

Aplicação do modelo DM-Washburn na avaliação do ângulo de contato de amido em pó

Autora: Rafaela de Paula Gomes

Orientador: Nilo Sérgio Medeiros Cardozo

Laboratório de Tecnologia em Polímeros II - LATEP II



Introdução

O grau de molhamento e a interação do sólido com um líquido (i.g. hidrofobicidade) de um alimento particulado são avaliados através do ângulo de contato. Estimar de forma precisa esse parâmetro é de grande relevância para muitas aplicações na indústria alimentícia. Uma das técnicas mais utilizadas para avaliação da molhabilidade de sólidos em pó é a técnica de ascensão capilar, onde o ângulo de contato é, geralmente, estimado de forma indireta pelo modelo clássico de Washburn (Eq. 1). No entanto, este modelo não leva em consideração o efeito da dissolução do leito de partículas para o caso de sólidos solúveis no líquido molhante. Foi elaborado pelo grupo de pesquisa um novo modelo matemático para a análise de dados de ascensão capilar considerando a dissolução parcial do leito de partículas durante as medidas modelo denominado DM-Washburn (Eq. 2), que será utilizado para a avaliação do ângulo de contato para o amido de milho em pó.

$$\frac{dh}{dt} = \frac{R_0^2}{8\eta} \left(\frac{2\gamma \cos \theta}{R_0 h} - g\rho \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2h}{dt^2} + \left(\frac{8\eta h}{\rho C_{th}} + \frac{1}{C_{th}} \frac{\partial C_{th}}{\partial t} \right) \frac{dh}{dt} - \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho R_0 h} + g = 0 \\ C_{th} = \int_0^h \left(R_0 + \frac{h-z}{h} k_{dissol} t \right)^2 dz \end{array} \right. \quad (\text{Eq. 2})$$

Materiais e Métodos

Tubos com 5 mm de diâmetro interno e 10 cm de altura foram preenchidos com partículas de amido pó, com compactação manual (em torno de 200 batidas) até obter leito de partículas com altura de aproximadamente 5,5 cm. As medições foram realizadas num ambiente condicionado, a $25 \pm 0,5^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $50 \pm 2\%$. Cada réplica do procedimento experimental foi conduzida nove vezes para cada líquido utilizado (água e hexano). Além disso, as nove repetições (de cada líquido) foram realizadas em três dias diferentes (compondo, portanto, três repetições por dia). Para a análise dos dados foi utilizada a metodologia proposta recentemente por Geoffrey Tana, David A.V.E Morton and Ian Larson, que visa harmonizar racionalmente os dados com base na similaridade da estrutura de poros dos leitos de pó com base na ordem de classificação das respectivas constantes de material.

Os valores de ângulo de contato foram estimados para os dois modelos considerados, Eqs. (1) e (2), utilizando a técnica de mínimos quadrados.

Resultados

Foram utilizadas duas marcas diferentes de amido de milho nos experimentos, Maizena e Fleischmann. As Figura 1 apresenta, para água e para uma das repetições do amido de milho, as curvas de altura (h) \times tempo (t) obtidas pelo ajuste com o modelo de Washburn (linha contínua). A Figura 2 apresenta os mesmos dados, porém desta vez obtidas pelo ajuste com o modelo DM-Washburn (linha contínua)

