

AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FIBRAS ULTRAFINAS DE ZEÍNA E EXTRATO DE BAGAÇO DE UVA PRODUZIDAS POR *ELECTROSPINNING*

ESTEFANI TAVARES JANSEN¹; ELDER PACHECO DA CRUZ²; LAURA MARTINS FONSECA³; ALVARO RENATO GUERRA DIAS⁴; ELESSANDRA DA ROSA ZAVAREZE⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – estefani_tj@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – elder-pdc@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – laura_mfonseca@hotmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – alvaro.guerradias@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – elessandrad@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

A uva é uma importante cultura produzida ao redor do mundo e pode ser consumida tanto *in natura* quanto processada. O seu beneficiamento pelo processo de vinificação gera uma quantidade considerável de subprodutos (em torno de milhões de toneladas ao ano), constituído principalmente por cascas, polpa e sementes, denominado de bagaço de uva (BONFIGLI et al., 2017; PERTUZATTI et al., 2020).

Esse resíduo agroindustrial compõe cerca de 25% (p/p) das uvas processadas e geralmente é descartado no solo ou utilizado para consumo animal. No entanto, visando seu aproveitamento, bem como atender aos consumidores que buscam por processos industriais sustentáveis, o bagaço de uva pode ser explorado como uma fonte de recuperação de compostos bioativos, uma vez que, em torno de 60 a 65% do conteúdo fenólico das uvas permanecem no bagaço após o processo de produção de suco ou vinho tinto (BONFIGLI et al., 2017; MONTEIRO et al., 2021; PEIXOTO et al., 2018; ROMANINI et al., 2021).

Esses compostos bioativos presentes no bagaço apresentam diversas propriedades de interesse para as indústrias cosmética, farmacêutica e alimentícia devido a suas características, como, por exemplo, atividades antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, antienvelhecimento, antitumoral e cardioprotetora. Porém, os mesmos podem ser facilmente degradados no ambiente, por serem sensíveis a diversos fatores ambientais, tais como calor, variações extremas de pH, luminosidade e ataques enzimáticos (MONTEIRO et al., 2021; PEIXOTO et al., 2018; PINTAĆ et al., 2018).

Portanto, se faz necessário a aplicação de metodologias que protejam e aumentem a estabilidade dos compostos bioativos presentes no bagaço de uva. Neste contexto, uma alternativa é a nanoencapsulação por *electrospinning*, uma técnica simples, versátil e de fácil execução, que produz fibras em escala nanométrica ou micrométrica com alta eficiência de encapsulação. Além disso, essa técnica apresenta diversas outras vantagens, como a ausência do emprego de calor, sendo compatível com compostos termossensíveis (AHMED; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ; GARCÍA, 2020; WEN et al., 2017).

Assim, o objetivo desse trabalho foi produzir fibras ultrafinas de zeína, pela técnica de *electrospinning*, para encapsulação de extrato de bagaço de uva e caracterizar o material obtido quanto a avaliação morfológica e atividade antioxidante.

2. METODOLOGIA

2.1 PREPARO DAS FIBRAS ULTRAFINAS

Soluções poliméricas de zeína 30% (m/v) em etanol 80% (v/v, em água destilada) contendo 0 e 10% (m/m, em zeína na solução polimérica) de extrato de bagaço de uva liofilizado (obtido segundo processo de extração descrito por Prietto et al., 2018) foram preparadas sob agitação magnética por 1 h. Essas soluções foram transferidas para uma seringa plástica acoplada a uma agulha de aço inoxidável e esse conjunto foi utilizado em uma estação horizontal de *electrospinning*. Os seguintes parâmetros foram adotados durante o processo de produção das fibras ultrafinas: diâmetro da agulha 0,8 mm, tensão elétrica 20 kV, fluxo de alimentação 0,6 mL.h⁻¹ e distância da agulha até o coletor 20 cm.

2.2 AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA

A avaliação morfológica das fibras ultrafinas produzidas com zeína pura e extrato de bagaço de uva foi realizada utilizando-se um microscópio eletrônico de varredura (MEV). Foram capturadas micrografias em magnitudes de ampliação de 1.000x e o *software ImageJ* (versão 1.53n7 – 2021) foi utilizado para avaliar o diâmetro médio a partir de medição aleatória de 50 fibras.

