

Produção de Celulose Microbiana Funcionalizada com Extrato de Calêndula para Aplicação como Biocurativo

Production of Microbial Cellulose Functionalized with Calendula Extract for Application as a Biocurative

Beatriz Lima Barreiros¹, Jakeline Silva Oliveira¹, Nicole Monteiro Rodrigues¹, Isabella Da Costa Rodrigues Barros¹, Tamires Sales Batista Vieira¹, Danilo Henrique Donato Rocha^{2 i}, Larissa Alves Correa^{2 ii}, Lívia de Carvalho Fontes Matsumoto^{2 iii}, Luciano Zane Filho^{2 iv}

RESUMO

A celulose microbiana (CM) é um biomaterial promissor devido à sua alta pureza, capacidade de retenção de água e biocompatibilidade. Este trabalho teve como objetivo produzir uma película de CM utilizando chá verde como meio de cultura, incorporando extrato hidroalcoólico de *Calendula officinalis* L., planta medicinal conhecida por propriedades anti-inflamatórias e cicatrizantes. O trabalho compreendeu a obtenção da celulose a partir de cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOPY) comercial, extração e caracterização fitoquímica e antimicrobiana do extrato e análises de absorção do extrato pela CM. Os resultados indicaram a formação de películas de boa espessura e integridade, com boa capacidade de absorção de extrato. A análise fitoquímica confirmou a presença de flavonoides e a microdiluição em caldo revelou atividade do extrato contra bactéria Gram-positiva, sugerindo o potencial da película incorporada como biocurativo.

Palavras-chave: Celulose microbiana; *Calendula officinalis*; biocurativo; flavonoides; antibacteriano.

ABSTRACT

Microbial cellulose (MC) is a promising biomaterial due to its high purity, water retention capacity, and biocompatibility. This study aimed to produce an MC film using green tea as the culture medium, incorporating a hydroalcoholic extract of *Calendula officinalis* L., a medicinal plant known for its anti-inflammatory and healing properties.

¹ Técnico em Biotecnologia pela Escola SENAI "Dr. Celso Charuri" Bom Retiro (SENAI Biotecnologia).

² Instrutor de Formação Profissional III na Escola SENAI "Dr. Celso Charuri" Bom Retiro (SENAI Biotecnologia).

The work involved obtaining cellulose from a commercial symbiotic culture of bacteria and yeasts (SCOBY), extracting and characterizing the phytochemical and antimicrobial properties of the extract, and analyzing its absorption by the MC. The results indicated the formation of films with good thickness and integrity, with high extract absorption capacity. Phytochemical analysis confirmed the presence of flavonoids, and broth microdilution revealed activity of the extract against Gram-positive bacteria, suggesting the potential of the incorporated film as a biocurative.

Keywords: Microbial cellulose; *Calendula officinalis*; biocurative; flavonoids; antibacterial

1 INTRODUÇÃO

Curativos sintéticos convencionais nem sempre proporcionam um ambiente adequado para a cicatrização, podendo causar efeitos adversos e gerar impacto ambiental, o que evidencia a necessidade de alternativas biocompatíveis e biodegradáveis. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo produzir uma película de celulose microbiana incorporada com extrato de calêndula, avaliando sua capacidade de absorção de compostos bioativos e sua atividade antimicrobiana. A celulose microbiana apresenta propriedades ideais para aplicação em curativos, e sua funcionalização com extratos vegetais, como o de *Calendula officinalis*, pode potencializar suas propriedades terapêuticas, além de promover a bioeconomia e a sustentabilidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A Celulose Microbiana (CM), também conhecida como celulose bacteriana, é um polímero natural produzido por bactérias, especialmente do gênero *Gluconacetobacter* (JOZALA et al., 2016).

Trata-se de um material com alta cristalinidade, pureza e capacidade de retenção de líquidos, sendo superior à celulose vegetal por não conter lignina, hemicelulose ou outros compostos que dificultem seu processamento (LAVOINE et al., 2012). Sua aplicação em produtos biomédicos, como curativos e suportes para liberação de fármacos, tem sido amplamente estudada devido à sua biocompatibilidade e biodegradabilidade (EMBRAPA, 2019).