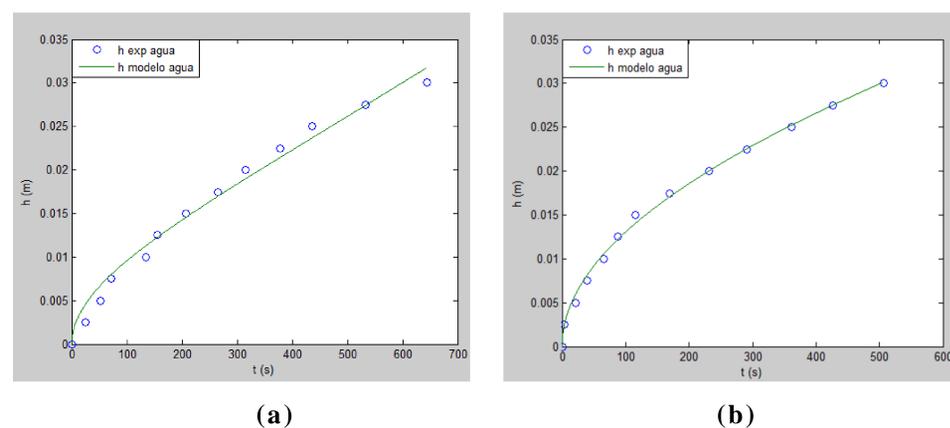


Figura 1. Curvas experimentais de $h \times t$ para a ascensão capilar de água em leito de partículas de amido de milho das marcas Maisena (a) e Fleischmann (b), juntamente com as respectivas curvas de ajuste obtidas com o modelo de Washburn (linha contínua).

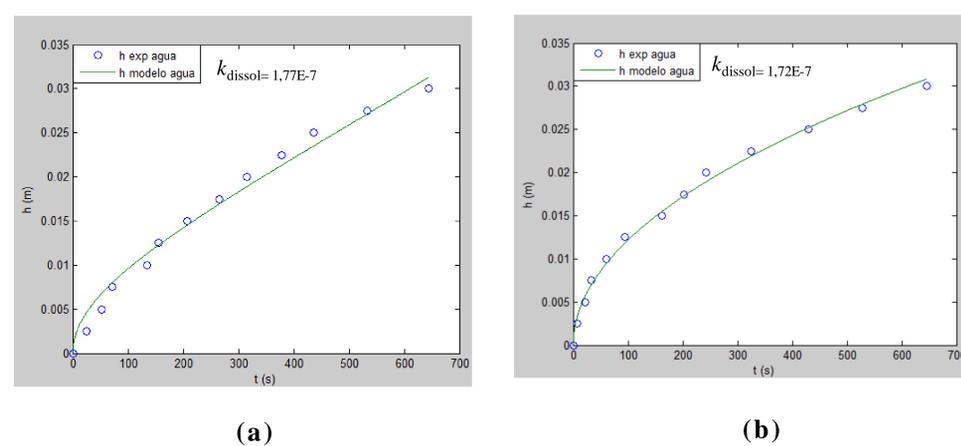


Figura 2. Curvas experimentais de $h \times t$ para a ascensão capilar de água em leito de partículas de amido de milho das marcas Maisena (a) e Fleischmann (b), juntamente com as respectivas curvas de ajuste obtidas com o modelo de DM-Washburn (linha contínua).

Conclusões

Utilizando a equação clássica de Washburn para o amido de milho obteve-se um ângulo de contato médio de $\theta = 80 \pm 3^\circ$, e usando a equação DM-Washburn, obtivemos um ângulo de contato de $\theta = 79 \pm 2^\circ$. O modelo DM-Washburn foi capaz de descrever adequadamente a cinética de ascensão para o material testado. A pequena diferença de ajuste entre os dois modelos pode ser atribuída à baixa taxa de dissolução apresentada pelos amidos estudados durante os testes de ascensão capilar, conforme demonstrado pelos baixos valores de k_{dissol} obtidos.

Referências:

- A. Alghunaim, S. Kirdponpattara, B.Z. Newby, Techniques for determining contact angle and wettability of powders, Powder Technol. 287 (2016) 201–215. doi:10.1016/j.powtec.2015.10.002.
- E.W. Washburn, "The dynamics of capillary flow", Phys. Rev. 17 (1921) 273–283.
- Martim Victor Hammes, Eduardo Schirmer Heberle, Patricia Rodrigues da Silva, Caciono Pelayo Zapata Noreña, Alexandre Hahn Englert, Nilo Sérgio Medeiros Cardozo, "Mathematical modeling of the capillary rise of liquids in partially soluble particle beds", Powder Technology 325 (2018) 21–30
- Geoffrey Tana, David A.V.E Morton and Ian Larson, "Strategies to analyse data obtained from liquid intrusion experiments of loose porous materials", Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis [05 Aug 2017, 145:711-717]