

Carbones activados derivados del quitosano como electrodos en supercondensadores de alta durabilidad

Emerson Vega-Ramírez¹, Jessica Chaparro-Garnica¹, Fatma Lgried¹, Emilia Morallon², Diego Cazorla-Amorós¹

¹Departamento de Química Inorgánica and Instituto Universitario de Materiales, Universidad de Alicante, Apartado 99, 03080, Alicante, Spain.

²Departamento de Química Física and Instituto Universitario de Materiales, Universidad de Alicante, Apartado 99, 03080, Alicante, Spain.

emersonraul.vega@ua.es

Palabras clave: supercondensadores, carbón activado dopado con N, quitosano, durabilidad.

Introducción

Los condensadores electroquímicos o supercondensadores son dispositivos electroquímicos para el almacenamiento de energía con una elevada potencia y vida útil [1], siendo una alternativa interesante para mitigar los problemas energéticos actuales. Uno de los principales retos en su implementación es el desarrollo de los materiales que se utilizan como electrodos. Los carbones activados funcionalizados con grupos nitrogenados han generado gran interés para su uso como electrodos de supercondensadores, ya que algunos de estos grupos funcionales mejoran el comportamiento electroquímico de los carbones activados [2]. En este trabajo se prepararon carbones activados mediante activación química convencional con H₃PO₄ utilizando quitosano como precursor.

Experimental

Mediante activación química convencional con H₃PO₄ [3], se prepararon carbones activados a partir de quitosano con diferentes pesos moleculares. Las muestras se impregnaron con H₃PO₄, posteriormente fueron sometidas a un tratamiento de activación a elevada temperatura en horno tubular, usando una rampa de calentamiento de 5 °C/min y un tiempo de sostenimiento de 2 horas, el tratamiento se llevó a cabo en atmósfera inerte con un flujo constante de N₂. Seguidamente, se lavaron y se secaron a 110 °C durante 12 horas. Para la nomenclatura de estos carbones activados se usaron las siglas LMW, MMW, HMW para bajo, medio y alto peso molecular del quitosano, respectivamente. Además, con el fin de mejorar la conductividad eléctrica y el rendimiento electroquímico [4], estos carbones activados fueron tratados térmicamente en horno tubular. En este caso, se añaden las letras TT a la nomenclatura descrita anteriormente. Todos los carbones activados obtenidos fueron caracterizados fisicoquímicamente mediante adsorción física de gases, espectroscopia de fotoelectrones de rayos X (XPS), desorción a temperatura programada y microscopía electrónica de barrido. Los carbones activados se usaron como electrodos para ensamblar supercondensadores simétricos en electrolito orgánico, los cuales se caracterizaron mediante voltametría cíclica, y curvas de carga-descarga galvanostáticas. Finalmente, se evaluó la estabilidad de estos dispositivos mediante 10000 ciclos de carga-descarga galvanostáticos.

Resultados y discusión

Se obtuvieron carbones activados con superficies específicas > 1500 m²/g. A partir de los datos de XPS se encontró que todos los carbones activados tenían aproximadamente un 3 % de contenido de nitrógeno, sin encontrar una diferencia significativa entre los precursores de diferente peso molecular. El N está presente en forma de diferentes grupos funcionales como iminas/piridinas, grupos N cuaternarios y grupos N oxidados. El supercondensador basado en el carbón activado preparado a partir de quitosano de medio peso molecular y posterior tratamiento térmico (MMW_TT), presentó prestaciones ligeramente superiores a las del supercondensador basado en el carbón comercial empleado en esta aplicación (YP05F). La Tabla 1 resume los principales parámetros de los supercondensadores, donde se evidencia que el MMW_TT presenta una excelente durabilidad tras 10000 ciclos de carga-descarga, así como un excelente desempeño en términos de eficiencia coulombica y energética, siendo ligeramente superior al YP50F.

Tabla 1. Valores de capacidad y retención de capacidad de todas las muestras analizadas y el YP50F.

Capacitor	C (F g ⁻¹)	E (Wh kg ⁻¹)	P (kW kg ⁻¹)	Eficiencia culombica (%)	Eficiencia energética (%)	C _t /C ₀ (%)
MMW	27.5	23.4	0.31	98	91	-
MMW_TT	24.4	20.7	0.31	98	91	98
LMW_TT	20.7	17.6	0.31	99	92	-
YP50F	25	21.7	0.31	98	89	97

Conclusiones

A partir de una metodología de síntesis sostenible, sencilla y de bajo coste, se logró preparar carbones activados dopados con N a partir de quitosano como fuente de nitrógeno, cuyos grupos funcionales nitrogenados han demostrado mejorar el comportamiento electroquímico de los carbones activados, permitiendo validar su uso como material para electrodos de supercondensadores. En definitiva, los resultados demuestran que estos carbones activados pueden ser prometedores para esta aplicación, ya que evidencian un excelente comportamiento electroquímico proporcionando valores de eficiencia energética, eficiencia coulombica y durabilidades ligeramente superiores al carbón comercial empleado para esta aplicación (YP05F).

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación de este trabajo al proyecto MFA/2022/001 que forma parte del programa de Materiales Avanzados financiado por el MICIN con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.11) y la Generalitat Valenciana.

Referencias

- [1] A. Sliwak, N. Diez, E. Miniach and G. Gryglewicz, Journal of Applied Electrochemistry, 2016, 46, 667-677.
- [2] María José Mostazo-López, Ramiro Ruiz-Rosas, Emilia Morallón, Diego Cazorla-Amorós. Nitrogen doped superporous carbon prepared by a mild method. Enhancement of supercapacitor performance. Int. J. Hydrogen Energy, 41 (2016) 19691-19701.
- [3] Tomás Cordero, José Rodríguez-Mirasol, Jorge Bedia, Juan J. Rodríguez. Preparación de materiales de carbono a partir de lignina. Opt. Pura Apl. 2007, 40 (2), 161-168.
- [4] Jessica Chaparro-Garnica, David Salinas-Torres, María José Mostazo-López, Emilia Morallón, Diego Cazorla-Amorós. Biomass waste conversion into low-cost carbon-based materials for supercapacitors: A sustainable approach for the energy scenario. J. Electroanal. Chem., 880 (2021) 114899.