

CINÉTICA DE FORMACIÓN DE ACILGLICEROLES DURANTE LA ESTERIFICACIÓN ENZIMÁTICA DE AGPI n-3

Cristian Correa-Leyva, Esther Carrillo-Pérez, Abraham R. Martín-García y Juan Antonio Noriega-Rodríguez*
Universidad de Sonora, Posgrado en Ciencias de la Ingeniería: Ingeniería Química,
Hermosillo, Sonora 83000, México; Email: juan.noriega@unison.mx

Palabras clave: acilglicérols, AGPI n-3, esterificación enzimática, parámetros cinéticos.

Introducción. Los acilglicérols (AG) son ésteres de ácidos grasos con glicerol. Se tiene un especial interés en la formación de AG que contengan ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) n-3 debido a los múltiples beneficios para la salud que presentan. Se han empleado diferentes reacciones enzimáticas para producir AG estructurados con AGPI n-3, entre ellas la glicerólisis (1) y la esterificación directa de ácidos grasos libres al glicerol (2). En el presente trabajo se estudió la cinética de formación de acilglicérols durante la esterificación enzimática de AGPI n-3 a diferentes condiciones catalizada por una lipasa de *Candida Antarctica*.

Metodología. Se preparó un concentrado de AGPI n-3 por hidrólisis química del aceite de Menhaden seguido de un tratamiento con urea (3). Las reacciones de esterificación se realizaron en frascos de vidrio completamente sellados, agitados constantemente con una proporción de 3:1 AGPI n-3/mol de Glicerol. Para determinar el efecto de la presencia de agua, se efectuaron corridas experimentales en ausencia de mallas moleculares. Para evaluar el efecto de la temperatura se realizaron experimentos a diferentes temperaturas (30, 40, 50 y 60°C). Las muestras se extrajeron a diferentes intervalos de tiempo de reacción y se analizó la composición de acilglicérols por medio de cromatografía de capa fina de alta resolución (HPTLC). Los datos experimentales se ajustaron a diferentes modelos cinéticos por regresión no-lineal (MATLAB® R2018b). Para la reacción de esterificación enzimática en ausencia de agua se consideró un modelo de ping-pong multi-sustrato multi-producto (4).

$$V_{AGPI} = \frac{V_1^* C_{AGPI} C_G - V_2^* C_{AGPI} C_{mAG} - V_3^* C_{AGPI} C_{dAG}}{C_{AGPI} + \frac{K_{m1}^* C_G}{K_{mg}} + \frac{K_{m2}^* C_{mAG}}{K_{mAG}} + \frac{K_{m3}^* C_{dAG}}{K_{dAG}} + \frac{C_{AGPI} C_G}{K_{mg}} + \frac{C_{AGPI} C_{mAG}}{K_{mAG}} + \frac{C_{AGPI} C_{dAG}}{K_{dAG}}}$$

Para la reacción en presencia de agua se consideró un modelo cinético de segundo orden con efectos reversibles.

$$V_{AGPI} = C_{H_2O} (k_{-1} C_{mAG} + k_{-2} C_{dAG} + k_{-3} C_{IAG}) - C_{AGPI} (k_1 C_G + k_2 C_{mAG} + k_3 C_{dAG})$$

Para la esterificación global se utilizó un modelo cinético de Michaelis-Menten con efectos reversibles (5).

$$v = \frac{dP}{dt} = \frac{K_{mP} V_1 [S] - K_{mS} V_2 [P]}{K_{mS} K_{mP} + K_{mP} [S] + K_{mS} [P]}$$

Resultados. Los modelos empleados tuvieron un buen ajuste a los datos experimentales ($R^2 > 0.98$). En base a los parámetros cinéticos calculados y las cinéticas obtenidas se observa que la presencia de agua genera considerables efectos reversibles en la reacción de esterificación enzimática (Fig. 1), reflejado en disminución de la formación de triacilglicérols (TAG) y en el

tiempo necesario para alcanzar el equilibrio. Se encontró que al aumentar la temperatura se obtiene un mayor grado de esterificación alcanzando hasta un 0.5 a los 60°C (Fig. 2), de igual forma se determinó el efecto de la temperatura en la velocidad máxima de formación (V_1) con la cual se calculó la energía de activación de 64.131 KJ mol⁻¹ y el factor pre-exponencial de 3.271x10¹¹ mM h⁻¹ en base a la ecuación de Arrhenius.

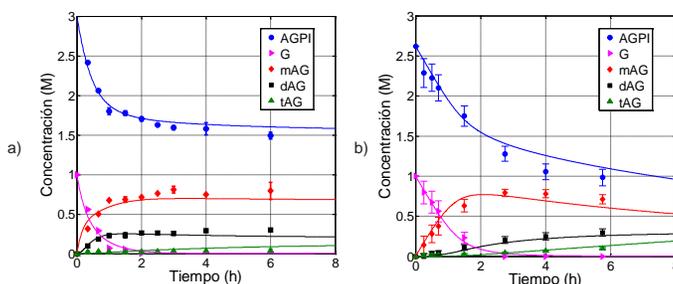


Fig. 1. Perfil de concentraciones de acilglicérols a) en presencia y b) ausencia de agua (50 y 55°C, respectivamente).

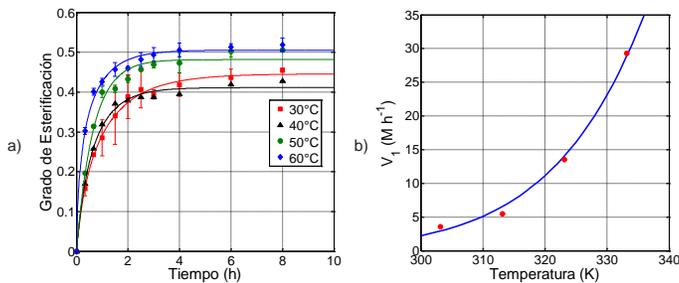


Fig. 2. a) Perfil de la esterificación global en presencia de agua y b) parámetro V_1 en función de la temperatura.

Conclusiones. En este trabajo se describen diferentes estrategias enzimáticas para la síntesis de acilglicérols específicos estructurados con AGPI n-3. Se presentan modelos matemáticos que describen satisfactoriamente el comportamiento de la reacción y se obtienen los parámetros cinéticos que pueden ser útiles para el diseño de bioprocesos industriales.

Bibliografía.

- Miranda K *et al.* (2013). *Eur Food Res Technol.*, 236:435-440
- Noriega Rodríguez JA *et al.* (2013). *J Food Res.*, 2:97-105.
- Gómez Meza N *et al.* (2003). *Int Food Res J.*, 13:29-47.
- Correa Leyva C *et al.* (2016). *Rev Mex Ing Quim.*, 16:805-812.
- Bisswanger H (2002). *Enzyme Kinetics, Principles and Methods.* Weinheim V (ed). Wiley-Vch. Tübingen, Alemania. pp 75-77.