A *Calendula officinalis* L. é uma planta medicinal da família *Asteraceae*,

reconhecida por suas propriedades anti-inflamatórias, antimicrobianas, antioxidantes e cicatrizantes (VIEIRA, 2013). Seus principais compostos bioativos são flavonoides, triterpenos, carotenoides e saponinas. Os flavonoides, em especial, atuam na regeneração tecidual e no controle de processos inflamatórios, sendo fundamentais na formulação de fitoterápicos para uso tópico (ZUANAZZI et al., 2004).

Estudos prévios demonstram que a incorporação de extratos vegetais em matrizes poliméricas como a CM pode aumentar a eficácia de sistemas terapêuticos, uma vez que os princípios ativos são gradualmente liberados na região da lesão (JOZALA et al., 2016). A utilização de extrato de calêndula em uma matriz de celulose microbiana representa uma alternativa inovadora e sustentável para a produção de biocurativos naturais.

3 METODOLOGIA

A produção da CM foi realizada com meio de cultura preparado a partir de infusão de chá verde (*Camellia sinensis*), onde foram pesados 25 g de folhas secas e adicionadas a 500 mL de água fervente. Após filtração e adição de 50 g de sacarose (100 g/L), o meio foi autoclavado a 121 °C por 15 minutos. Utilizou-se SCOPY comercial como inóculo, incubado a 30 °C por sete dias em condições estáticas em Erlenmeyers, conforme protocolo adaptado de JOZALA et al. (2016). As películas formadas foram purificadas com NaOH 0,1 M, lavadas e secas a 30 °C por 48 horas (EMBRAPA, 2019).

Para obtenção do extrato hidroalcoólico, 25 g de flores secas de calêndula foram maceradas e incubadas em 250 mL de álcool 70% por 14 dias a temperatura ambiente. Após filtração, o extrato foi parcialmente evaporado em banho-maria. Realizaram-se testes qualitativos para detecção de flavonoides: reação de Shinoda e teste com cloreto de alumínio 5%, além de análise quantitativa por espectrofotometria a 425 nm (ZUANAZZI et al., 2004). A capacidade de absorção do extrato pelas películas de CM foi determinada por diferença de massa antes e após imersão, seguindo metodologia proposta por EMBRAPA (2019).

Ensaio antimicrobianos foram conduzidos com *Escherichia coli* ATCC 25922 e *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 utilizando os métodos de disco-difusão e microdiluição em caldo para determinação de concentração inibitória mínima (CMI), com leitura espectrofotométrica a 600 nm.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram produzidas películas de CM com espessura uniforme, resistência mecânica e boa transparência após purificação (Figura 1). Os testes confirmaram a presença de flavonoides na tintura. A CM absorveu aproximadamente 130% do seu peso em extrato de calêndula, evidenciando sua capacidade de incorporação.

No ensaio por disco-difusão, não foram observados halos significativos, mas a microdiluição revelou que o extrato apresentou atividade antimicrobiana contra *S. aureus* com CMI de 0,0125 g/mL. Não foi observada atividade significativa contra *E. coli*. Isso reforça o potencial da CM funcionalizada com calêndula como alternativa terapêutica para infecções por bactérias Gram-positivas, comuns em lesões cutâneas.

