

Diseño de materiales mediante metodología sol-gel asistida con microondas

S.F. Villanueva^{1*}, N. Rey-Raap¹, S.L. Flores-López¹, M. González-Barriuso^{1,2}, M. Sánchez-Suárez¹, J. González-Lavín¹, M. Álvarez-Rodríguez¹, E. Martínez¹, I. Cameán¹, N. Cuesta¹, B. Lobato¹, Y. Fernández-Pulido^{1,3}, A.B. García¹, A. Arenillas¹

¹ Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR-CSIC). Grupo de Investigación de Materiales para Energía, Medio Ambiente y Catálisis (MATENERCAT). C/ Francisco Pintado Fe, 26, 33011, Oviedo. España.

² Universidad de Cantabria. Grupo de Química Inorgánica. C/ Avenida de los Castros s.n. 39005, Santander, España.

³ Universidad de Oviedo, Departamento de Química Física y Analítica, Julián Clavería 8, 33006, Oviedo.

s.villanueva@incar.csic.es

Palabras clave: aerogeles, diseño de materiales, porosidad, morfología.

Introducción

Los procesos sol-gel presentan numerosas ventajas en la producción de materiales, ya que con una metodología sencilla permiten diseñar las propiedades fisicoquímicas de un material. Es decir, es posible definir su composición química, evitando la presencia de impurezas, definir las propiedades porosas en todo el rango de porosidad (micro, meso y macroporosidad) de forma independiente, seleccionar la morfología adecuada (esferas, red entrecruzada), introducir determinados heteroátomos o nanomateriales en su estructura polimérica, etc. El potencial del material final resultante es enorme, ya que se puede producir para cumplir con los requisitos de una amplia variedad de aplicaciones o incluso se puede utilizar como modelo para evaluar el papel de una propiedad específica, manteniendo otras constantes, en muchas reacciones y procesos.

Por otra parte, también es necesario desarrollar un proceso de fabricación que sea rápido, simple, económico y escalable. Los procesos tradicionales requieren mucho tiempo y, a veces, utilizan condiciones críticas para la eliminación de solventes, lo que implica equipos complicados y altos costes de producción. El calentamiento por microondas es una tecnología eficiente, que se ha utilizado en nuestro grupo desde hace años en la síntesis sol-gel de materiales, y que permite mantener el control del proceso y, por lo tanto, el diseño de las propiedades de los materiales sol-gel obtenidos, al mismo tiempo que reduce considerablemente los tiempos de síntesis con el consiguiente ahorro en costes de producción. Este proceso ya ha sido escalado a planta piloto manteniendo la eficiencia del proceso y el control en las propiedades de los materiales finales.

Experimental

En este trabajo se presenta una amplia carta de materiales sol-gel con una gran variedad de composiciones químicas que cubren todo el rango de porosidad. Se incluyen geles de carbono con distintas morfologías y porosidad controlada, geles de carbono dopados, geles de sílice e híbridos C-Si con distinta composición y porosidad, geles de grafeno, geles metálicos, etc. Evidentemente, las posibles aplicaciones de esta gran variedad de materiales sintéticos diseñados a la carta son muy variadas, desde procesos de adsorción, catálisis, aislamiento térmico o distintos dispositivos electroquímicos: supercondensadores, baterías, pilas de combustible y sensores.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestran algunos ejemplos de la gran variedad de materiales, con distinta composición química, cuya porosidad puede ser diseñada mediante la metodología sol-gel. Tras la síntesis y mediante post-tratamientos específicos es posible también modificar la microporosidad (de forma independiente de la meso/macroporosidad), e introducir grupos funcionales superficiales para optimizar las propiedades finales de los materiales para una aplicación específica.

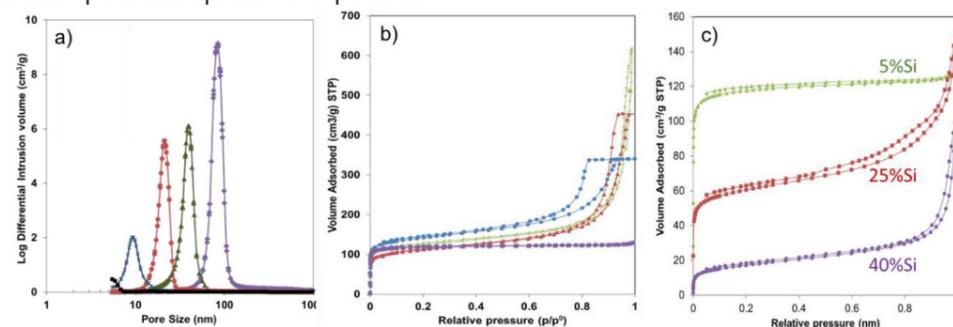


Figura 1. Diseño a la carta de materiales mediante metodología sol-gel: geles de carbono con distinta distribución de tamaño de meso/macroporo (a), geles híbridos C-Si con el mismo contenido en silicio pero distinta porosidad (b), geles híbridos C-Si con distinto contenido en sílice (c).

Conclusiones

La síntesis sol-gel asistida con microondas se presenta como una metodología enormemente versátil y eficiente para el diseño de materiales sintéticos para muy diversas aplicaciones, ya que se pueden controlar todas sus propiedades fisicoquímicas para producirlos a la carta y optimizarlos para una aplicación concreta.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación del MICIN y la Unión Europea NextGeneration EU/PRTR (PID2020-113001RB-I00 MCIN/AEI/10.13039/501100011033), del Gobierno del Principado de Asturias (IDI/2021/000031, Severo Ochoa y Programa Investigo) y de la Fundación Domingo Martínez (Proyecto MACSO). MGB y YFP agradecen la financiación del Programa Margarita Salas, y NRR al Programa Horizon-MSCA-2021-PF-01-01 (Proyecto MetGel).

Referencias

- [1] S.L. Flores-López, L. Santos-Gómez, N. Rey-Raap, A. Arenillas. Designing of carbon, silica and C/Si sol-gel materials, in Conventional and alternative electrochemical methods for synthesis and analysis of advanced functional layers and coatings. Theoretical bases and practical applications. Publisher. Cambridge Scholars Publishing House, 2023.
- [2] J. González-Lavín, N. Rey-Raap, A. Martínez-Lázaro, J. Ledesma, M.H. Rodríguez-Barajas, L.G. Arriaga, A. Arenillas. Metallic aerogels for their use in sustainable energy generation, in Conventional and alternative electrochemical methods for synthesis and analysis of advanced functional layers and coatings. Theoretical bases and practical applications. Publisher. Cambridge Scholars Publishing House, 2023.