ENCAPSULAMENTO PARA REUTILIZAÇÃO DE *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* UTILIZANDO *BEADS* DE ALGINATO

Samuel Wihby Sipoli (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Marcos R. Guilherme (PQ), Andrelson W. Rinaldi (PQ), Emerson Marcelo Girotto Spagnolo (Orientador).
E-mail: emgirotto@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá, PR.

Química, Polímeros e Colóides

Palavras-chave: Materiais poliméricos; Fermentação; Catalisador reutilizável.

RESUMO

A indústria cervejeira gera alto consumo energético, custos e impactos ambientais, especialmente nas etapas de purificação e tratamento de efluentes. Além disso, a levedura *Saccharomyces cerevisiae* utilizada na fermentação é geralmente descartada após o processo, causando perdas econômicas e possíveis impactos ambientais. Assim, propõe-se o desenvolvimento de *beads* de alginato de cálcio para encapsular e facilitar a recuperação e reutilização da levedura em diferentes fermentações. Os materiais foram avaliados por análises espectroscópicas e as bandas características dos materiais foram atribuídas em 1600 cm^{-1}, 1412 cm^{-1} e 1024 cm^{-1}.

INTRODUÇÃO

De acordo com Ullah et al. (2015), hidrogéis são polímeros hidrofílicos reticulados capazes de absorver grandes quantidades de água, sendo aplicados em diferentes áreas, incluindo o encapsulamento de microrganismos. Kapoor et al. (2025) afirmam que entre os polímeros naturais, destaca-se o alginato, um polissacarídeo formado por unidades de β-D-manuronila e α-L-guluronila. Gregor et al. (1973) afirmam que na presença de cátions divalentes, principalmente Ca^{2+}, ocorre a reticulação do polímero, formando géis pelo modelo “caixa de ovos”, o que possibilita a produção de *beads*.

A *Saccharomyces cerevisiae* é amplamente utilizada em processos fermentativos, como a produção de cerveja e etanol. Entretanto, a utilização de células livres dificulta sua recuperação e reutilização após a fermentação. Nesse contexto, o encapsulamento em alginato pode favorecer a retenção e a reutilização das células, além de facilitar sua separação do meio. Assim, este trabalho relata o desenvolvimento de *beads* de alginato de cálcio contendo *S. Cerevisiae*, avaliando a influência das concentrações de alginato e Ca^{2+} nas características do material.

MATERIAIS E MÉTODOS

O alginato foi solubilizado em 10,0 mL de água (1,0 – 2,0 %) com ultrassom. A levedura (5%) foi reativada em 10,0 mL de água por 30 min e adicionada ao alginato. A mistura foi gotejada em soluções contendo íons Ca^{2+} (2,5 – 7,5 %), formando as *beads*. Foram avaliadas diferentes proporções de alginato e Ca^{2+}.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o desenvolvimento do projeto foram estudadas nove formulações distintas das *beads* de maneira a avaliar os efeitos da concentração de alginato e de íons cálcio (II) no material. De acordo com Ishak (2007), foram propostas concentrações de alginato que variam de 1,0 a 2,0 % em massa, enquanto a concentração de íons cálcio (II) variou de 2,5 a 7,5 % em massa. As proporções utilizadas estão apresentadas na Tabela 1, sendo que a coluna “concentração levedura” se refere ao microrganismo *Saccharomyces cerevisiae* que está presente no material, contudo foram feitas formulações com e sem a presença da levedura com intuito de avaliar a influência das leveduras na estrutura dos materiais.

Tabela 1 - Proporções de reagentes utilizados na síntese das *beads*

[Ca^{2+}]	[Alginato]	[Levedura]
2,5%	1,0%	5,0%
2,5%	1,5%	5,0%
2,5%	2,0%	5,0%
5,0%	1,0%	5,0%
5,0%	1,5%	5,0%
5,0%	2,0%	5,0%
7,5%	1,0%	5,0%
7,5%	1,5%	5,0%
7,5%	2,0%	5,0%

Após a síntese, as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido, liofilizadas e metalizadas, para serem submetidas às analises morfológicas. A análise foi realizada no COMCAP, utilizando um microscópio da marca FEI QUANTA 250. E os resultados estão apresentados nas Figuras 1 (A), (B), (C) e (D). Comparando as Figuras 1 (A) e 1 (B), o aumento da [Alginato] de 1,0 % para 2,0 %, com 5,0 % de Ca^{2+}, promoveu maior rugosidade e integridade das *beads*, reduzindo rachaduras. Nas Figuras 1 (C) e 1 (D), o aumento da [Alginato] também favoreceu a retenção das células na matriz, enquanto a menor concentração resultou em maior aglomeração de leveduras na superfície.