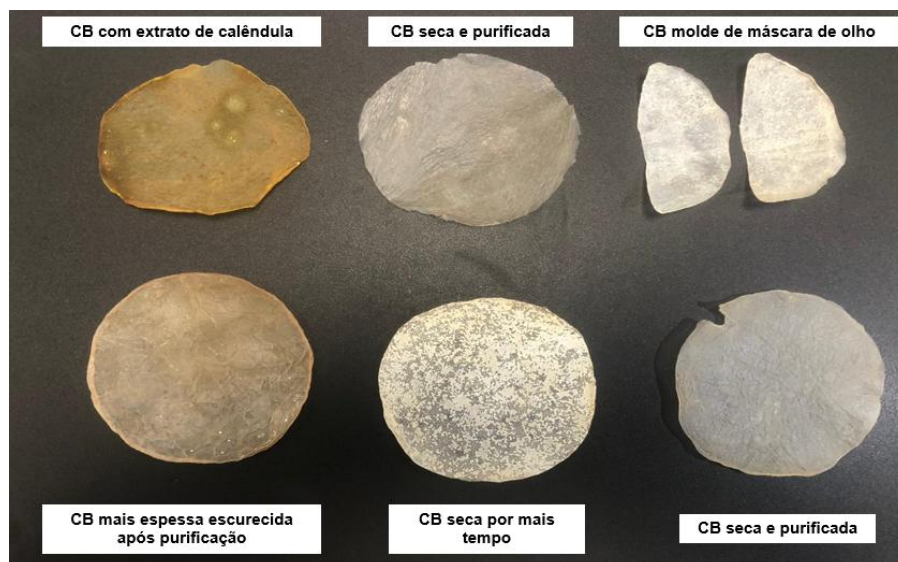


Figura 1. Diferentes celuloses bacterianas (CB) obtidas durante o trabalho. Vários exemplos de celulose bacteriana seca e purificada, de diferentes espessuras, e após absorção de extrato de calêndula.

5 CONCLUSÃO

A celulose microbiana incorporada com extrato de calêndula demonstrou potencial como biocurativo natural e biodegradável. Sua capacidade de absorver compostos bioativos e inibir *S. aureus* reforça sua aplicação em lesões cutâneas. O modelo de produção demonstrou viabilidade técnica, sugerindo potencial para aplicação em maior escala. A associação entre um biopolímero sustentável e um extrato vegetal terapêutico destaca-se como proposta alinhada à bioeconomia e à inovação em saúde.

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. Celulose microbiana: potencialidades e aplicações. Brasília: Embrapa, 2019.
- JOZALA, A. F. et al. Bacterial cellulose production by *Gluconacetobacter xylinus* from synthetic and food industry media. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2016.
- LAVOINE, N.; DESLOGES, I.; DUFRESNE, A.; BRAS, J. Microfibrillated cellulose - its barrier properties and applications in cellulosic materials: a review. Carbohydrate Polymers, London, v. 90, n. 2, p. 735-764, 2012.
- VIEIRA, R. P. Avaliação da atividade cicatrizante da *Calendula officinalis* L. 2013.
- ZUANAZZI, J. A. S. et al. Flavonoides: estrutura, propriedades e aplicações. Química Nova, 2004.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Escola SENAI Biotecnologia (São Paulo - Bom Retiro) pela infraestrutura e materiais disponibilizados para a condução do trabalho.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

i Danilo Henrique Donato Rocha



Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento na Universidade de São Paulo (2023). Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Itajubá (2019). Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Itajubá (2016). Atua como Instrutor de Formação Profissional III na Escola SENAI Biotecnologia.

ii Larissa Alves Correa



Mestre em Química Orgânica pela Universidade Federal de Minas Gerais (2017). Bacharel em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (2015). Atua como Instrutora de Formação Profissional III na Escola SENAI Biotecnologia.

iii Livia de Carvalho Fontes Matsumoto



Doutora em Microbiologia pela Universidade de São Paulo (2016). Mestre em Microbiologia pela Universidade de São Paulo (2012). Especialista em Microbiologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (2008). Graduada em Ciências Biológicas pela Escola Superior em Meio Ambiente (2005). Atua como Instrutora de Formação Profissional III na Escola SENAI Biotecnologia.

iv Luciano Zane Filho



Doutor em Biotecnologia pela Universidade de São Paulo (2023). Bacharel em Biotecnologia pela Universidade Federal de São Carlos (2017). Atua como Instrutor de Formação Profissional III na Escola SENAI Biotecnologia.