

TÍTULO

PRODUÇÃO DE POLIDROXIALCANOATOS (PHAS) A PARTIR DA BIOTRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUO OLEOSO DE PESCADOS POR *Cupriavidus necator*.

AUTORES E ORIENTADORES

Marcos Paixão da Matta Filho (Universidade Salvador - UNIFACS, marcos.matta@unifacs.com.br); Felipe Silva Anias (Universidade Salvador - UNIFACS, felipe.anias@unifacs.com.br); Denilson de Jesus Assis (Universidade Salvador - UNIFACS, denilson.assis@unifacs.com.br) (Dr.).

RESUMO

Este estudo avaliou o potencial do resíduo oleoso de pescado como substrato para a produção de polihidroxicanoatos (PHAs) pelo *Cupriavidus necator*. Foram analisadas três frações do óleo: vísceras, cabeça e barriga, bem como as frações superior, inferior e a mistura das duas. As bactérias foram aclimatadas e cultivadas em meio mineral, com amostras coletadas em 24, 48 e 72 horas. Os PHAs foram extraídos e caracterizados por FTIR e DRX, além da análise do perfil de ácidos graxos. O óleo das vísceras apresentou o melhor desempenho, resultando na maior produção de PHA com alta cristalinidade e estabilidade térmica. A fração superior do óleo também mostrou bons resultados, com um aumento consistente na produção de PHA ao longo do tempo, enquanto a fração inferior e a mistura das frações apresentaram menor eficiência. A análise FTIR confirmou a presença dos grupos funcionais característicos dos PHAs, e a DRX revelou que a cristalinidade variou significativamente entre as frações, com destaque para a fração superior e o óleo das vísceras. A composição de ácidos graxos indicou que a presença de ácidos graxos insaturados, especialmente no óleo das vísceras, favoreceu a produção de polímeros de alta qualidade. Esses achados reforçam a viabilidade da utilização de resíduos industriais, especificamente o óleo residual de pescado, como uma alternativa sustentável para a produção de PHAs. A valorização desses resíduos contribui para a gestão

ambiental e oferece uma solução econômica para biopolímeros biodegradáveis, embora a otimização dos processos e a seleção das frações do óleo ainda demandem pesquisas futuras para maximizar a eficiência.

PALAVRAS-CHAVE

Polidroxialcanoatos. Resíduo oleoso de pescados. *Cupriavidus necator*.

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação ambiental tem intensificado a busca por alternativas aos polímeros derivados de petróleo, levando à adoção de biopolímeros como os polihidroxialcanoatos (PHAs), que combinam propriedades similares às dos plásticos convencionais com menor impacto ambiental (GARCIA-CRUZ & SILVA, 2010; MAYA-VETENCOURT et al., 2017; GRIGORE et al., 2019). Este estudo investiga o uso do óleo residual da indústria pesqueira como fonte de carbono para a produção de PHAs pelo microorganismo *Cupriavidus necator*, contribuindo para o aproveitamento de subprodutos industriais e promovendo práticas alinhadas às demandas por sustentabilidade (BLUNT, LEVIN & CICEK, 2018; PALANIKUMAR et al., 2022).

A composição rica em ácidos graxos dos óleos residuais, associada à capacidade do *C. necator* de sintetizar PHAs sob condições específicas de cultivo, posiciona esses resíduos como uma alternativa viável e econômica para a bioprodução de polímeros (CRUTCHIK et al., 2020; BELLINI, TOMMASI & FINO, 2022). Assim, este trabalho busca avaliar o potencial desses óleos, reduzir os custos de produção, valorizar resíduos da indústria pesqueira e contribuir para soluções ambientalmente responsáveis.

MÉTODOS

Resíduo Oleoso de Pescado: A composição do resíduo oleoso de pescado foi determinada pela análise do teor de componentes voláteis, com secagem a 105°C, conforme AOAC (1997). Os ácidos graxos foram transesterificados para metil ésteres e analisados por cromatografia gasosa (GC) com detector FID, usando uma coluna capilar de sílica fundida. A identificação dos ácidos foi feita comparando os tempos de retenção com padrões da Sigma (EUA).

Microrganismos: Bactérias *Cupriavidus necator* foram inoculadas em caldo nutriente estéril e incubadas a $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 60 minutos, depois armazenadas a 4°C .

Cultivos: Os experimentos ocorreram em duas pré-culturas seguidas por uma cultura final. A primeira pré-cultura foi em caldo nutriente estéril, e a segunda em meio mineral (MM) sem restrição de nitrogênio. A cultura final usou MM com limitação de nitrogênio, suplementado com 2% de resíduo oleoso de pescado. Três experimentos foram realizados: com óleo misturado, fração inferior e fração superior.

Extração: Após o cultivo, a biomassa foi centrifugada e a produção de PHA foi extraída usando clorofórmio e quantificada por gravimetria.

Monitoramento do Crescimento: O crescimento microbiano foi monitorado por absorbância a 560 nm, correlacionando com a concentração celular para determinar a fase de maior produção de PHA.

