

IMPRESIÓN 3D DE PEG-PNIPAM MEDIANTE DLP EN MEDIO ACUOSO: HACIA LA CAPACIDAD DE IMPRESIÓN HIDROFÍLICA

Armando Edgar Castillo¹, Melisa Trejo¹, Edgar Homero Ramirez Soria¹, Tania Ernestina Lara-Ceniceros¹, Roman Torres Lubián², José Bonilla-Cruz*¹

¹CIMAV, SC-Subsede Monterrey, Nano & Micro Additive Manufacturing of Polymers and Composite Materials Laboratory "3D LAB", Mexico. ²Centro de Investigación en Química Aplicada, Department of Macromolecular Chemistry and Nanomaterials, Mexico.

La impresión 3D acuosa ha surgido como una técnica de fabricación aditiva versátil con prometedoras aplicaciones en biomedicina, ingeniería de tejidos y materiales de hidrogel. En esta contribución, copolímeros de poli(etilenglicol) metil éter acrilato-co-(poli(N-isopropilacrilamida) (PEGMA-co-PNIPAM) se imprimieron en 3D por primera vez mediante tecnología de procesamiento de luz digital (DLP) en medios acuosos (agua = 55 % en peso). N-isopropil acrilamida y poli(etilenglicol) diacrilato (PEGDA) se utilizaron como monómero y entrecruzante, respectivamente. El poli(etilenglicol) metil éter ($M_n = 2000$ Da) se funcionalizó en el extremo de la cadena con cloruro de metacrililo para obtener PEGMA, que se caracterizó por ATR-IR, SEC y ^1H-NMR y se utilizó como prepolímero. La longitud de la cadena del entrecruzante (PEGDA₅, PEGDA₁₃ y PEGDA₁₆) afecta significativamente el tiempo de fotopolimerización: ~ 6 s utilizando PEGDA₁₃ o PEGDA₁₆, y ~ 17 s para PEGDA₅. Las evaluaciones de fotorreología (UV = 395 nm) revelaron cambios esenciales en las propiedades viscoelásticas de cada resina durante el proceso de fotocurado desde 10^{-1} Pa (resina líquida) hasta 10^2 Pa (resina fotocurada). La densidad de entrecruzado de la red y la distancia entre dos puntos de enredos en función de la longitud de la cadena del entrecruzante se estimaron en PEGDA₅: $v_e = 1,6 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ y $\xi = 4 \times 10^{-07} \text{ m}$; PEGDA₁₃: $v_e = 2,1 \times 10^{21} \text{ m}^{-3}$ y $\xi = 7,8 \times 10^{-08} \text{ m}$; PEGDA₁₆: $v_e = 4,8 \times 10^{21} \text{ m}^{-3}$ y $\xi = 5,9 \times 10^{-08} \text{ m}$. Curiosamente, PEGDA₁₃ promovió una alta resolución y una excelente capacidad de retención de forma en impresiones con forma de oreja que exhibieron un contenido de gel $G = 51\%$ y una relación de hinchamiento de $Sw = 97\%$. Se imprimieron en 3D muestras rectangulares y se probaron mecánicamente. Se obtuvo una tenacidad significativamente mejorada del 385% y un módulo de Young ($E = 3,7 \text{ MPa}$) utilizando PEGDA₁₃. El análisis SEM y AFM confirmó microdisposiciones de regiones PEG y PNIPAM producidas durante la fotopolimerización. La temperatura crítica inferior de la solución (LCST) se determinó a $35 \text{ }^\circ\text{C}$ utilizando PEGDA₁₆ y a $32 \text{ }^\circ\text{C}$ utilizando PEGDA₁₃. En general, demostramos la importancia de seleccionar la longitud adecuada de la cadena de entrecruzante para modular las propiedades macroscópicas de los materiales impresos en 3D.

Keywords: monomers, resins., acrylates

Presenting author's email: armando.castillo@cimav.edu.mx