

PARÂMETROS DE SOLUÇÕES POLIMÉRICAS PARA PRODUÇÃO DE FIBRAS ULTRAFINAS CONTENDO LIGNINA E POLI (ÁCIDO LÁTICO) VIA ELECTROSPINNING

MILENA RAMOS VAZ FONTES¹; ELESSANDRA DA ROSA ZAVAREZE²;
ALVARO RENATO GUERRA DIAS³

¹*Universidade Federal de Pelotas (UFPel)* – milenarvf@gmail.com

²*Universidade Federal de Pelotas (UFPel)* – elessandrad@yahoo.com.br

³*Universidade Federal de Pelotas (UFPel)* – alvaro.guerradias@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Electrospinning é uma técnica de eletrofiação que vem sendo muito utilizada na área de nanotecnologia, pois é um processo não térmico relativamente simples, versátil e de baixo custo (QUEK; HADI; TANAMBELL, 2019). Em embalagem de alimentos, o uso de materiais nanoestruturados, como as fibras ultrafinas formadas por esta técnica, pode potencializar suas características funcionais (MOREIRA et al., 2018).

Para a obtenção de tais fibras, convencionalmente é utilizado um único polímero, mas, recentemente, misturas poliméricas com a adição de compostos bioativos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de reforçar o material (KUMAR et al., 2019). A lignina é um polímero polifenólico biodegradável que possui alta estabilidade térmica, com características antioxidantes e antimicrobianas. No entanto, a eletrofiação de soluções de lignina pura se torna inviável devido à sua estrutura complexa (AADIL et al., 2018). Para solucionar esse problema, a adição de polímeros auxiliares como o poli (ácido lático) (PLA), torna-se uma alternativa para proporcionar melhores condições de formação das fibras ultrafinas. O PLA é um polímero natural renovável derivado de fontes vegetais e tem sido um dos biopolímeros mais amplamente utilizados como um material efetivo para produzir fibras ultrafinas via *electrospinning* por ser biodegradável e biocompatível (LIU et al., 2018).

Durante o processo de eletrofiação, os parâmetros da solução, tais como, viscosidade, condutividade elétrica e tensão superficial influenciam diretamente na morfologia e na geometria das fibras ultrafinas. Estes parâmetros estão relacionados com as propriedades físico-químicas dos polímeros, dos solventes e com as interações do tipo polímero-solvente (LI; WANG; XIA, 2004). O grande desafio do processo está na otimização destes parâmetros aliado à otimização das variáveis de voltagem aplicada, taxa de fluxo da solução, concentração do polímero e a distância entre o capilar e o coletor (PILLAY et al., 2013).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar as características das soluções poliméricas quanto à condutividade elétrica e viscosidade aparente para verificar qual o efeito da adição de lignina em diferentes concentrações e quais as melhores condições para a formação de fibras ultrafinas com posterior aplicação em embalagens alimentares.

2. METODOLOGIA

2.1 Materiais

O PLA (Ingeo 4032D) pellets foi adquirido da NatureWorks. A lignina utilizada foi extraída de casca de arroz pelo processo organossolve e cedida pelo Laboratório de Materiais Lignocelulósicos (LAMALI) (FURG).

2.2 Desenvolvimento das soluções poliméricas

Testes preliminares relativos às concentrações dos componentes das soluções foram feitos para avaliação das melhores condições para a produção das fibras ultrafinas e a partir disso, a concentração de PLA foi fixada em 8% (p/v), variando as concentrações de lignina em 0,5, 1,5 e 2,5% (p/v). Para a solubilização, foi utilizada uma mistura de solventes contendo clorofórmio e acetona (3:1).

2.3 Condutividade elétrica e viscosidade aparente

A condutividade elétrica das soluções foi determinada utilizando um condutivímetro (MS TECNOPON, modelo mCA 150P, Brasil), com medições realizadas à temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$).

A viscosidade aparente das soluções foi mensurada pelo viscosímetro digital Brookfield (DV-II + Pro, EUA). Aproximadamente 10 mL da solução foram adicionados em recipiente de aço inoxidável conectado ao viscosímetro. A leitura foi feita em 100 rpm, com *spindle* 0,6, a $25 \pm 2^\circ\text{C}$. As determinações de ambas as análises foram feitas em triplicata.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes às análises de condutividade elétrica e viscosidade aparente estão indicados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de condutividade elétrica e viscosidade aparente das soluções poliméricas contendo PLA (8%) com diferentes concentrações de lignina.

