

BIORREFINARIA INTEGRADA À INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS: CONVERSÃO DE POLUENTES INDUSTRIAIS EM BIOCOMBUSTÍVEIS

SILVA-MANETTI¹, Adriana Gonçalves, VIEIRA¹, Juliana Guerra,
STREIT, Nívia Maria; JACOB-LOPES², Eduardo, QUEIROZ¹, Maria Isabel.
^{*}biotecnofurg@yahoo.com.br

¹Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, FURG, 96201-900, Rio Grande-RS, Brasil, Tel. +55(53)32338636. *Email: biotecnofurg@yahoo.com.br. ²Departamento de Tecnologia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, 97119-900 - Santa Maria – RS. E-mail: jacoblopes@pq.cnpq.br.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade da substituição de processos convencionais para a produção de blocos construtores por sistemas baseados em recursos renováveis tem forçado o desenvolvimento de novas formas de manufatura industrial. Quando estes insumos e/ou produtos finais são obtidos de fontes renováveis e de maneira integrada, estabelece o conceito de biorrefinarias (Lynd et al., 1999).

Embora este conceito seja reconhecidamente bem estruturado e baseado no desenvolvimento sustentável das atividades industriais, o maior impedimento para uma aplicação global em grande escala é a ausência de tecnologias de processamento de baixo custo. A fonte deste custo é consequência primária da matéria prima, da sua disponibilidade e mais ainda, da sua adequação (NRC, 2000).

Neste sentido, diversas espécies de microalgas, incluindo cianobactérias, clorofíceas e diatomáceas vem sendo utilizadas na produção de biomassa e compostos celulares que podem ser aplicados amplamente como insumos intermediários e produtos finais de processos relacionados à bioenergia, alimentação e farmacêuticos (Queiroz et al., 2007; Jacob-Lopes et al., 2008). A produção destes insumos e produtos, embora viáveis tecnologicamente ainda estão distantes da viabilidade econômica quando o destino final é um produto de baixo valor agregado (Spolaore et al., 2006).

A associação entre o tratamento de águas residuárias e a produção de insumos pode representar um significativo avanço na direção de reduzir os custos de produção. Em face disto, o objetivo do trabalho foi avaliar uma biorrefinaria associada a uma indústria de laticínios para a produção de óleos unicelulares pela cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O microrganismo utilizado foi a *Aphanothece microscopica* Nägeli (RSMAN92), originalmente isolada da Lagoa dos Patos, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (32°01'S - 52°05'W). As culturas foram propagadas e mantidas em meio sintético BGN (Rippka et al., 1979). As condições de manutenção usadas foram 25°C, intensidade luminosa de 15 μmol.m⁻².s⁻¹ e fotoperíodo de 12h. O aparato experimental foi constituído de um reator do tipo coluna de bolhas, construído em PVC de 4mm de espessura, diâmetro interno de 10cm, altura de 100cm e 4,5L de volume de trabalho. O sistema de dispersão de gases do reator consistiu em um difusor de ar de 1,5cm localizado no centro da base da coluna.

O meio de cultivo consistiu nas águas residuárias do processamento de laticínios, no qual as amostras foram coletadas e caracterizadas segundo pH,

demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total (NTK), e fósforo (P-PO₄⁻³), razão C/N e N/P, segundo metodologia descrita em Standard Methods for Examination of the Water and Wastewater (Apha, 2005). As razões C/N e N/P foram determinadas a partir das concentrações de DQO, NTK e P-PO₄⁻³.

Os experimentos foram conduzidos em um biorreator operando em batelada, alimentado com 4,5L de efluente, 200mg/L de inóculo, temperatura de 20°C, ausência de luminosidade, e aeração contínua de 1VVM. A concentração celular, consumo de DQO e NTK foram monitoradas em intervalos regulares de tempo, em função da velocidade de crescimento microbiano durante as fases de crescimento em cada água residuária. Os testes foram conduzidos em duplicata e os dados cinéticos referem-se à média de quatro repetições. Os dados cinéticos foram usados para a estimativa dos parâmetros: velocidade máxima específica de crescimento (μ_{max} , h⁻¹), tempo de geração (tg, h), fator de conversão de substrato em células ($Y_{X/S}$, mg_{biomassa}/mg_{substrato}) e produtividade de óleo (mg_{lipídeo}/L.h).

O teor de lipídeos da biomassa foi determinado pelo método de Bligh & Dyer (1959), considerando as proporções entre os solventes: metanol, clorofórmio e água destilada (2:1:0.8).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição físico-química da água residuária proveniente da indústria de laticínios é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização das águas residuárias do processamento de laticínios

Parâmetro	Valor
pH	8,8 ± 0,01
DQO	1186 ± 875,26
NTK	39,4 ± 15,20
P-PO ₄ ⁻³	6,5 ± 3,0
C/N	30,1
N/P	6,0

pH: potencial hidrogenonico; DQO: demanda química de oxigênio (mg/L); NTK: nitrogênio amoniacal (mg/L); P-PO₄⁻³: fósforo (mg/L); C/N: relação Carbono e Nitrogênio; N/P: relação Nitrogênio e Fósforo.

Na Tabela 1 verifica-se através da análise dos parâmetros a variabilidade dos constituintes considerados, em função basicamente dos aspectos sazonais, inerentes a manufatura de alimentos. Independentemente deste fato, elevadas concentrações de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo foram constatadas, resultando em razões C/N e N/P com potencial para suportar cultivos microalgais.

As cianobactérias apresentam capacidade de converter nutrientes presentes em águas residuárias em compostos intracelulares, principalmente proteínas e lipídeos. Neste sentido, a Tabela 2 apresenta os parâmetros cinéticos de crescimento, nas condições consideradas.