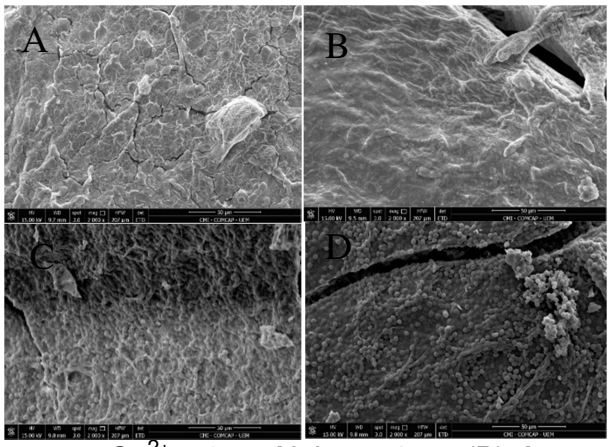


Figura 1. (A) Amostra 5, Ca^{2+} 5,0%, Alginato 2 %. (B) Amostra 6, Ca^{2+} 5,0 %, Alginato 1,0 %. (C) Amostra 2, Ca^{2+} 2,5 %, Alginato 2,0 % e Levedura 5,0 %. (D) Amostra 3, Ca^{2+} 2,5 %, Alginato 1,0 % e Levedura 5,0 %.

Analises de FTIR foram realizadas a partir das amostras congeladas e liofilizadas, e os dados foram tratados no programa Origin®. O alginato apresentou bandas características próximas a 1600cm^{-1} (COO^- assimétrico), 1412 cm^{-1} (COO^- simétrico) e 1024 cm^{-1} (C–O–C), conforme Bekhit et al. (2016).

As *beads* de cálcio apresentaram uma banda intensa próxima a 1600 cm^{-1}, compatível com o alginato reticulado com Ca^{2+}. As *beads* com levedura apresentaram alterações entre 1800 e 1000 cm^{-1}, indicando a contribuição da biomassa. Assim, a incorporação de *S. Cerevisiae* modificou o perfil químico, mantendo as principais bandas do alginato de cálcio.

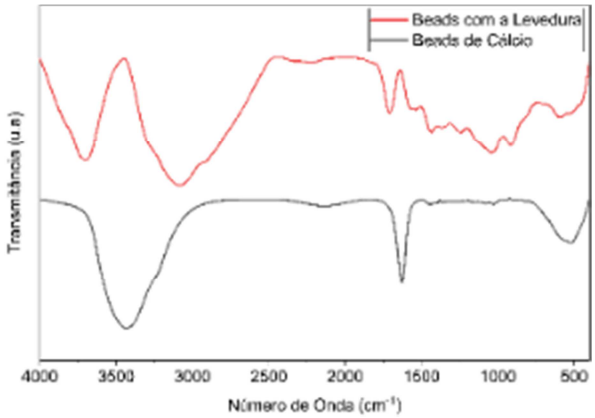


Figura 2. Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier. A curva em Vermelho se refere às *beads* com levedura. A curva em preto se refere às *beads* de cálcio.

CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram a viabilidade da formação de *beads* de alginato de cálcio contendo *Saccharomyces Cerevisiae*. As análises por MEV evidenciaram que maiores concentrações de alginato e Ca^{2+} favoreceram a integridade da matriz e o encapsulamento das leveduras. Os resultados obtidos a partir das análises de FTIR evidenciaram a presença das principais características químicas do alginato de cálcio. Diante dos resultados observados pode-se inferir que o sistema apresenta potencial para o encapsulamento e posterior reutilização da levedura em processos fermentativos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos órgãos de fomento, Capes, CNPq, Fundação Araucária, UEM, COMCAP e ao grupo de pesquisa Rinaldi Research Group.

REFERÊNCIAS

ULLAH, Faheem; OTHMAN, Muhammad Bisyrol Hafi; JAVED, Fatima; AHMAD, Zulkifli; AKIL, Hazizan Md. Classification, processing and application of hydrogels: A review. **Materials Science and Engineering: C**, v. 57, p. 414–433, 2015. DOI: 10.1016/j.msec.2015.07.053.

KAPOOR, Devesh U.; PAREEK, Anil; SHARMA, Swapnil; PRAJAPATI, Bhupendra G.; THANAWUTH, Kasitpong; SRIAMORNSAK, Pornsak. Alginate gels: Chemistry, gelation mechanisms, and therapeutic applications with a focus on GERD treatment. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 675, 125570, 2025. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2025.125570.

GRANT, Gregor T.; MORRIS, Edwin R.; REES, David A.; SMITH, Peter J. C.; THOM. Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: The egg-box model. **FEBS Letters**, v. 32, n. 1, p. 195–198, 1973. DOI: 10.1016/0014-5793(73)80770-7.

ISHAK, Rania A. H.; AWAD, Gehanne A. S.; MORTADA, Nahed D.; NOUR, Samia A. K. Preparation, *in vitro* and *in vivo* evaluation of stomach-specific metronidazole-loaded alginate beads as local anti-*Helicobacter pylori* therapy. **Journal of Controlled Release**, v. 119, n. 2, p. 207–214, 2007. DOI: 10.1016/j.jconrel.2007.02.012

BEKHIT, Mariam; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, Laura; BEN MESSAOUD, Ghazi; DESOBRY, Stéphane. Encapsulation of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* on alginate/pectin composite microbeads: Effect of matrix composition on bacterial

survival and nisin release. **Journal of Food Engineering**, v. 180, p. 1–9, 2016. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2016.01.031.