Lignina (% p/v)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Viscosidade aparente (mPa/s)
0	$0,62 \pm 0,01^{\text{d}}$	$129,1 \pm 1,6^{\text{a}}$
0,5	$0,76 \pm 0,01^{\text{c}}$	$100,1 \pm 0,7^{\text{d}}$
1,5	$0,83 \pm 0,01^{\text{b}}$	$120,3 \pm 0,5^{\text{b}}$
2,5	$0,87 \pm 0,01^{\text{a}}$	$130,6 \pm 0,6^{\text{a}}$

Houve uma redução na viscosidade aparente das soluções poliméricas de PLA e lignina em concentrações de 0,5 e 1,5% em relação ao controle (0% lignina). O tratamento com 2,5% não diferiu estatisticamente do controle. Entretanto, à medida que aumentou a concentração de lignina a partir do tratamento com 0,5%, foi possível constatar que houve um aumento gradual da viscosidade, criando complexos de associação e promovendo interações entre o PLA e a lignina (POURSOURKHABI et al., 2014). AGO et al. (2012) relataram que o aumento da concentração de lignina *kraft* em soluções de álcool polivinílico (PVA) também propiciaram o aumento da viscosidade, formando fibras ultrafinas livres de *beads*.

A condutividade elétrica foi aumentada sucessivamente nas soluções poliméricas contendo PLA/lignina (0,5%), PLA/lignina (1,5%) e PLA/lignina (2,5%) diferindo estatisticamente do controle, apresentando valores de $0,76 \pm 0,01$, $0,83 \pm 0,01$, $0,87 \pm 0,01$ e $0,62 \pm 0,01$ $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. Esse comportamento contribuiu para a produção de fibras ultrafinas, pois altas condutividades elétricas exigem menores forças de campo elétrico para estirar a solução polimérica (SILVEIRA, 2014). Ainda, esse desempenho pode ser explicado pela estrutura molecular da lignina, que ao interagir com o solvente (clorofórmio:acetona) pode liberar íons, favorecendo a condutividade elétrica da solução. Ago et al. (2012) também observaram que o aumento da proporção de lignina em nanofibras de PVA resultou em maiores valores de condutividade elétrica.

4. CONCLUSÕES

A presença da lignina aumentou a condutividade elétrica e a partir de 0,5% também ocorreu um aumento na viscosidade aparente, facilitando o processo de eletrofiação na formação de fibras ultrafinas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AADIL, K. R., MUSSATTO, S. I., & JHA, H. Synthesis and characterization of silver nanoparticles loaded poly (vinyl alcohol)-lignin electrospun nanofibers and their antimicrobial activity. **International journal of biological macromolecules**, v. 120, p. 763-767, 2018.
- AGO, M., OKAJIMA, K., JAKES, J. E., PARK, S., & ROJAS, O. J. Lignin-based electrospun nanofibers reinforced with cellulose nanocrystals. **Biomacromolecules**, v. 13, n. 3, p. 918-926, 2012.
- KUMAR, T. S. M., KUMAR, K. S., RAJINI, N., SIENGCHIN, S., AYRILMIS, N., & RAJULU, A. V. A comprehensive review of electrospun nanofibers: Food and packaging perspective. **Composites Part B: Engineering**, p. 107074, 2019.
- LI, D; WANG, Y; XIA, Y. Electrospinning nanofibers as uniaxially aligned arrays and layer-by-layer stacked films. **Advanced materials**, v. 16, n. 4, p. 361-366, 2004.
- LIU, W., DONG, Y., LIU, D., BAI, Y., & LU, X. Nanowhiskers (CNWs) Composite Nanofibers: Microstructural and Properties Analysis. **Journal of Composites Science**, v. 2, n. 1, p. 4, 2018.
- MOREIRA, J. B., DE MORAIS, M. G., DE MORAIS, E. G., DA SILVA VAZ, B., & COSTA, J. A. V. Electrospun polymeric nanofibers in food packaging. In: **Impact of Nanoscience in the Food Industry**. Academic Press, 2018. p. 387-417.
- PILLAY, V., DOTT, C., CHOONARA, Y. E., TYAGI, C., TOMAR, L., KUMAR, P., DESENDO, V. M. A review of the effect of processing variables on the fabrication of electrospun nanofibers for drug delivery applications. **Journal of Nanomaterials**, v. 2013, 2013.

POURSORKHABI, V., MOHANTY, A. K., & MISRA, M. Electrospinning of aqueous lignin/poly (ethylene oxide) complexes. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 132, n. 2, 2015.

QUEK, S. Y., HADI, J., & TANAMBELL, H. Application of Electrospinning as Bioactive Delivery System. **Reference Module in Food Science**, p. 145-149, 2019.

SILVEIRA, J. V. W. D. **Produção e caracterização de fibras eletrofiadas de acetato de celulose com propriedades funcionais obtidas pela incorporação de lignina e óleo essencial de citronela.** 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.