Caracterização: Os PHAs foram caracterizados por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), para identificação de grupos funcionais, e difração de raios X (DRX), para avaliação da cristalinidade (Assis et al., 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentados os resultados obtidos na avaliação do resíduo oleoso de pescado como fonte de carbono para a produção de polihidroxialcanoatos (PHAs) pela bactéria *Cupriavidus necator*. A Tabela 1 apresenta as quantidades de biomassa celular e PHA produzidas ao longo do cultivo em diferentes frações do resíduo e na mistura das frações, além da avaliação das condições de cultivo que influenciam a eficiência do processo.

Tabela 1: Quantidade de biomassa celular e percentual de acúmulo de PHA ao longo de diferentes cultivos.

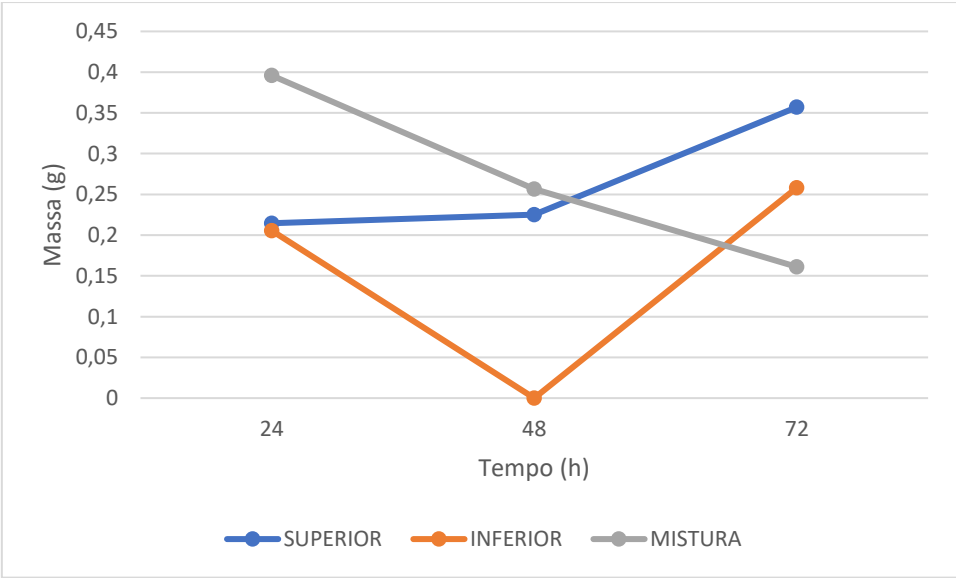
Parâmetros	Tempo de cultivo		
	24h	48h	72h
Mistura das frações oleosas			

Biomassa celular (g)	1,0456	1,2953	0,8976
PHA (g)	0,828	0,665	0,289
Acúmulo de PHA (%)	79,18	51,32	32,22
Fração oleosa inferior			
Biomassa celular (g)	1,1765	0,6869	1,661
PHA (g)	0,484	-	0,608
Acúmulo de PHA (%)	41,14	-	36,60
Fração oleosa superior			
Biomassa celular (g)	1,5041	1,8102	1,1979
PHA (g)	0,646	0,816	0,855
Acúmulo de PHA (%)	42,92	45,06	71,40

Fonte: Autoria própria (2024)

A análise dos dados mostrou que todas as condições de cultivo favoreceram o crescimento celular, com a mistura das frações oleosas promovendo o maior aumento na biomassa, especialmente em 48 horas. O acúmulo de PHA foi mais alto na mistura das frações, com 79,18% em 24 horas. A produção de PHA similar foi obtida na fração menos oleosa, mas após 72 horas, com 71,4%. A mistura das frações proporcionou uma utilização mais eficiente do resíduo e menor tempo de cultivo.

Figura 1: Produção de PHA em função do tempo de cultivo.

