

COMPORTAMENTO DA ANÁLISE DE MOLHABILIDADE DA SUPERFÍCIE DE FILMES DE BETERRABA

JULIA KAIANE PRATES DA SILVA¹; PATRICIA OLIVEIRA SCHMITT²; CLÁUDIA FERNANDA LEMONS E SILVA³; LARA ALVES GULLO DO CARMO⁴; CÍCERO DE ESCOBAR COELHO⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – juliakaiane.prates@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas– patriciaolimit@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas– lemonsclau@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas– lara.gullo@outlook.com

⁵Universidade Federal de Pelotas– cicero.escobar@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A beterraba é considerada uma hortaliça tuberosa, uma raiz vegetal, da família Quenopodiácea e tem origem na Europa. Também, tem uma cor vermelho-púrpura por conter betalaína que tem propriedades antioxidantes com efeitos positivos para a saúde (Kanner; Harel; Granit, 2001). Embora muitas vezes seja considerada uma raiz, ela se forma a partir do engrossamento de uma parte do caule. Existem três tipos principais de beterraba: a açucareira, que é usada para fazer açúcar; a forrageira, que é usada para alimentar animais; e a beterraba de mesa, a mais popular no Brasil, cujas raízes são consumidas como hortaliças. (Lana et al., 2016).

A beterraba é consumida com frequência em várias partes do mundo. É particularmente apreciada na cozinha e tem grande valor econômico em países da Europa, América do Norte e América do Sul e Ásia (Andrade Filho et al., 2021). Além disso, a beterraba é uma fonte importante de açúcar em países como os Estados Unidos, a Rússia e Brasil, onde a produção de açúcar a partir da beterraba é um componente significativo da indústria sucroalcooleira. Após o processamento industrial da beterraba, as cascas e polpas representam 30 a 40% do peso total da raiz, o que significa que muita biomassa é descartada (Dilucia et al., 2020). Essa biomassa, que é rica em polissacarídeos como a pectina, tem atraído a atenção de pesquisadores e indústrias que estão procurando maneiras sustentáveis de aproveitar os resíduos (Batista, 2004). A extração e o uso da pectina da beterraba podem ajudar a reduzir a quantidade de subprodutos desperdiçados, bem como ajudar a desenvolver materiais que são biodegradáveis e sustentáveis.

A pectina extraída da beterraba apresenta propriedades formadoras de filme, biodegradabilidade e abundância, tornando-a uma alternativa promissora para a produção de materiais sustentáveis (Guo et al., 2023). No entanto, filmes à base de pectina pura têm limitações, como fragilidade e alta solubilidade em água, restringindo suas aplicações em ambientes úmidos (Nesic et al., 2017). Para contornar essas desvantagens, a incorporação de reforços e aditivos é uma estratégia eficaz. O alginato de sódio, um biopolímero natural, tem sido utilizado para aumentar a estabilidade estrutural dos filmes, contribuindo para a formação de filmes mais resistentes. Além disso, a linhaça, rica em fibras e compostos bioativos, pode melhorar as propriedades mecânicas e de barreira dos filmes.

O glicerol é frequentemente utilizado como plastificante, aumentando a flexibilidade do material, mas também pode influenciar nas propriedades de absorção de água (Avelino, 2019). A combinação desses ingredientes permite a

otimização das características do filme, possibilitando sua aplicação em diversas áreas.

Este estudo visa analisar o comportamento de molhabilidade da superfície dos filmes à base de pectina de beterraba reforçados com alginato de sódio, linhaça e glicerol. A caracterização dessa propriedade é fundamental para determinar a viabilidade de uso desses materiais em produtos sustentáveis, contribuindo para o avanço das pesquisas em biomateriais e na valorização de resíduos agrícolas.

