

EXTRAÇÃO E PURIFICAÇÃO DA FIBROÍNA DE SEDA PARA USO EM BIOMATERIAIS

Autores: Athos de Oliveira Sabino¹, Nicolly Soares Ferreira¹, Gabriel de Oliveira Moura¹, Irlon Maciel Ferreira², Mariana Drummond Costa Ignacchiti¹, Juliana Alves Resende¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre – ES, Brasil. oliveiraathos223@gmail.com, ni.colly_ferreira@hotmail.com, gabrieloliveiramoura@gmail.com, juliana.resende@ufes.br, mariana.ignacchiti@ufes.br

² Universidade Federal do Amapá, Colegiado de Química, Macapá, AP – Brasil. Irlon.ferreira@gmail.com

Resumo

A fibroína de seda, proteína obtida do casulo do bicho-da-seda (*Bombyx mori*), apresenta propriedades como alta resistência mecânica, biocompatibilidade e biodegradabilidade, o que a torna promissora para aplicações biomédicas. Este estudo realizou a extração e purificação da fibroína por meio da remoção da sericina com solução de Na_2CO_3 , solubilização em solução ternária ($\text{H}_2\text{O}:\text{EtOH}:\text{CaCl}_2$), seguida de diálise e centrifugação. O protocolo empregado resultou em uma fibroína pura, homogênea e estável, adequada para posterior utilização. Os resultados confirmam a eficiência do método e estabelecem bases para futuras aplicações em engenharia de tecidos, sistemas de liberação controlada de fármacos e desenvolvimento de dispositivos médicos sustentáveis.

Palavras-chave: *Bombyx mori*, Fibroína de seda, Biomateriais, Extração e purificação.

Curso: Graduação em Farmácia

Introdução

O desenvolvimento de biomateriais inovadores e sustentáveis tem se tornado uma prioridade crescente na medicina, especialmente nas áreas de terapias regenerativas, sistemas de liberação de fármacos e dispositivos médicos. Nesse cenário, a fibroína de seda, proteína extraída do casulo da *Bombyx mori* (Bicho-da-seda), tem se destacado por suas características únicas, como alta resistência mecânica, biocompatibilidade, biodegradabilidade controlável e baixo índice de toxicidade. Esses atributos tornam a fibroína um biomaterial promissor para uma variedade de aplicações biomédicas (Ma; Ke, et al., 2025).

Com um histórico milenar de uso em diferentes culturas, a fibroína tem sido empregada principalmente em suturas, devido à sua resistência e segurança biológica. Recentemente, pesquisadores passaram a explorar a utilização dessa proteína em novas formas, como filmes poliméricos, que apresentam grande potencial para aplicações em engenharia de tecidos. Além disso, a fibroína também tem sido estudada para a construção de sistemas que possibilitem a liberação controlada de medicamentos, tornando os tratamentos mais precisos e eficientes (Borah et al., 2023).

Uma das abordagens mais recentes no desenvolvimento de biomateriais é o uso de filmes de fibroína, que podem servir como suportes para a regeneração de tecidos danificados ou até mesmo como sistemas para a entrega controlada de fármacos. Esses filmes oferecem uma superfície biocompatível e estável, capaz de fornecer suporte mecânico às células, além de permitir um controle mais efetivo sobre a liberação dos agentes terapêuticos, otimizando os tratamentos. Essa versatilidade abre portas para o desenvolvimento de soluções inovadoras na medicina personalizada (Bernardo et al., 2021). Desta forma o objetivo deste estudo é realizar a extração e purificação da fibroína de seda, com a finalidade de obter a proteína em sua forma isolada e padronizada, estabelecendo as bases para investigações de suas propriedades físico-químicas e potenciais aplicações como biomaterial.

