

EFICIÊNCIA DE ENCAPSULAÇÃO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE ÓLEO DE BIOMASSA LARVAL DE MOSCA (*HERMETIA ILLUCENS*) ADICIONADO EM NANOFIBRAS

TAMARA MENDES LEITE SILVA TRINDADE¹; CRISTINA JANSEN ALVES¹;
CAREM PERLEBERG¹; MÔNICA LOPES FERREIRA¹; ELESSANDRA DA ROSA
ZAVAREZE²; CLAUDIO MARTIN PEREIRA DE PEREIRA¹

¹Laboratório de Inovação e Soluções em Química INNOVASCHEM, UFPEl –
tamaramlstrindade2611@gmail.com, cris-jansen@hotmail.com, caremperleberg222@gmail.com,
monicaferreirabrasil@gmail.com, claudiochemistry@gmail.com

²Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial DCTA, UFPEl –
elessandrad@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

No desenvolvimento de bioprodutos, uma das limitações é a conservação do composto de interesse, que pode sofrer degradação pela luz, temperatura e exposição ao oxigênio, durante as etapas de processamento, transporte e armazenamento (HADARUGA et. al, 2014).

Os insetos tem recebido destaque por suas vantagens de produção, dentre elas o rápido crescimento, baixo consumo de água, emissão de baixos níveis de carbono e a possibilidade da utilização de subprodutos orgânicos na sua alimentação (VAN HUIS, 2019). A biomassa larval da mosca soldado negro (*Hermetia Illucens*) possui em média 30% de lipídeos (BOGEVIK, et al. 2022), e o perfil de ácidos graxos do óleo da mosca soldado negro inclui altos níveis de ácido láurico, sendo conhecido pelo seu efeito antioxidante e antimicrobiano (SRISUKSAI et al., 2024). No entanto, o caráter hidrofílico e a insolubilidade em água dificultam a inserção desse óleo em diferentes matrizes, limitando sua aplicação.

A encapsulação de moléculas bioativas é capaz de contornar esse problema, protegendo e reduzindo a perda desses compostos, além de proporcionar o aumento da sua solubilidade, e a bioacessibilidade no trato gastrointestinal (VERGALLO, 2020). A encapsulação por *electrospinning* é uma técnica simples e versátil, na qual são produzidas fibras com diâmetros na ordem de nanômetros ou micrômetros (RAHMATI et al., 2021). Este processo utiliza um campo eletromagnético gerado por uma fonte de alta tensão, uma bomba com seringa e um coletor. Com o aumento da voltagem, o campo eletromagnético estica a gota de fluido na ponta do capilar, formando uma fibra sólida no coletor, à medida que o solvente da solução polimérica evapora durante a eletrofiação (GHORBANI et. al, 2016).

Este trabalho teve como objetivo encapsular o óleo de biomassa larval da mosca soldado negro através da técnica de *electrospinning*, e analisar a eficiência de encapsulação e capacidade antioxidante das fibras produzidas.

2. METODOLOGIA

A extração do óleo de mosca soldado negro foi realizada por extrator de Soxhlet, por 4 horas a 40 °C, com hexano (AOAC 1997). Ao final da extração, o solvente foi evaporado em rotaevaporador (Buchi, Rotavapor R11) e o material foi filtrado a fim de eliminar resíduos sólidos.

Para as formulações, primeiramente foi preparada a solução de zeína (25% e 20% p/v), e diluídas em etanol:água 70:30 (v/v), mantido em agitação até a

solubilização do polímero, por no mínimo 3 horas. Após, foi adicionado o óleo em 3 concentrações (15%, 30% e 45% p/p em relação ao peso da zeína). Para a produção da fibra controle (sem adição de óleo) foi preparada uma solução de zeína (20 e 25% p/v).

A produção das fibras por *electrospinning* utilizou uma taxa de alimentação de 0,6 mL/h, e diâmetro de agulha de 0,7 mm. As soluções poliméricas foram inseridas em seringas de 3 MI, e adicionada a uma bomba de infusão (KD Scientific, Model 100, Holliston, Inglaterra) para controle da taxa de fluxo. O processo de encapsulação foi realizado através da utilização de um eletrodo positivo, conectado a uma fonte de alta tensão entre 20 a 22Kv com corrente contínua (INSTOR, INSES-HV30, Brasil) (KRUMREICH et al., 2019).