2. METODOLOGIA

2.1 Preparação do material

Foi coletado o resíduo de beterraba no restaurante universitário (RU), situado na Rua Félix da Cunha, nº 710, da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Após a coleta, o material fresco foi armazenado em geladeira por 3 dias e, posteriormente, moído em um moedor elétrico (Bene, AF-QL00) até alcançar uma consistência aquosa. Foi realizado um tratamento com álcool etílico, com 100 g do material fresco moído adicionados a 100 mL de álcool etílico (96% PA, Êxodo Científica), em um agitador magnético (Fisatom, 752A), com aquecimento a 70°C e uma rotação de 10 rpm, por 30 minutos, até a completa homogeneização. Após esse período, a mistura foi submetida à centrifugação (Fanem, 206 BL) por 15 minutos a 3600 rpm para efetuar a separação da fração líquida.

2.2 Produção dos filmes

Para a preparação de filmes finos, foram produzidos filmes de beterraba contendo alginato de sódio (10% p/p, base seca) e 0,1 g de glicerol de óleo de soja, e filmes de beterraba contendo linhaça marrom (10% p/p, base seca) e 0,1 g de glicerol, com uma gramatura de 30 g/m². A técnica utilizada para a formação dos filmes é a técnica casting, que consiste no espalhamento da suspensão da amostra sobre uma superfície (placa de poliestireno) e esperar que o solvente evapore completamente até a formação de um filme. Os filmes foram secos com o auxílio de uma estufa a uma temperatura de 35°C por 3 dias. As análises foram realizadas em duplicata para garantir a reprodutibilidade dos resultados.

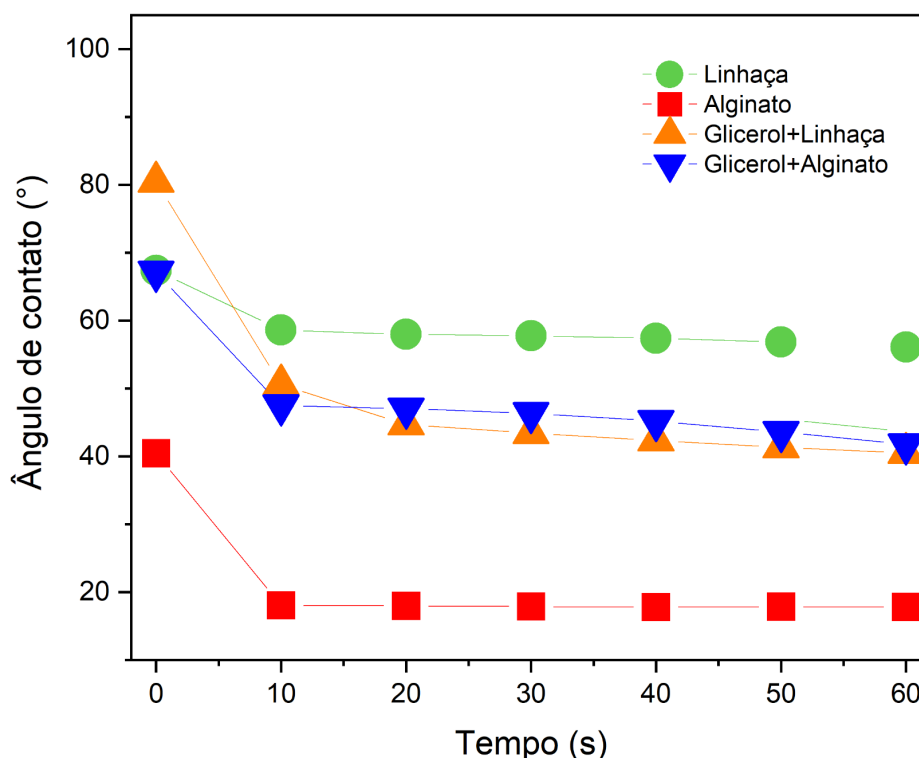
2.3 Análise de molhabilidade

Neste estudo, os filmes foram posicionados sobre uma lâmina de vidro e colocados no equipamento de medição. Com o uso de uma microseringa, uma gota de água destilada foi cuidadosamente depositada sobre a superfície da amostra, e a imagem da gota foi capturada imediatamente após o contato por uma câmera acoplada ao goniômetro. O software de análise foi então utilizado para calcular o ângulo de contato entre a gota e a superfície da amostra ao longo de 60 segundos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do ângulo de contato fornece informações sobre a molhabilidade dos filmes constituídos de beterraba, linhaça marrom e glicerol. Esses filmes foram avaliados a fim de investigar seu comportamento hidrofílico ($\Theta < 90^\circ$) ou hidrofóbico ($\Theta > 90^\circ$), de acordo com os critérios estabelecidos por Rensi (2018) que relacionam o ângulo de contato à molhabilidade. A Figura 1 ilustra a variação do ângulo de contato com água ao longo do tempo para os diferentes filmes.

