Revista Tecnocientífica URU
Universidad Rafael Urdaneta
Facultad de Ingeniería
Nº 2 Enero - Junio 2012
ISSN: 2244 - 775X / Depósito legal pp 201102ZU3863

Cinética de intercambio iónico bajo control mixto en medio lácteo

Título corto: Cinética de intercambio iónico

Jorge Alaña[1], Karina Martínez[1], José González[1], Juan Hernández[1] y Cézar García[1-2]

[1]Universidad del Zulia, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Apartado Postal 15251. Maracaibo 4005, Edo. Zulia, Venezuela, Tel: 0261-4128809.
kmatinez@gmail .com, cgarcia@luz.edu.ve

[2]Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Estado Zulia, Venezuela.

Recibido 25-03-11 Aceptado 13-05-11

Resumen

En este trabajo de investigación se presenta un modelo cinético de intercambio iónico binario bajo control mixto de las fases para los sistemas Na^+ - Ca^{++} y Cl^- - OH^- en medio lácteo. Los parámetros de transferencia de masa, en términos de la difusividad efectiva para la fase sólida y del número de Sherwood para la fase líquida, fueron determinados utilizando las cinéticas experimentales para los correspondientes sistemas iónicos, por intermedio del algoritmo de optimización de Nelder – Mead. Los balances diferenciales en derivadas parciales para la fase sólida, interfase líquido – sólido y fase líquida, se resolvieron por combinación de los métodos numéricos de colocación ortogonal, Runge – Kutta y Reguli – Falsi. Los resultados obtenidos indican que la cinética experimental de intercambio iónico binario en leche, puede expresarse a través del modelo de Langmiur de difusividad efectiva, con los siguientes parámetros de transferencia; α=6,1328 y β=5,30·10^{-4}, número de Sherwood de 7,7936 para el sistema Na^+ - Ca^{++} y α=1,0892 y β=1,0639, número de Sherwood de 8,1436 para el sistema Cl^- - OH^-.

Palabras clave: Intercambio iónico binario, intercambio catiónico en leche, intercambio aniónico en leche, modelo de control mixto, cinética.

Ion exchange kinetics under mixed control in milk

Short title: Ion exchange kinetics

Abstract

In this research work it presents a kinetics model for binary ion exchange under mixed control of phases for the systems Na^+ - Ca^{++} and Cl^- - OH^- in milk. The mass transfer parameters in terms of effective diffusivity for solid phase and Sherwood number for liquid phase, were determined using experimental kinetics of ionic systems respective through the optimization algorithm of Nelder and Mead. The differential balances in partial derivatives for solid phase, interface liquid-solid and liquid phase, were solved by combination of numerical methods of orthogonal collocation, Runge – Kutta and Reguli – Falsi. The results indicate that experimental kinetics of binary ion exchange in milk, can be fitted by Langmiur model of effective diffusivity with the following mass transfer parameters; α=6,1328 y β=5,30·10^{-4}, Sherwood number=7,7936 for Na^+ - Ca^{++} system and α=1,0892 y β=1,0639, Sherwood number=8,1436 for Cl^- - OH^- system.

Key words: Binary ion exchange, cationic exchange in milk, anionic exchange in milk, mixed control model, kinetics.

Introducción

Los procesos de adsorción e intercambio iónico son procesos difusionales de gran aplicación en las industrias petroquímica, refinería, metalúrgica, química, farmacéutica y de alimentos, para la remoción y el fraccionamiento de un soluto – adsorbato o ión, sobre la base de la capacidad de ciertos sólidos de extraer con preferencia determinadas sustancias de una solución, concentrándolas sobre sus superficies. El diseño de unidades de estos procesos requiere del conocimiento detallado de datos de equilibrio, cinética y coeficiente de interdifusión para calcular los coeficientes de transferencia de masa tanto de la fase líquida como de la fase sólida [1].

En la práctica la utilización de intercambio iónico como proceso de separación en sus diferentes modos de contacto ha tenido mayor desarrollo histórico y experimentación que las teorías sobre equilibrio y cinética. El estudio cinético de los procesos de intercambio permite el diseño de unidades de transferencia para que el producto pueda elaborarse a escala industrial [2].

El flujo por migración iónica, originado por un gradiente de concentración existente entre la solución acuosa y el intercambiador iónico, genera un campo eléctrico autoinducido que altera la cinética de intercambio iónico en la dirección de transferencia de los iones de menor movilidad [3,4].

Se ha encontrado en recientes investigaciones la incorporación de los efectos de migración iónica en el diseño de unidades de intercambio iónico. Varios autores han analizado y estudiado los efectos de migración iónica resultante del campo eléctrico auto-inducido [5,6].

En este trabajo se determina la cinética del intercambio catiónico Na^{+} - Ca^{++} y del intercambio aniónico Cl^{-} - OH^{-} entre muestras de leche y resinas sintéticas. Para ello se desarrolla un modelo cinético de transferencia de masa bajo control mixto de las fases que permita simular el proceso de intercambio según las expresiones de difusividad efectiva de Langmuir y Gilliland incorporando el efecto de migración iónica. Así mismo se determina los parámetros de transporte que ajusten efectivamente los datos experimentales.

Se interpreta el proceso de intercambio de iones a través del modelo de transferencia de masa de doble resistencia, se estima las propiedades de transporte de masa para los iones intercambiantes y se desarrolla modelos teóricos de la cinética de intercambio iónico para los sistemas lácteos a partir de las ecuaciones de Nernst – Planck y su comparación con los datos experimentales en ambas fases.

Fundamentos Teóricos

Sistema de intercambio catiónico

Este sistema consiste en datos experimentales de concentración de los iones en cada fase, obtenidos a partir de la exposición de una muestra de leche comercial con una resina sulfónica, Ionac C-249, del tipo $R_2 - SO_3H$, donde se establece la siguiente reacción de intercambio [7],

$$R_2 - Ca + 2Na^{+} \Leftrightarrow 2R - Na + Ca^{++} \quad (1)$$

Sistema de intercambio aniónico

En el intercambio iónico entre una muestra de leche comercial y una resina aniónica, Ionac ASB-2, del tipo $R_z - NR_3OH$, se establece la siguiente reacción de intercambio [7],

$$R - OH + Cl^{-} \Leftrightarrow R - Cl + OH^{-} \quad (2)$$