A capacidade redutora de ferro por FRAP foi determinada de acordo com o método descrito por da SILVA et al. (2013), com algumas modificações. O reagente FRAP será preparado na proporção 1:1:10 com solução de TPTZ 10 mM, solução de cloreto férrico 20 mM e solução tampão de acetato de sódio 0,25 M, pH = 3,5, respectivamente. As amostras foram mantidas em banho-maria a 37 °C por 30 min. Após, foi realizada a leitura da absorbância no comprimento de onda a 595 nm em espectrofotômetro (JENWAY 6705 UV/Vis, Espanha). A quantificação foi baseada em uma curva de calibração obtida usando Trolox ($y = 0,0017x + 0,2487$, $R^2 = 0,992$).

A eficiência de encapsulamento (EE) foi determinada pelo teor de ácido láurico (composto majoritário presente no óleo expresso em mg/mL) presente nas fibras e no óleo BSFL. O teor de ácido láurico presente na superfície das fibras foi determinado usando 10 mg de fibras e homogeneizados com 2 mL de hexano P.A. por 2 minutos em agitador vortex (KASVI, K45-2820, Brasil), e após feita a derivatização (MOSS et al., 1974). A EE foi calculada conforme a Eq. (1).

$$EE (\%) = \frac{ELA - SLA}{ELA} \times 100 \quad (1)$$

ELA representa o teor de ácido láurico (mg/mL) do óleo de mosca soldado negro encapsulado nas fibras, e SLA é o teor de ácido láurico da superfície (mg/mL) (não encapsulado).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de EE são fornecidos na Tabela 1. No geral, as nanofibras de zeína com óleo apresentaram altos percentuais de EE calculadas com base no ácido láurico (C12:0) presente no óleo e nas fibras. Isso sugere alta eficiência do encapsulamento do óleo por *electrospinning*. O que pode ser atribuído as condições da técnica de encapsulação utilizada, que utiliza temperatura ambiente, diferindo de outras técnicas de encapsulação. Além disso, as propriedades da zeína como excelente material encapsulante para diversos compostos é um fator importante (LUDUVICO et al., 2024).

Para as fibras com 20% de zeína a melhor EE foi com adição de 30% (92,47%), e entre as concentrações de 15 e 45% não houve diferença estatística ($p < 0,05$). No entanto, as nanofibras produzidas com 25% de zeína sofreram diminuição na EE à medida que aumentou a quantidade de óleo adicionado, sendo a fibra com 15% de óleo a com maior EE, de 99,70% ($p < 0,05$). Porém, nas fibras com 30 e 45% de óleo, não houve diferença significativa entre elas no EE ($p > 0,05$), sendo 91,58% e 91,54%, respectivamente ($p > 0,05$).

Resultados diferentes foram observados no estudo de LUDUVICO et al. (2024) ao encapsular ácido tânico com zeína por eletrofiação, pois à medida que o aumento da concentração de ácido tânico, aumentava também a EE, variando de 96,5% a 97,4%. Uma hipótese é de que nas altas concentrações de óleo adicionado, ocorreu uma saturação da capacidade de encapsulamento do óleo das fibras.

Tabela 1. Resultados da eficiência de encapsulação e atividade antioxidante das nanofibras de zeína incorporadas com óleo de mosca soldado negro.

Nanofibras	Eficiência de encapsulação (%) (de ácido láurico)	Atividade Antioxidante FRAP ($\mu\text{mol TE/mg}$)
20% controle	-	118,0 \pm 29,52 ^b
20% zeína + 15% óleo	91,56 \pm 0,01 ^c	219,55 \pm 61,58 ^{ab}
20% zeína + 30% óleo	92,47 \pm 0,02 ^b	285,57 \pm 63,61 ^a
20% zeína + 45% óleo	91,59 \pm 0,01 ^c	305,59 \pm 25,23 ^a
25% controle	-	124,45 \pm 12,61 ^b
25% zeína + 15% óleo	99,70 \pm 0,05 ^a	205,04 \pm 39,14 ^{ab}
25% zeína + 30% óleo	91,58 \pm 0,03 ^c	210,51 \pm 44,21 ^{ab}
20% zeína + 45% óleo	91,54 \pm 0,02 ^c	222,12 \pm 24,35 ^{ab}

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Não houve uma relação direta entre o aumento da EE e a capacidade antioxidante. Os resultados da capacidade antioxidante (Tabela 1) indicaram que conforme aumentava a quantidade de óleo adicionado as fibras, aumentava também a atividade antioxidante das fibras produzidas com 20% de zeína. Fibras com 20% de zeína e 30 e 45% de óleo apresentaram as maiores atividades antioxidantes pelo método FRAP ($p \leq 0,05$). No entanto, o mesmo não ocorreu para as fibras produzidas com 25% de zeína. Não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre a quantidade de óleo adicionado para as fibras com 25% de zeína.

