do filme CR20G estavam dentro da faixa esperada para filmes de celulose regenerada plastificada. As

análises também confirmaram a formação de uma estrutura homogênea e estável com boas propriedades térmicas e mecânicas. Devido à sua baixa toxicidade, biodegradabilidade e propriedades mecânicas aprimoradas, os filmes são uma alternativa viável para embalagens sustentáveis e aplicações biomédicas, contribuindo para o avanço do conhecimento em regeneração de celulose.

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Agradecimentos

Agradeço ao Programa Unificado de Bolsas (PUB) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento e ao Grupo de Físico-Química Orgânica pelo apoio durante a pesquisa.

Referências

- GHANBARZADEH, B.; ALMASI, H.; ENTEZAMI, A. A. Physical properties of edible modified starch/carboxymethyl cellulose films. *Innovative food science & emerging technologies: IFSET: the official scientific journal of the European Federation of Food Science and Technology*, v. 11, n. 4, p. 697-702, 2010.
- KERN SEARS, J.; DARBY, J. R. The technology of plasticizers. Nashville, TN, USA: John Wiley & Sons, 1982.
- MALI, S. et al. Effects of controlled storage on thermal, mechanical and barrier properties of plasticized films from different starch sources. *Journal of food engineering*, v. 75, n. 4, p. 453-460, 2006.
- MANO, J. F.; KONIAROVA, D.; REIS, R. L. Thermal properties of thermoplastic starch/synthetic polymer blends with potential biomedical applicability. *Journal of materials science. Materials in medicine*, v. 14, n. 2, p. 127-135, 2003.
- MOON, R. J. et al. Cellulose nanomaterials review: structure, properties and



nanocomposites. Chemical Society reviews, v. 40, n. 7, p. 3941-3994, 2011.

SANYANG, M. et al. Effect of plasticizer type and concentration on tensile, thermal and barrier properties of biodegradable films based on sugar palm (*Arenga pinnata*) starch. Polymers, v. 7, n. 6, p. 1106–1124, 2015.