



Desenvolvimento de estrutura polimérica via impressão 3D para gerar circulação interna de fluidos em tanques de fermentação com recuperação "in-situ" de produtos pelo vácuo.

Augusto Duzzi Sia*, Carla Ferreira dos Santos, Adriano Pinto Mariano.

Resumo

Desenvolveram-se estruturas poliméricas via prototipagem rápida (Impressão 3D) para encontrar a estrutura que maximizará a criação da circulação interna de líquido no reator do tipo "air-lift" a partir do fluxo ascendente das bolhas geradas na evaporação a vácuo, aumentando a transferência de massa de butanol do biofilme para o caldo fermentativo e minimizando os efeitos inibitórios quando aplicada à fermentação IBE (isopropanol-butanol-etanol).

Palavras-chave:

Hidrodinâmica, Fermentação IBE, Impressão 3D.

Introdução

A fermentação IBE (isopropanol-butanol-etanol) pode ter sua produtividade beneficiada pelo aumento de concentração celular via imobilização celular. No trabalho de doutorado ao qual essa iniciação científica (IC) está vinculada, está sendo desenvolvida uma tecnologia de fermentação que combina a imobilização de células em leito fixo e a recuperação "in-situ" de produtos pelo vácuo, onde o agente de imobilização celular é o bagaço de cana-de-açúcar. Para manter o bagaço submerso no caldo de fermentação, foram desenvolvidas estruturas poliméricas do tipo gaiola, construídas via impressão 3D, que direcionam a movimentação dos fluidos semelhantemente a um reator do tipo "air-lift". Sendo assim, foram projetadas e construídas estruturas com diferentes geometrias, avaliadas pela transferência de massa de corante (aprisionado na região interna da estrutura através de esferas de alginato) para o meio líquido em um fermentador em ebulição à baixa pressão.

Resultados e Discussão

Para estudar a transferência de massa do corante nas esferas de alginato, calculou-se que o coeficiente de difusão efetivo é de $2,8 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$, tendo comportamento próximo ao teórico (Butterfield, 2011). O fenômeno de transferência de massa do sistema foi estudado conforme a Equação 1, que representa a junção da 1ª Lei de Fick e a Equação da Continuidade, para o caso sem reação química, em coordenadas esféricas e considerando gradiente de concentração apenas na direção radial.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{2D}{r} \frac{\partial C}{\partial r} \quad (1)$$

As estruturas poliméricas desenvolvidas estão dispostas na Figura 1. Três diferentes geometrias de estruturas poliméricas serão testadas. Na primeira geometria, (Figura 1c), espera-se que o líquido desça pelos ânnulos vazios e as bolhas de vapores subam pela região central da estrutura. Já na segunda geometria (Figura 1d), espera-se que as bolhas de vapores subam pela região entre a parede do reator e a estrutura. Por fim, na terceira peça (Figura 1e), espera-se que o líquido desça pelos ânnulos preenchidos e que as bolhas de vapores subam pelos ânnulos vazios.

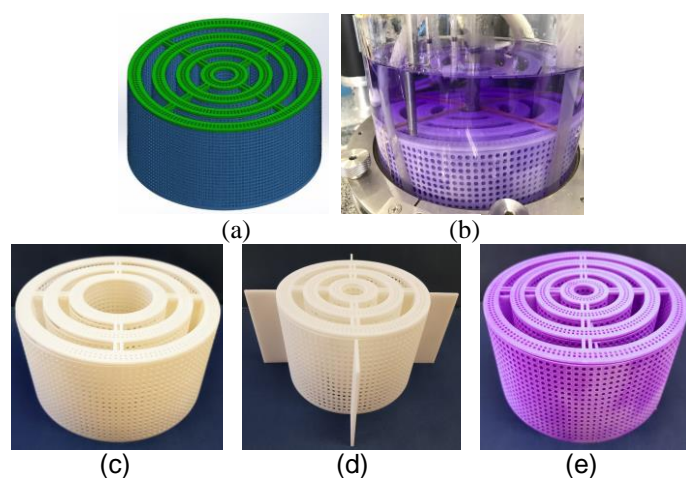


Figura 1. Estruturas poliméricas. (a) Modelagem no SolidWorks; (b) teste de transferência de massa no reator; (c), (d) e (e) diferentes tipos de geometrias.

Conclusões

Espera-se que as estruturas aumentem a circulação interna no reator, sendo escolhida no final desta IC a peça que trará maior transferência de massa do corante ao meio. Levando este resultado para o projeto de doutorado, a peça aumentará a transferência de massa de butanol do biofilme para o meio, minimizando os efeitos inibitórios da fermentação IBE.

Agradecimentos

Ao BIOFABRIS pela impressão 3D das peças e ao CNPq pelo suporte financeiro.

¹ Butterfield, A. *Diffusion Out of Sphere(s): Online Teaching Material Simulation*. Department of Chemical Engineering, University of Utah, 2011. Disponível em: <<https://www.che.utah.edu/~tony/OTM/DiffusionSphere/>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

² Lee, S. H.; Yun, E. J.; Kim, J.; Lee, S. J.; Um, Y.; Kim, K. H. *Biomass, strain engineering, and fermentation processes for butanol production by solventogenic clostridia*. *Applied Microbiology & Biotechnology*. 2017. 1-17.

³ Mariano, A. P.; Qureshi, N.; Filho, R. M.; Ezeji, T. C. *Bioproduction of butanol in bioreactors: New insights from simultaneous in situ butanol recovery to eliminate product toxicity*. *Biotechnology and Bioengineering*. 2016, 108(8), 1757-1765.

⁴ Yang, Y.; Hoogewind, A.; Moon, Y. H.; Day, D.; *Production of butanol and isopropanol with an immobilized Clostridium*. *Bioprocess Biosyst Eng*. 2016.