

Síntesis y diseño de monolitos de carbono por impresión 3D: efecto de la arquitectura 3D en la adsorción de sulfametoxazol en solución acuosa

U. Ortiz-Ramos^{1,2*}, E. Bailón-García¹, A.F. Pérez-Cadenas¹, R. Leyva-Ramos², F. Carrasco-Marín¹

¹Materiales Polifuncionales Basados en Carbono (UGR-Carbon), Dpto. Química Inorgánica - Unidad de Excelencia de Química Aplicada a Biomedicina y Medioambiente - Universidad de Granada (UEQ-UGR), ES18071-Granada, Spain

²Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Dr. Manuel Nava No. 6, S.L.P. 78210, San Luis Potosí, México

uzielortiz@correo.ugr.es

Palabras clave: monolitos de carbono, impresión 3D, polimerización sol-gel, adsorción.

Introducción

Los monolitos integrales de xerogeles de carbono son nanoestructuras con morfologías de canales específicas, composición química y estructura porosa controlada que se forman mediante la carbonización de un gel orgánico sintetizado a través del método sol-gel [1]. Estos materiales tienen diversas ventajas, como bajas caídas de presión, mayor área superficial expuesta y alta accesibilidad a los sitios activos, que los hace atractivos para aplicaciones en procesos de adsorción en fase líquida. La tecnología de impresión 3D combinada con la polimerización sol-gel permite la obtención de monolitos de carbono con una configuración de canales compleja, específica y controlada con ventajas significativas en comparación con monolitos convencionales de geometría recta. La oportunidad de diseñar la configuración del canal permite promover un flujo turbulento del fluido dentro de los canales aumentando el contacto entre el fluido y los sitios activos del monolito. En este trabajo, se diseñaron y fabricaron monolitos integrales de xerogeles de carbono (CXMCs) combinando la tecnología de impresión 3D y la polimerización sol-gel para aplicaciones de adsorción en fase líquida, específicamente para la eliminación de sulfametoxazol (SMX).

Experimental

Los CXMCs se fabricaron combinando la tecnología de impresión 3D y la polimerización sol-gel de resorcinol y formaldehído. El proceso implicó la impresión de plantillas 3D con un diseño arquitectónico de canales adecuado, que luego se colocaron en moldes de vidrio. Se prepararon soluciones de resorcinol (R), formaldehído (F), agua (W) y catalizador, Cs_2CO_3 (Cs), en las relaciones molares siguientes: $R/F = 1/2$, $R/W = 1/15$ y $R/Cs = 100, 500, 1000$ y 2000 . Una vez que se agregaron estas sustancias al molde con la plantilla 3D, se inició el proceso de gelificación y curado. Después, los geles con la plantilla 3D incorporada se cortaron en cilindros de 10 cm de longitud, se sumergieron en ácido acético 2 M, se lavaron con acetona y se secaron. Los monolitos orgánicos resultantes se carbonizaron y se designaron como CXMCs100, CXMCs500, CXMCs1000 y CXMCs2000, aplicándose en la adsorción de SMX en solución acuosa.

Resultados y discusión

Estos monolitos presentan un diseño de canales tortuosos con una forma romboidal (Figura 1). Tras la carbonización, la plantilla 3D se eliminó permitiendo abrir los canales diseñados en el monolito. Como resultado, se obtuvieron monolitos de carbono con una morfología de canales que se replicaba de manera precisa a partir de la plantilla 3D utilizada en el proceso de fabricación. Además, se encontró que los CXMCs conservaron su química superficial y gran parte de su porosidad inicialmente diseñada. En la Figura 2 se muestra la masa de SMX adsorbida sobre los cuatro CXMCs cuando la concentración de SMX en equilibrio es 40 mg/L. En cuanto a la capacidad de los CXMCs para adsorber SMX en solución acuosa, se encontró una elevada capacidad de adsorción la cual disminuyó a medida que se aumentó la relación R/Cs. Además, se notó que la incorporación de la plantilla 3D en el proceso de polimerización sol-gel afectó ligeramente la capacidad de adsorción hacia el SMX. Aunque este efecto fue leve, es importante que se considere en la optimización del diseño de los CXMCs.

Conclusiones

En este trabajo, se logró desarrollar CXMCs con una configuración de canales compleja y controlada utilizando la tecnología de impresión 3D y la polimerización sol-gel. Estos monolitos presentaron una estructura de carbono con canales perfectamente replicados por la plantilla 3D utilizada en la fabricación. También, la caracterización reveló que los CXMCs poseen química superficial y porosidad adecuadas para la eliminación de SMX de soluciones acuosas. Los experimentos de adsorción de SMX mostraron que los CXMCs tienen una capacidad de adsorción elevada, incluso con la incorporación de las plantillas 3D. Esto demuestra el potencial prometedor de esta tecnología para la eliminación efectiva de contaminantes del agua, como el SMX.

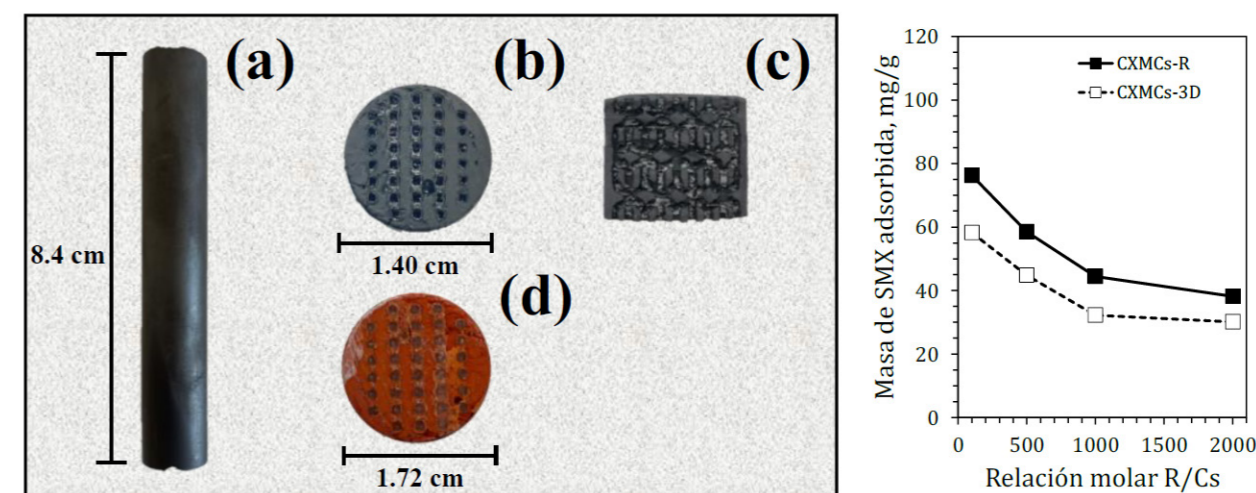


Figura 1. Imagen lateral (a), superior (b) y de corte longitudinal (c) de CXMCs. La imagen inferior representa el xerogel orgánico (d).

Figura 2. Efecto de la relación molar R/Cs en la capacidad de adsorción.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero a MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033/, "FEDER Una manera de hacer Europa" el proyecto PID2021-127803OB-I00, CONAHCYT (Beca No. 930155), AUIP y a la Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades de la Junta de Andalucía por el Programa de Becas de Movilidad Académica 2022 (Beca No. 123).

Referencias

[1] Pekala R W, Organic aerogels from the polycondensation of resorcinol with formaldehyde. J. Mater. Sci., 1989; 24:3321-3327.