Figura 1: Resultados dos valores de ângulo de contato dos filmes de beterraba



Como observado na figura, nenhum dos filmes apresentou comportamento hidrofóbico. A análise dos dados mostra que o filme de pectina de beterraba com alginato apresentou o comportamento mais hidrofílico, com um ângulo de contato $< 20^\circ$ logo nos primeiros segundos e mantendo-se constante ao longo do tempo, indicando uma superfície com alta molhabilidade. Já o filme com linhaça e beterraba apresentou ângulos de contato mais elevados, em torno de 60° a 70° .

Os filmes contendo misturas de glicerol (glicerol + linhaça e glicerol + alginato) apresentaram comportamentos intermediários, com ângulos de contato iniciais entre 50° e 60° , que diminuem levemente ao longo de 60 segundos. Isso sugere que o glicerol influencia nas propriedades de molhabilidade, tornando as superfícies ligeiramente mais hidrofílicas em comparação com a linhaça pura (Avelino, 2019).

4. CONCLUSÕES

Este estudo destaca o desenvolvimento de filmes biodegradáveis à base de pectina de beterraba, reforçados com alginato de sódio, linhaça e glicerol, visando reduzir o desperdício de biomassa e propor uma alternativa sustentável para a produção de materiais. A pesquisa demonstrou que a combinação desses compostos melhora as propriedades de absorção de água dos filmes, proporcionando uma solução promissora para aplicações ecológicas. A inovação do trabalho reside na valorização de resíduos e na criação de biofilmes com potencial de aplicação em diversos segmentos, contribuindo para a sustentabilidade e a valoração de resíduos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE FILHO, T. M. de; BITTAR, D. Y. Crescimento e produtividade de beterraba sob adubação nitrogenada. *Ipê Agronomic Journal*, v. 5, n. 1, 2021.

AVELINO, K. R de S. Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis à base de tomate (*Lycopersicon esculentum*). Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2019.

BATISTA, J. A. Desenvolvimento, caracterização e aplicações de biofilmes a base de pectina, gelatina e ácidos graxos em bananas e sementes de brócolos. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, 2004.

DILUCIA, F., Lacivita, V., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2020). Sustainable Use of Fruit and Vegetable By-Products to Enhance Food Packaging Performance. *Foods*, 9(7), 857.

GUO, Q.; YUAN, Y.; HE, M.; ZHANG, X.; LI, L.; ZHANG, Y.; LI, B. Development of a multifunctional food packaging for meat products by incorporating carboxylated cellulose nanocrystal and beetroot extract into sodium alginate films. *Food Chemistry*, Elsevier, 2023.

KANNER, J.; HAREL, S.; GRANIT, R. Betalains: a new class of dietary cationized antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 49, p. 5178-5185, 2001.

LANA, M.M.; SANTOS, F.F.; MATOS, M.J.L.F.; TAVARES, S.A.; MELO, M.F. Hortaliça: como comprar, conservar e consumir. Beterraba. Embrapa Hortaliças, 2016. 2. ed. 2016. Diagramação: Herick Ventura.

NESIC, A.; ONJIA, A.; DAVIDOVIC, S.; DIMITRIJEVIC, S; ERRICO, M. E.; SANTAGATA, G.; MALINCONICO, M. Design of pectin-sodium alginate based films for potential healthcare application: Study of chemico-physical interactions between the components of films and assessment of their antimicrobial activity. *Carbohydrate Polymers*, v. 157, p. 981– 990, 2017.

RENSI, F. R. Estudo da molhabilidade e energia de superfície de revestimentos poliméricos incorporados com partículas de TiO₂ para aplicação como material antincrustante. 2018. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Bacharel em Engenharia Naval) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico de Joinville, Joinville, 2018.