Os parâmetros cinéticos de crescimento evidenciam elevados valores de produção de biomassa, se comparado a outros processos de produção microalgal. Cultivos fotossintéticos em fotobiorreatores, por exemplo, apresentam normalmente velocidades específicas máximas de crescimento na ordem de 10⁻²h⁻¹ (Griffiths & Harrison, 2009). Especificamente para a espécie em estudo, condições otimizadas em fotobiorreatores apresentam valores de $\mu_{max}=0,034h^{-1}$ (Jacob-Lopes et al., 2008). Desta forma, a cultivos em condições heterotróficas no efluente de laticínios

ocasionam um aumento da velocidade de crescimento da *Aphanothece microscopica Nägeli* em 10,6 vezes.

Tabela 2 – Parâmetros cinéticos de crescimento.

Parâmetro cinético	Valor
X_{max} (mg/L)	841
TR (h)	4
μ_{max} (h^{-1})	0,36
tg (h)	1,92
$Y_{X/S}$ ($mg_{biomassa}/mg_{DQO}$)	0,89
$Y_{X/S}$ ($mg_{biomassa}/mg_{NTK}$)	101,7
P_x (mg/L.h)	160,2

X_{max} : concentração máxima de biomassa; TR: tempo de residência celular (h); tg: tempo de geração (h); μ_{max} : velocidade específica de crescimento máxima (h^{-1}); $Y_{X/S}$: fator de conversão de substrato em célula; P_x : produtividade de biomassa (mg/L.h).

A composição lipídica da biomassa e os valores de produtividade deste constituinte são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Composição e produtividade lipídica

Parâmetro	Valor
Conteúdo em lipídeos (%b.s)	12,65 ± 2,06
Produtividade em lipídeos (g/L.dia)	0,49 ± 0,01

Na Tabela 3 verifica-se um teor em gorduras totais de 12,65%, que resulta numa produtividade lipídica de 0,49g_{lipídeo}/L.dia. A produtividade em lipídeos é o parâmetro de seleção normalmente usado em processos de produção de óleos usados como insumo na indústria do biodiesel. Projeções de escalonamento deste processo no atual cenário são limitados pela aplicação em larga escala de reatores heterotróficos para a produção de biomassa microalgal. No entanto, em comparação com a produtividade lipídica que pode ser obtida pela soja, o principal insumo brasileiro, usado para fabricação de biodiesel, uma projeção de redução de escala indica que na safra de 2009, a produtividade lipídica da soja foi de 0,46g_{lipídico}/m².dia, considerando um ciclo de produção de 120 dias (CONAB, 2009). Os resultados obtidos para *Aphanothece microscopica Nägeli* indicam que um biorreator operando continuamente, integrado a uma indústria de processamento de laticínios com 0,5L/m² de volume útil, operando em ciclos de 120 dias/ano, seria suficiente para produzir a mesma quantidade de óleos produzida na atualidade nos cultivos agrícolas de soja. A possibilidade da expansão do período do bioprocessamento para até 300 dias/ano sugere a potencialidade de exploração deste processo para a produção de óleos unicelulares. Paralelamente, conversões de 97% de matéria orgânica, 60% de nitrogênio total e 100% de fósforo presentes no efluente, ocorreram nestas condições, auxiliando na disposição das águas residuárias e redução da poluição de águas costeiras.

4. CONCLUSÕES

As águas residuárias do processamento de laticínios apresentam potencial como plataforma de biorrefinarias microalgais. A conversão de matéria orgânica,

nitrogênio e fósforo presentes nas águas residuárias desta agroindústria em óleos unicelulares apresentou potencial de exploração industrial.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20° Ed. Washington, 2005.
- BLIGH, E.G., DYER, J.W. A Rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian J. of Biochem. and Physiol.**, v. 37, p. 911-917, 1959.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em <http://www.conab.gov.br> (2009).
- GRIFFITHS, M.J., HARRISON. S.T.L., *In Press*, 2009. Lipid productivity as a key characteristic for choosing algal species for biodiesel production. **J. Appl. Phycol.** DOI 10.1007/s10811-008-9392-7.
- JACOB-LOPES E, LACERDA LMCF, FRANCO TT. Biomass production and carbon dioxide fixation by *Aphanothece microscopica* Nägeli in a bubble column photobioreactor. **Biocheml Eng. J.**, v. 40, p. 27-34, 2008.
- LYND L.R., WYMAN C.E., GERNGROSS T.U., "Biocommodity Engineering", **Biotechnol. Prog.**, v. 15, p. 777-793, 1999.
- NRC- U.S. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Committee on Biobased Industrial Products, Board on Biology, Commission on Life Sciences, "Biobased industrial products: priorities for research and commercialization, 2000.
- QUEIROZ, M.I., JACOB-LOPES, E., ZEPKA, L.Q., BASTOS, R., GOLDBECK, R. The kinetics of the removal of nitrogen and organic matter from parboiled rice effluent by cyanobacteria in a stirred batch reactor. **Bioresour. Technol.**, v. 98, p. 2163-2169, 2007.
- RIPPKA, R.; DERUELLES, J.; WATERBURY, J.B.; HERDMAN, M.; STANIER, R.Y. Generic assignments strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. **J. Gen. Microbiol.**, v. 111, p. 01-61, 1979.
- SPOLAORE, P.; JOANNIS-CASSAN, C.; DURAN, E.; ISAMBERT, A. Commercial applications of microalgae. **J. Biosci. Bioeng.**, v. 101, p. 87-96, 2006.

6. AGRADECIMENTOS



Palavras Chave: Biorrefinaria, cianobactéria, cultivo heterotrófico.