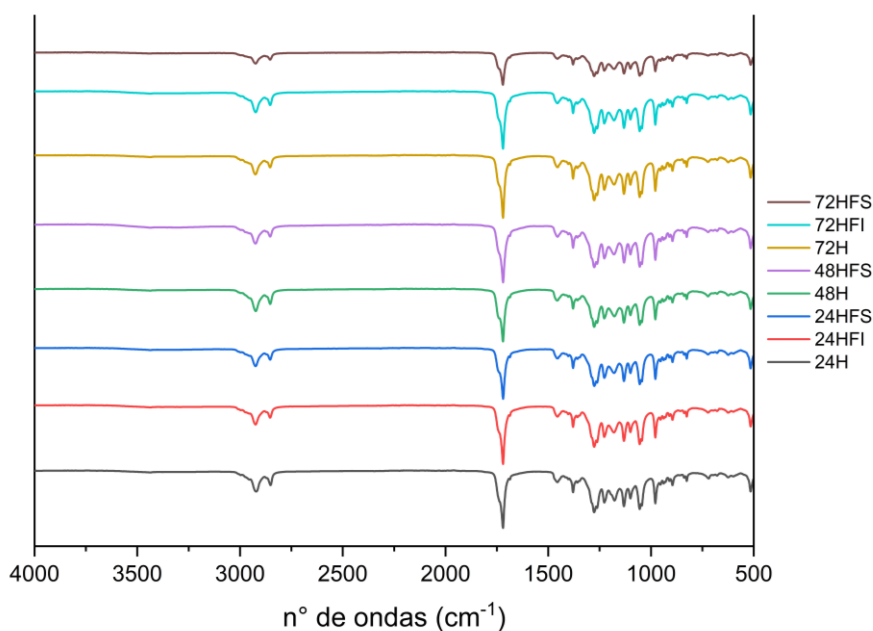


Fonte: Autoria própria (2024)

As curvas mostram que, para a mistura das frações do óleo, a produção de PHA diminui após as 24 horas iniciais, enquanto no óleo fracionado, há um aumento gradual, atingindo o pico em 72 horas. A diferença nos perfis de produção pode ser explicada pelas variações na composição química dos substratos, com a mistura possivelmente contendo compostos que inibem ou são consumidos rapidamente. O óleo fracionado, com uma composição mais homogênea e nutrientes estáveis, favorece um aumento mais consistente na produção de PHA. Essas diferenças destacam a importância da composição do substrato e a necessidade de ajustes nas condições de cultivo para otimizar a produção de biopolímeros.

A espectroscopia FTIR foi realizada para identificar os grupos químicos nos biopolímeros obtidos. Os espectros mostraram duas bandas principais: uma em 1750 cm^{-1} ($\text{C}=\text{O}$) e outra em 1300 cm^{-1} ($\text{C}-\text{O}$), típicas de PHAs. A banda em 2920 cm^{-1} indicou a presença de compostos insaturados, provavelmente associados ao óleo não metabolizado. As semelhanças nas bandas sugerem que todas as amostras são biopolímeros.

Figura 2: Análise FTIR das amostras das frações e mistura.



Fonte: Autoria própria (2024)

CONCLUSÕES

Os resultados confirmam o potencial do resíduo oleoso de pescado como substrato para a produção de PHAs por *Cupriavidus necator*. O óleo das vísceras se destacou como a fração mais eficiente, gerando maior produção de biomassa e PHA, com alta cristalinidade e estabilidade térmica. A fração superior também apresentou bom desempenho, especialmente após períodos prolongados de cultivo, enquanto as frações inferior e mistura tiveram menor eficiência. Esses resultados reforçam a viabilidade do uso de resíduos industriais como alternativa sustentável para a produção de PHAs, oferecendo benefícios ambientais e econômicos. Além disso, contribuem para a redução dos impactos ambientais causados pelos resíduos plásticos. No entanto, são necessárias pesquisas futuras para otimizar os processos, selecionar as frações ideais do óleo e melhorar a eficiência na produção em larga escala para aplicações industriais. e a aplicabilidade dos PHAs produzidos em escala industrial.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, D. J. et al. Simultaneous biosynthesis of polyhydroxyalkanoates and extracellular polymeric substances (EPS) from crude glycerol by different bacterial strains. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 180, p. 1110-1127, 2016.
- BELLINI, S.; TOMMASI, T.; FINO, D. Poly (3-hydroxybutyrate) biosynthesis by *Cupriavidus necator*: A review on waste substrates utilization for a circular economy approach. *Bioresource Technology Reports*, v. 17, p. 100985, 2022.
- BLUNT, W.; LEVIN, D. B.; CICEK, N. Bioreactor operating strategies for improved polyhydroxyalkanoate (PHA) productivity. *Polymers*, v. 10, p. 1197, 2018.
- CRUTCHIK, D. et al. Polyhydroxyalkanoates (PHAs) Production: A feasible economic option for the treatment of sewage sludge in municipal wastewater treatment plants? *Water*, v. 12, p. 1118, 2020.
- DE JESUS, C. S. et al. Outdoor pilot-scale cultivation of *Spirulina sp.* LEB18 in different geographic locations for evaluating its growth and chemical composition. *Bioresource Technology*, v. 256, p. 86-94, 2018.
- GARCIA-CRUZ, C. H.; SILVA, A. N. A. A metodologia da superfície de resposta como ferramenta para a avaliação da produção de alginato e poli-hidroxibutirato pela *Azotobacter vinelandii*. *Acta Scientiarum Technology*, Maringá, v. 32, p. 105-112, 2010.
- GRIGORE, M. E. et al. Methods of synthesis, properties, and biomedical applications of polyhydroxyalkanoates: A review. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, v. 30, n. 9, p. 695-712, 2019.

MAYA-VETENCOURT, J. F. et al. A fully organic retinal prosthesis restores vision in a rat model of degenerative blindness. *Nature Materials*, v. 16, p. 681-689, 2017.

FOMENTO

Este trabalho foi realizado com o apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).