Estudos anteriores atribuíram a atividade antioxidante do óleo de mosca soldado negro ao seu alto teor de ácidos graxos saturados, principalmente ácido láurico (SRISUKSAI et al., 2024). Assim, os resultados mostram que o óleo de mosca soldado negra possui ácidos graxos com atividade antioxidante em sua composição, como ácido láurico e ácido linoleico que provavelmente quando adicionados em maiores concentrações (a partir de 30%) nas nanofibras, podem doar elétrons para radicais livres.

4. CONCLUSÕES

Foi possível encapsular o óleo de biomassa larval da mosca soldado negro pela técnica de electrospinning. As nanofibras apresentaram alta EE e capacidade antioxidante. As nanofibras com 20% de zeína com as concentrações de 30 e 45% de óleo se mostraram promissoras para futuras aplicações e testes antimicrobianos. Esses resultados demonstram o potencial desse bioproduto em aplicações biotecnológicas, alimentícias e farmacêuticas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. **Association of Official Analytical Chemists International Official Methods of Analysis**. 16th Edition, AOAC, Arlington. 1997.
- BOGEVIK, A. S.; SEPPÄNEN-LAAKSO, T.; SAMUELSEN, T. A.; THORESEN, L. Fractionation of oil from black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.124, n.5, p. 1–6, 2022.
- GHORBANI, F.; NOJEHDEHYAN, H.; ZAMANIAN, A.; GHOLIPOURMALEKABADI, M.; MOZAFARI, M. Synthesis, physico-chemical characteristics and cellular behavior of poly (lactic-co-glycolic acid)/gelatin nanofibrous scaffolds for engineering soft connective tissues. **Advanced Materials Letters**, v.7, n.2, p. 163-169, 2016.
- HADARUGA, D.I.; HADARUGA, N.G.; COSTESCU, C.I.; DAVID, I.; GRUIA, A.T. Thermal and oxidative stability of the *Ocimum basilicum* L. essential oil/ β -cyclodextrin supramolecular system. **Beilstein Journal of Organic Chemistry**, v.10, n.1, p. 2809-2820, 2014.
- KRUMREICH, F. D.; PRIETSCH, L. P.; ANTUNES, M. D.; JANSEN-ALVES, C.; MENDONÇA, C. R. B.; BORGES, C. D.; ZAVAREZE, E. DA R.; ZAMBAZI, R. C. Avocado Oil Incorporated in Ultrafine Zein Fibers by Electrospinning. **Food Biophysics**, v.14, n. 4, p. 383–392, 2019.
- LUDUVICO, K. P.; RADÜNZ, M.; HACKBART, H. C. DOS S.; BONA, N. P.; PEDRA, N. S.; CHITOLINA, M. R.; ZAVAREZE, E. DA R.; SPANEVELLO, R. M.; STEFANELLO, F. M. Electrospinning and electrospinning of tannic acid-loaded zein: Characterization and antioxidant effects in astrocyte culture exposed to *E. coli* lipopolysaccharide. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.267, 2024.
- MOSS, C. W.; LAMBERT, M. A.; MERWIN, W. H. Comparison of Rapid Methods for Analysis of Bacterial Fatty Acids. **Applied Microbiology**, v.28, n.1, p. 80–85, 1974
- MUNTEANU, B. S.; VASILE, C. Encapsulation of Natural Bioactive Compounds by Electrospinning—Applications in Food Storage and Safety. **Polymers**, v.13, n. 21, p. 1-28, 2021.
- RAHMATI, M.; MILLS, D. K.; URBANSKA, A. M. Progress in Materials Science Electrospinning for tissue engineering applications. **Progress in Materials Science**, v. 117, n. July 2020, p. 100721, 2021.
- SRISUKSAI, K.; LIMUDOMPORN, P.; KOVITVADHI, U.; THONGSUWAN, K.; IMARAM, W.; LERTCHAIYONGPHANIT, R.; SAREEPOCH, T.; KOVITVADHI, A.; FUNGFUANG, W. Physicochemical properties and fatty acid profile of oil extracted from black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). **Veterinary World**, v.17, n.3, p. 518–526, 2024.
- VAN HUIS, A. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: A review. **Journal of Insects as Food and Feed**, 2019.
- VERGALLO, C. Nutraceutical vegetable oil nanoformulations for prevention and management of diseases. **Nanomaterials**, v. 10, n. 6, p. 1232, 2020.
- ZHAN, W.; Peng, H.; XIE, S.; DENG, Y.; ZHU, T. Yao Deng , Ti Yuhui Cui , Haiqing Cao , Zheng Tang , Min Jin , Qicun Zhou Fish and Shellfish Immunology Dietary lauric acid promoted antioxidant and immune capacity by improving intestinal structure and microbial population of swimming crab (*Portunus trituberculatus*). **Fish and Shellfish Immunology**, v.151, n.July, p. 109739, 2024.