Metodologia

O protocolo foi realizado de acordo com Ferreira et al. (2017). O casulo do bicho-da-seda (3,0 g) foi transferido para 500 mL de uma solução de Na_2CO_3 a 2 %, pré-aquecida a 100 °C e agitada por 30

min. O material sólido foi separado por filtração e então lavado com água destilada (3×1000 mL). Finalmente, a fibra foi colocada em uma estufa para secar (70°C) por 24 h. Após essa fase, 50 mL de uma solução ternária de $\text{H}_2\text{O}:\text{EtOH}:\text{CaCl}_2$ (proporção molar 8:2:1) foram empregados para solubilizar a fibroína. Em seguida, a fibroína foi transferida para um tubo de diálise de celulose com limite de exclusão de 16 kDa e submetida à diálise em água por 3 dias à temperatura ambiente. A água utilizada na diálise foi substituída a cada dia. A solução de fibroína foi conservada a uma temperatura de 10°C . A solução de fibroína foi submetida à centrifugação (6000 rpm por 10 min) para eliminar impurezas e partículas de maior tamanho. A solução de fibroína foi diluída em água destilada até atingir uma concentração de 5% (p/p). Para determinação da concentração final, 1 mL da solução de fibroína foi pesado e deixado em estufa até massa constante.

Resultados

O procedimento de extração resultou em um volume de 120 mL de fibroína pura, com concentração final de 10 mg/mL. A Figura 1 apresenta de forma clara e ilustrativa as etapas cruciais para a obtenção da fibroína de seda em sua forma totalmente purificada. A fibroína extraída exibiu características físicas altamente satisfatórias, com uma coloração branca opaca e uma textura homogênea, sinais evidentes de sua alta pureza e da preservação da integridade estrutural do material durante todo o processo de purificação. A fase de secagem, realizada a 70°C , mostrou-se eficaz na remoção da umidade presente, sem ocasionar degradação significativa da fibroína, o que confirma a adequação do método utilizado, alinhado aos protocolos de extração amplamente reconhecidos na literatura especializada.

Figura 1- Etapas do processo de extração e purificação da fibroína de seda.



Fonte: o autor

Discussão

O processo de extração e purificação da fibroína de seda demonstrou ser eficaz em várias etapas cruciais. A remoção da sericina, uma proteína que recobre a fibroína, é essencial para garantir a biocompatibilidade do material. A sericina, apesar de possuir aplicações farmacêuticas e cosméticas, pode induzir respostas imunológicas indesejadas quando presente em excesso, o que a torna um obstáculo importante no desenvolvimento de biomateriais de alta qualidade (Rockwood *et al.*, 2011). A

remoção da sericina foi confirmada pela observação visual das fibras após o tratamento com Na_2CO_3 , que resultaram em uma coloração branca opaca e homogênea, indicativa de alta pureza. A solubilização da fibroína em solução ternária, seguida de diálise e centrifugação, também contribuiu para a eliminação de impurezas, evidenciada pela clarificação da solução após a centrifugação. A centrifugação foi responsável pela remoção de partículas de maior tamanho, resultando em uma solução de fibroína mais limpa, estável e pronta para processos subsequentes de fabricação de biomateriais, como a formação de esferas.

O processo de solubilização em solução ternária, seguido de diálise e centrifugação, foi eficiente na remoção de sais residuais e impurezas. Embora a análise espectroscópica para comprovação quantitativa da remoção de impurezas não tenha sido realizada, os resultados observacionais e as características físicas da solução sugerem uma purificação eficaz. Esses achados estão alinhados com estudos recentes que destacam a diálise como etapa crucial para garantir a qualidade da fibroína e sua posterior utilização em biomateriais (Le *et al.*, 2024).

Estudos anteriores sugerem que diferentes protocolos podem ser utilizados na extração de fibroína de seda, como o uso de ácido fórmico ou a remoção da sericina por métodos enzimáticos. Entretanto, o protocolo utilizado neste estudo, que combina Na_2CO_3 e uma solução ternária, se mostrou simples, eficaz e eficiente, além de apresentar vantagens em termos de tempo e custo. Comparativamente, protocolos que envolvem a utilização de ácidos ou enzimas costumam ser mais complexos e onerosos (Yan *et al.*, 2024; Sabarees *et al.*, 2024).

A fibroína obtida neste estudo reúne propriedades fundamentais, como biocompatibilidade, resistência mecânica e biodegradabilidade controlável. Essas características a tornam altamente promissora para o desenvolvimento de biomateriais avançados. Embora as análises físico-químicas detalhadas ainda sejam necessárias, estudos anteriores já indicam que a fibroína possui as propriedades necessárias para ser utilizada em uma variedade de aplicações biomédicas. A partir dessa matriz de fibroína, é possível produzir diferentes formas, como hidrogéis, filmes e nanopartículas, que podem ser aplicadas em áreas como engenharia de tecidos, regeneração celular, cicatrização de feridas, sistemas de liberação controlada de fármacos e dispositivos médicos implantáveis (Le *et al.*, 2024). A eficácia desses sistemas depende diretamente da qualidade da fibroína extraída, reforçando a importância do protocolo estabelecido neste trabalho.

