

IMPRESSÃO 3D DE POTENCIAIS ENXERTOS ÓSSEOS ATIVOS A BASE DE HIDROGÉIS DE AMIDO E URUCUM; UMA PROPOSTA NO CONTEXTO DE BIORREFINARIA

Axel dos Santos Fernandes

Pedro Augusto Invernizzi Sponchiado

Bianca Chierigato Maniglia

Instituto de Química de São Carlos

axel.fernandes@usp.br

Objetivos

O corante de urucum, extraído da camada externa da semente, destaca-se na indústria de alimentos, sendo obtido por imersão em óleo vegetal, solução alcalina ou solventes orgânicos [1]. Além de sua função como corante, devido à presença de compostos como carotenoides, norbixinas e bixinas, o urucum apresenta propriedades antioxidantes, hipoglicemiantes e hipotensoras, tornando-se um potencial aditivo ativo para biomateriais[2]. Este trabalho tem como objetivo produzir biomateriais impressos com propriedades ativas, utilizando hidrogéis de amido e urucum a partir do extrato da semente (extração com solução alcalina (EU)), farinha do resíduo laboratorial (RL) e resíduo industrial (RI).

Métodos e Procedimentos

Os reagentes utilizados foram de pureza analítica. O amido de batata foi doado pela Ingredion LTDA (Mogi Guaçu, Brasil), as sementes de urucum pela Planeta Sementes (Brasil), e a farinha residual de urucum (RI) pela NewMax (Americana, Brasil). O extrato de urucum (EU) foi extraído alcalinamente com KOH, conforme Nachtigall et al. [3]. Hidrogéis de amido (10 g/100 g, 85 °C por 30 min) foram produzidos sem urucum (B) e com adição de

1%, 5% e 10% de resíduo e extrato de urucum. Os hidrogéis foram moldados e caracterizados quanto à firmeza e coesão (TATX Plus) e cor (Chroma Meter CR-400). Biomateriais cilíndricos (20 mm x 20 mm x 2 mm) foram impressos em 3D com 20% de preenchimento, 10 mm/s de velocidade e bocal de 1.2 mm. Após a impressão, foram congelados, liofilizados e armazenados. As propriedades de intumescimento e mecânicas (compressão) foram avaliadas. A análise estatística (ANOVA) foi complementada pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados

A análise centesimal mostrou que o resíduo industrial (RI) teve menor teor de lipídeos (RI 3,02%, RL 1,60%), indicando maior eficiência do processo industrial na extração. Entretanto, o RL apresentou maior teor de amido (RI 15,99%, RL 19,02%), o que pode auxiliar na estruturação dos hidrogéis. Visualmente (Figura 1), a coloração variou com a adição de RL (tons mais amarelos) e EU (tons mais laranja), devido à bixina e norbixina, que conferem cores avermelhadas e amareladas, respectivamente [5]. A adição de EU e RL melhorou a imprimibilidade, especialmente a 10% (97% dos poros impressos). O intumescimento dos biomateriais variou de 40 a 60%, com destaque para EU (1% e 5%).

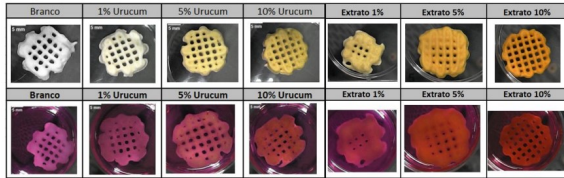


Figura 1:Aspecto visual após impressão e após intumescimento.

A energia de coesão dos hidrogéis não apresentou alterações significativas com a adição de RL em comparação ao branco. Contudo, a adição de EU resultou em uma redução significativa na força de coesão, especialmente a 1%. Essa redução comprometeu a imprimibilidade das amostras com 1% e 5% de extrato, pois a menor coesão afetou a estabilidade do hidrogel durante a impressão e a qualidade da resolução das peças. Em contraste, amostras com 10% de extrato mostraram uma melhoria considerável na resolução da impressão, indicando que a redução da coesão facilitou o processamento. Além disso, o extrato aumentou a resistência mecânica, sendo a maior diferença observada na amostra com 1% de extrato (EU_1%: 90 N, Branco: 60 N).

Conclusões

O estudo revelou que tanto o resíduo quanto o extrato de urucum melhoraram o processamento, imprimibilidade e propriedades mecânicas dos biomateriais, com melhores resultados observados para 5% de RL e 10% de EU. Além disso, ambos os materiais contribuíram com cor, associada aos compostos ativos presentes. Embora os resultados indiquem um grande potencial, são necessários estudos adicionais para avaliar o real potencial desses biomateriais.

Agradecimentos

À Universidade de São Paulo pelas bolsas concedidas através do Programa Unificado de Bolsas de Estudo (PUB-USP). Ao Instituto de Química de São Carlos e ao Laboratório e ao Laboratório de Biopolímeros e Fotoquímica

Referências

- [1] SOUSA, Rayssilane Cardoso De; VIANA, Vicente Galber Freitas; CARVALHO, Luiz Fernando Meneses; VASCONCELOS, Daniel Fernando Pereira. Uso de Poli-hidroxibutirato e Norbixina como Biomaterial para Regeneração Óssea: um mapeamento tecnológico. **Cadernos de Prospecção**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 805, 2020. DOI: 10.9771/cp.v13i3.30513.
- [2] TOLEDO, Caroline Diodato De; TEIXEIRA, Douglas Almeida; ARCHANJO, Elisabeth da Vitória; PEREIRA, Felipe Fernando; SIQUEIRA, Fernanda Cristina; MININEL, Francisco José; LIMA, Jean Soares De; SILVEIRA, Kelly da Mota. Revisitação dos Métodos de Extração de Pigmentos do Urucum. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, [S. l.], v. 16, n. 16, p. 24–29, 2021. DOI: 10.17921/1890-1793.2021v16n16p24-29.
- [3] AUGUSTO, Pedro; SPONCHIADO, Invernizzi. **Impressão 3D de scaffolds ósseos a base de amido de batata modificado por aquecimento a seco**. [s.l.: s.n.].
- [4] NACHTIGALL, Aline Manke; SILVA, Pollyanna Ibrahim; BERTOLDI, Michele Corrêa; STRINGHETA, Paulo Cesar. Estudo da saponificação em pigmentos de urucum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S. l.], v. 29, n. 4, 2009. DOI: 10.1590/s0101-20612009000400027
- [5] INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 27-28.