2.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE FRENTE AO RADICAL ABTS

A capacidade de eliminação do radical livre ABTS (2,2-azino-bis(3-ethylbenzo thiazoline-6-sulfonic acid)) foi avaliada segundo Fonseca et al. (2019), com algumas adaptações. Pesou-se 15 mg de extrato liofilizado não encapsulado e das fibras ultrafinas de zeína incorporadas com 0 e 10% (m/m, em zeína na solução polimérica) de extrato de bagaço de uva e diluiu-se cada amostra em 750 µL de etanol 80% (v/v, em água destilada). Uma alíquota de 20 µL de cada solução foi adicionada de 280 µL de solução de ABTS com absorvância corrigida. A mistura foi agitada por 30 s e deixada em repouso durante 6 min em temperatura ambiente (25 ± 2 °C) e ao abrigo da luz. Posteriormente, foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 734 nm. Os resultados foram expressos em porcentagem de inibição do radical ABTS, conforme Equação 1.

$$\text{Inibição do radical livre ABTS (\%)} = \frac{\text{ABS}_{\text{branco}} - \text{ABS}_{\text{amostra}}}{\text{ABS}_{\text{branco}}} \cdot 100 \quad \text{Eq. 1}$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A morfologia das fibras ultrafinas de zeína com 0 e 10% (m/m) de extrato de bagaço de uva estão demonstradas na Figura 1. Os parâmetros utilizados durante a execução do processo de eletrospinning propiciaram a formação de fibras ultrafinas lisas, homogêneas, cilíndricas, contínuas e sem a presença de *beads* (Figura 1a). Ainda, a incorporação do extrato de bagaço de uva não foi capaz de afetar negativamente a morfologia e estrutura (Figura 1b), uma vez que as fibras ultrafinas com 10% (m/m) de extrato apresentaram as mesmas características morfológicas supracitadas para as fibras de zeína pura.

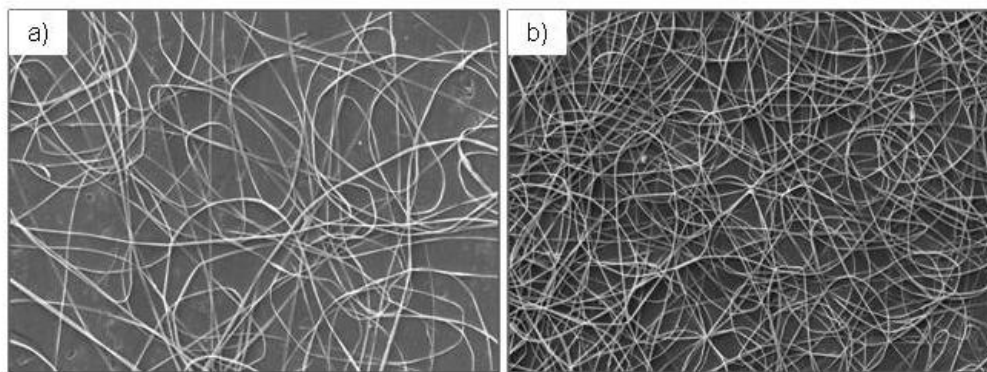


Figura 1 – Morfologia das fibras ultrafinas de zeína incorporadas com 0 e 10% (m/m) de extrato de bagaço de uva.

Em relação a distribuição de tamanho, os diâmetros médios das fibras ultrafinas foram levemente afetados pela adição do extrato de bagaço de uva liofilizado à solução polimérica. As fibras de zeína com 0 e 10% (m/m) de extrato apresentaram diâmetros médios iguais a 495 ± 106 nm e 442 ± 90 nm, respectivamente.

Na análise de atividade antioxidante, o extrato de bagaço de uva não encapsulado apresentou maior capacidade de eliminar o radical livre ABTS, enquanto as fibras de zeína com 10% (m/m) de extrato eliminaram em torno de 48% do mesmo (Tabela 1). Esse comportamento de decréscimo na atividade antioxidante provavelmente pode ser explicado devido a liberação pontual e incompleta dos compostos presentes no extrato a partir das fibras de zeína, visto que a análise mensura apenas o ponto inicial do fenômeno de difusão. Além disso, outro fator que pode ter influenciado nessa discrepância é a diferença de concentrações empregadas para o extrato não encapsulado e o extrato incorporado nas fibras ultrafinas.

Tabela 1 – Atividade antioxidante frente ao radical ABTS para o extrato de bagaço de uva não encapsulado e encapsulado em fibras ultrafinas de zeína com 0 e 10% (m/m) de extrato.

