

Simulación De Un Extractor De Lecho Empacado Para Diseñar Una Planta De Extracción De Sustratos Sólidos Usando CO₂ Supercrítico

Gonzalo Núñez & José Manuel del Valle

Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos, Pontificia Universidad Católica de Chile

Av. Vicuña Mackenna 4860 Macul, Santiago, fono 56-2-3544986, e-mail:

ganunez@ing.puc.cl

En este trabajo desarrollamos una herramienta computacional que estima los cambios en el contenido residual de soluto en un sustrato sólido dentro de un extractor, para un proceso de extracción con CO₂ supercrítico (CO₂-SC). Para este proceso consideramos plantas de extracción de tres, y cuatro extractores que simulan un contacto a contracorrientes entre el sustrato sólido y un flujo continuo de CO₂-SC. También incluimos el caso más simple de dos extractores en la planta.

Usamos la herramienta computacional para determinar la productividad de aceite de semillas oleaginosas. Establecimos un volumen total de extracción para cada planta de 6 m³, con extractores de diámetro interno de 68,3 cm. Usamos *pellets* de semillas pre-prensadas de canola (diámetro equivalente $d_{sv} = 6,67$ mm, densidad a granel del lecho $\rho_b = 500$ kg/m³) como sustrato, y 2400-6000 kg/h de CO₂ como solvente. Las condiciones de extracción 40 °C y 30 MPa. Además, asumimos una planta que opera continuamente (24 horas al día) durante 300 días al año y usando condiciones de separación de 60 °C y 8 MPa. Para las simulaciones, adaptamos el modelo matemático basado en la hipótesis del “centro que se encoge” (SC, *Shrinking Core*) [1] el cual describe adecuadamente la extracción de aceite desde semillas de aceite pre-prensadas [2]. Nosotros adaptamos el programa de Germain y col. [3] a nuestras necesidades específicas, usando el software Matlab. En el programa las derivadas espaciales del modelo fueron estimadas usando diferencias finitas de segundo orden, y las ecuaciones diferenciales dependientes del tiempo fueron resueltas numéricamente usando la fórmula modificada de orden 2 de Rosebrock [3]. Nuestra meta fue simular condiciones de estado estacionario en un extractor durante un ciclo completo (t_c horas de duración) que consideraba n etapas: ($n-1$) etapas de extracción a contracorrientes, y la etapa restante considera un acondicionamiento del tipo descompresión / descarga / carga / recompresión. Durante la primera etapa de un ciclo de extracción cualquiera, el extractor con sustrato fresco es alimentado con CO₂-SC parcialmente saturado que viene desde un extractor en la etapa ($n-1$). Durante la segunda etapa el extractor con sustrato parcialmente agotado es alimentado con una corriente de CO₂-SC menos concentrada que viene de un extractor en la etapa ($n-2$), y así sucesivamente hasta la etapa ($n-1$) donde el extractor con sustrato cercano al agotamiento es contactado con CO₂ regenerado que viene desde el separador (donde el aceite se separa del CO₂-SC). El desafío fue alcanzar una similitud entre los perfiles de concentración temporales de aceite simulados en la corriente de CO₂-SC que está saliendo durante las últimas ($n-2$) etapas, con aquéllas alimentadas durante las primeras ($n-2$) etapas. Esto fue hecho por aproximaciones sucesivas hasta alcanzar un criterio de coincidencia (discrepancias $\leq 0,5\%$; *loops* ≤ 5). Los perfiles de concentración de aceite dependientes del tiempo fueron almacenados en vectores “históricos”.

Como era de esperarse, la productividad de la planta aumentó con el número de extractores y con el aumento del flujo de CO₂. Sin embargo, este aumento en productividad debería estar asociado con un aumento en los costos de inversión y operacionales, los cuales no están reportados en este trabajo. De esta manera, nuestro resultado principal es un mapa de productividad de aceite vegetal en función de la configuración de la planta, el cual pretendemos usar para la optimización del proceso.

Referencias

- [1] Goto, M., Roy, B.C., Hirose, T. (1996). *The Journal of Supercritical Fluids*, Vol. 9, p. 128.
- [2] del Valle, J.M., Germain, J.C., Uquiche, E., Zetzl, C., Brunner, G. (2006). *The Journal of Supercritical Fluids*, Vol. 37, p. 178.
- [3] Germain, J.C., del Valle, J.M., de la Fuente, J.C. (2005). *Industrial & Chemical Engineering Research*, Vol. 44, p. 2879.