

Electrocatalizadores basados en materiales carbonosos derivados de residuos de biomasa con la incorporación de hierro para la ORR, OER y HER

Melissa Pabón-Román¹, Gabriel Alemany-Molina¹, Jessica Chaparro-Garnica¹, Emilia Morallón², Diego Cazorla-Amorós¹

¹ Departamento de Química Inorgánica e Instituto de Materiales. Universidad de Alicante, Ap. 99, 03080, Alicante, España

² Departamento de Química Física e Instituto de Materiales. Universidad de Alicante, Ap. 99, 03080, Alicante, España
 melissa.pabon@ua.es

Palabras clave: Residuos de biomasa, carbonización hidrotermal, electrocatalizadores, materiales carbonosos.

Introducción

La creciente demanda de energía, el consumo de combustibles fósiles y la contaminación ambiental han despertado gran interés sobre la implementación de energías limpias. El hidrógeno, como vector energético, es una alternativa prometedora para su uso en tecnologías de energías renovables [1]. Los electrocatalizadores basados en metales preciosos muestran una excelente actividad electrocatalítica, sin embargo, el alto costo de estos metales ha restringido su desarrollo y aplicación. Por lo tanto, es esencial desarrollar electrocatalizadores eficientes, rentables y basados en metales no preciosos [2]. Los carbones activados poseen una pluralidad de ventajas como el bajo costo y metodologías de síntesis sencillas empleando residuos de biomasa como material de partida. Además, los carbones activados poseen conductividad eléctrica y química superficial que se puede modular con facilidad mediante la introducción de heteroátomos como oxígeno, nitrógeno (N) y fósforo (P), lo que permite el fácil anclaje de metales en los sitios activos, siendo así, materiales con gran potencial para su uso en electrocatalisis [3]. En este trabajo se prepararon electrocatalizadores basados en hierro soportados en materiales carbonosos derivados de residuos de biomasa mediante un tratamiento de carbonización hidrotermal (HTC) y se evaluó su actividad electrocatalítica en las reacciones de formación de dióxígeno (OER), de formación de dihidrógeno (HER) y la reacción de reducción de dióxígeno (ORR) en medio alcalino.

Experimental

Para la preparación de los electrocatalizadores basados en materiales carbonosos, derivados de un residuo de biomasa dura, con la incorporación de hierro, se implementaron dos métodos de síntesis: (i) preparación de carbones activados mediante un tratamiento de carbonización hidrotermal (HTC) asistida con H₃PO₄ en bajas concentraciones, seguido de un tratamiento de activación a 450°C y posterior tratamiento térmico a elevada temperatura (soporte denominado AS). La incorporación de la especie catalítica se realizó durante el tratamiento hidrotermal (HTC_Fe) usando tres precursores de Fe. Para la denominación de estas muestras se añade el precursor al final de la nomenclatura, (ii) preparación de material carbonoso mediante HTC en presencia de nitrógeno (N) y fósforo (P) y posterior tratamiento térmico (P_N/AS). En este caso, la síntesis de los catalizadores de Fe, se llevó a cabo mediante HTC en presencia del precursor de Fe, un precursor de N y ácido fólico como precursor de P y posterior tratamiento térmico (Fe_P_N/AS).

Todos los catalizadores resultantes se caracterizaron mediante adsorción física de gases, XPS, DRX, ICP y se evaluó su actividad electrocatalítica en las reacciones OER, HER o ORR.

Resultado y discusión

La caracterización de las propiedades texturales de los materiales desarrollados mostró que el carbón activado (AS) preparado tiene una superficie específica de ~ 1470 m² g⁻¹. Además, al introducir la fase activa (Fe) en los soportes carbonosos, se modifica las propiedades texturales. Sin embargo, todos los materiales presentan superficies específicas elevadas (~ 1110 m² g⁻¹). Las curvas de polarización de la OER, HER y ORR permiten el estudio de la actividad catalítica; con esta caracterización fue posible determinar que el electrocatalizador con la mayor actividad catalítica en la OER y HER es aquel en el cual se incorpora fosfato de hierro durante la HTC (HTC_Fe_fosfato), mostrando un potencial de 1.62 V y -0.51 V, respectivamente para alcanzar una densidad de corriente de 10 A g⁻¹ en comparación con el HTC_Fe_nitrato, que muestra un potencial de 1.70 V para la OER y -0.73 V para la HER. Por otra parte, el catalizador que se preparó con el método de síntesis (ii) (Fe_N_P/AS), mostró un buen comportamiento catalítico para la ORR con un potencial de inicio de 0.91 V. La caracterización de la textura porosa de este catalizador muestra una superficie específica de ~820 m² g⁻¹.

Conclusiones

En el presente estudio se han logrado obtener electrocatalizadores basados en hierro preparados mediante un protocolo de síntesis sencillo introduciendo la especie catalítica durante el tratamiento hidrotermal. Estos resultados muestran la viabilidad de utilizar esta metodología para preparar electrocatalizadores con características prometedoras para su aplicación en las reacciones de OER, HER y ORR.

Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto PID2021-123079OB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y "ERDF A way of making Europe" y MPR agradece su beca predoctoral a la Generalitat Valenciana (GRISOLIAP/2021/033).

Referencias

- ^[1] N. Maruzaman, W. Mohamed Zin, K. Kamarudin, N. Saleh, F. Yusoff. Recent advances in transition metals- based materials as electrocatalysts for water splitting, Intern. Jour. of Electrochemical Science (2023), 18, 100187.
- ^[2] A. Li, Y. Sun, T. Yao, H. Han. Earth-abundant transition-metal-based electrocatalysts for water electrolysis to produce renewable hydrogen, Chem. Eur. J. (2018), 24, 18334.
- ^[3] A. Barroso, M. Franco, C. Fernández, A. Macías, V. Gómez. Temperature dependence of the electrical conductivity of activated carbons prepared from vine shoots by physical and chemical activation methods, Micro. and Meso. Mat. (2015), 209, 1387-1811.