Amostra	Extrato (%) [*]	Inibição do radical ABTS (%)
Extrato não encapsulado	-	$87,5 \pm 0,1$ ^a
Fibras ultrafinas	0	$36,4 \pm 0,6$ ^c
	10	$47,9 \pm 2,2$ ^b

^{*} Concentração de extrato nas fibras ultrafinas expressa em % (m/m, em zeína na solução polimérica);
^{a,b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os dados pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Ainda, a capacidade de eliminar o radical ABTS de aproximadamente 36% das fibras ultrafinas de zeína pura pode ser atribuída a presença de resíduos de aminoácidos que possuem atividade antioxidante tanto na forma livre quanto em resíduos nas proteínas. Além da alta área superficial das fibras ultrafinas, que facilita o contato entre a solução de radicais livres e as paredes da nanoestrutura.

4. CONCLUSÕES

As fibras ultrafinas de zeína, produzidas por *electrospinning*, com 0 e 10% (m/m) de extrato de bagaço de uva apresentaram morfologia contínua e semelhantes, com leve redução no parâmetro diâmetro médio após a incorporação do extrato à solução polimérica de zeína. As fibras com 10% (m/m) de extrato mantiveram a capacidade do extrato não encapsulado de eliminar o radical livre ABTS, constituindo uma alternativa para encapsulação e proteção dos compostos bioativos presentes no mesmo. Diante disso, as fibras ultrafinas de zeína e extrato de bagaço de uva têm potencial para serem aplicadas como agente antioxidante na conservação de alimentos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, G.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, A.; GARCÍA, M. Nano-encapsulation of grape and apple pomace phenolic extract in chitosan and soy protein via nanoemulsification. **Food Hydrocolloids**, v. 108, 105806, 2020.
- BONFIGLI, M.; GODOY, E.; REINHEIMER, M.; SCENNA, N. Comparison between conventional and ultrasound-assisted techniques for extraction of anthocyanins from grape pomace: Experimental results and mathematical modeling. **Journal of Food Engineering**, v. 207, p. 56–72, 2017.
- FONSECA, L.; CRUXEN, C.; BRUNI, G.; FIORENTINI, A.; ZAVAREZE, E.; LIM, L.; DIAS, A. Development of antimicrobial and antioxidant electrospun soluble potato starch nanofibers loaded with carvacrol. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 139, p. 1182–1190, 2019.
- MONTEIRO, G.; MINATEL, I.; PIMENTEL JUNIOR, A.; GOME-GOMEZ, H.; CAMARGO, J.; DIAMANTE, M.; BASÍLIO, L.; TECCHIO, M.; LIMA, G. Bioactive compounds and antioxidant capacity of grape pomace flours. **LWT - Food Science and Technology**, v. 135, 110053, 2021.
- PEIXOTO, C.; DIAS, M.; ALVES, M.; CALHELHA, R.; BARROS, L.; PINHO, S.; FERREIRA, I.; Grape pomace as a source of phenolic compounds and diverse bioactive properties. **Food Chemistry**, v. 253, p. 132–138, 2018.
- PERTUZATTI, P.; MENDONÇA, S.; ALCOLÉA, M.; GUEDES, C.; AMORIM, F.; BECKMANN, A.; GAMA, L.; AMÉRICO, M. Bordo grape marc (*Vitis labrusca*): Evaluation of bioactive compounds *in vitro* and *in vivo*. **LWT - Food Science and Technology**, v. 129, 109625, 2020.
- PINTAČ, D.; MAJKIĆ, T.; TOROVIĆ, L.; ORCIĆ, D.; BEARA, I.; SIMIN, N.; MIMICA-DUKIĆ, N.; LESJAK, M. Solvent selection for efficient extraction of bioactive compounds from grape pomace. **Industrial Crops and Products**, v. 111, p. 379–390, 2018.
- PRIETTO, L.; PINTO, V.; HALAL, S.; MORAIS, M.; COSTA, J.; LIM, L.; DIAS, A.; ZAVAREZE, E. Ultrafine fibers of zein and anthocyanins as natural pH indicator. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, p. 2735–2741, 2018.
- ROMANINI, E.; RODRIGUES, L.; FINGER, A.; CHIERRITO, T.; SCAPIM, M.; MADRONA, G. Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from BRS Violet grape pomace followed by alginate-Ca²⁺ encapsulation. **Food Chemistry**, v. 338, 128101, 2021.
- WEN, P.; ZONG, M.; LINHARDT, R.; FEN, K.; WU, H. Electrospinning: A novel nano-encapsulation approach for bioactive compounds. **Trends in Food Science and Technology**, v. 70, p. 56–68, 2017.