Diversos estudos recentes têm explorado a fibroína de seda na produção de biomateriais inovadores. No estudo de Yan *et al.* (2024), hidrogéis de fibroína incorporados a nanopartículas de prata e rGO (grafeno reduzido) formaram curativos fototérmicos injetáveis que aceleraram a cicatrização de feridas infectadas. Sabarees *et al.* (2024) produziram nanofibras eletrofiadas funcionalizadas com derivados de quercetina, que potencializaram o fechamento de feridas devido às suas propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias. Jafarbeglou *et al.* (2024) desenvolveram um hidrogel de fibroína e quitosana com vancomicina e quercetina em nanopartículas de PLGA (ácido polilático-co-glicólico) para o tratamento de osteomielite crônica causada por MRSA (*Staphylococcus aureus* resistente à metilicina), combinando suporte estrutural com liberação controlada de fármacos.

Dessa forma, os resultados apresentados confirmam a viabilidade da extração e purificação da fibroína de seda, apontando para seu potencial estratégico no desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis. Essas soluções estão alinhadas com as necessidades da medicina regenerativa, nanotecnologia aplicada à saúde e terapias personalizadas (Wani *et al.*, 2022).

Conclusão

A extração e purificação da fibroína de seda (*Bombyx mori*) mostraram-se eficazes, resultando em um biomaterial puro, homogêneo e estável. Essas características reforçam o potencial da fibroína como biomaterial promissor para aplicações biomédicas, como engenharia de tecidos, liberação controlada de fármacos e desenvolvimento de dispositivos médicos. Os achados estabelecem uma base sólida para investigações futuras voltadas à caracterização físico-química detalhada e à avaliação de seu desempenho em diferentes contextos biomédicos.

Referências

BERNARDO, M. P. *et al.* Processamento e aplicação de biomateriais poliméricos: avanços recentes e perspectivas. **Química Nova**, v. 44, n. 10, p. 1311-1327, 2021.

BORAH, S. *et al.* Sustainable dyeing of mulberry silk fabric using extracts of green tea (*Camellia sinensis*): extraction, mordanting, dyed silk fabric properties and silk-dye interaction mechanism. **Industrial Crops and Products**, v. 205, p. 117517, 2023.

DEBARI, M. K. *et al.* Silk fibroin as a green material. **ACS Biomaterials Science & Engineering**, v. 7, n. 8, p. 3530-3544, 2021.

FERREIRA, I. M. *et al.* Immobilization of Amano lipase from *Pseudomonas fluorescens* on silk fibroin spheres: an alternative protocol for the enantioselective synthesis of halohydrins. **RSC Advances**, v. 7, n. 21, p. 12650-12658, 2017.

JAFARBEGLOU, M. *et al.* Silk fibroin/chitosan thiourea hydrogel scaffold with vancomycin and quercetin-loaded PLGA nanoparticles for treating chronic MRSA osteomyelitis in rats. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 666, p. 124826, 2024.

MA, K. *et al.* Application of silk fibroin-based composite films in biomedicine and biotechnology. **Journal of Materials Chemistry B**, 2025.

ROCKWOOD, D.; PREDA, R.; YÜCEL, T. *et al.* Fabricação de materiais a partir da fibroína da seda de *Bombyx mori*. **Nature Protocols**, v. 6, p. 1612-1631, 2011.

SABAREES, G. *et al.* Fabrication of Quercetin-Functionalized Morpholine and Pyridine Motifs-Laden Silk Fibroin Nanofibers for Effective Wound Healing in Preclinical Study. **Pharmaceutics**, v. 16, n. 4, p. 462, mar. 2024.

WANI, S. U. D. *et al.* Silk fibroin as an efficient biomaterial for drug delivery, gene therapy, and wound healing. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 22, p. 14421, 2022.

YAN, S. *et al.* A hydrogel dressing comprised of silk fibroin, Ag nanoparticles, and reduced graphene oxide for NIR photothermal-enhanced antibacterial efficiency and skin regeneration. **Advanced Healthcare Materials**, v. 13, n. 23, p. e2400884, 2024.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.