



Extracto de cáscara de plátano como agente estabilizante de nanomagnetita

Plantain Peel Extract as a Stabilizing Agent for Nanomagnetite

Juan Diego BALLEEN-CASTAÑEDA^{a,c}, Jeanet RODRIGUEZ-MAYUSA^b, José G. CARRIAZO^c, Juan Alberto TORRES-LUNA^{c,*}

^a Facultad de Ciencias, Programa de Química, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A., Bogotá, Colombia.

^b Grupo de investigación Productos Naturales, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A., Bogotá, Colombia.

^c Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas (Lab-DRES), Universidad Nacional de Colombia-Bogotá, Carrera 30 No. 45-03, Ciudad Universitaria, Edificio 451, Bogotá 111321, Colombia, *jatorreslu@unal.edu.co

Presentación Poster 53

ABSTRACT

Magnetite (Fe_3O_4) is a technologically relevant material due to its magnetic properties, low toxicity, and chemical reactivity, especially at the nanoscale. The synthesis of these nanoparticles (NPs) often requires toxic stabilizers. However, these can be replaced by low-cost and widely available natural sources, such as the metabolites present in plantain peels aqueous extract (ABPE). These metabolites facilitate the formation and stabilization of Fe_3O_4 nanoparticles (Magnetite-NPs) [1-3]. Consequently, in this study, the green synthesis of Magnetite-NPs was carried out using the hydrothermal method ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, ABPE, 4M NaOH, and autoclave at 170 °C/6 h), where ferrous chloride was used as the only iron source to explore the feasibility of ABPE not only as a stabilizing agent but also as a partial oxidant of Fe^{2+} to Fe^{3+} , both essential for Fe_3O_4 formation. For comparison, Magnetite-NPs previously synthesized by coprecipitation (using ferrous chloride and ferric chloride in the presence of ABPE and NaOH) were used [4].

X-ray diffraction (XRD) characterization (Figure 1A) enabled the analysis of the crystal structure and estimation of particle size using the Scherrer equation, confirming the formation of magnetite [4] with crystallite sizes of 38 nm for hydrothermally synthesized Fe_3O_4 (H- Fe_3O_4) and 20 nm for coprecipitation-synthesized Fe_3O_4 (C- Fe_3O_4). Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) (Figure 1B) revealed the presence of carboxyl and hydroxyl groups from the metabolites in ABPE [5]. The UV-Vis spectrum of the aqueous extract (Figure not included) displayed two distinct regions: the first exhibited a broad band with a maximum absorption wavelength (λ_{max})



at 278 nm, characteristic of $\pi \rightarrow \pi^*$ electronic transitions ($C=C$). The second region contained two low-intensity shoulders at λ_{max} 317 nm and 388 nm, possibly attributed to $n \rightarrow \pi^*$ transitions ($C=O$). These bands and the overall UV-Vis spectral profile correlate with the presence of polyphenols, such as catechins (λ_{max} 278 nm) ^[6], consistent with literature reports indicating that these metabolites have been found in banana peel extract by other authors. While further analysis is needed to confirm the identity of these metabolites, the evidence found in this study suggests that the organic compounds present during synthesis played a key role in iron oxidation and Fe_3O_4 nanoparticle stabilization.

Additionally, FTIR spectra of $H-Fe_3O_4$ and $C-Fe_3O_4$ (Figure 1B) only exhibited the characteristic magnetite vibrations (peaks at 570 and 400 cm^{-1}), with no detectable organic matter signals, confirming the effectiveness of the washing procedure (water, ethanol).

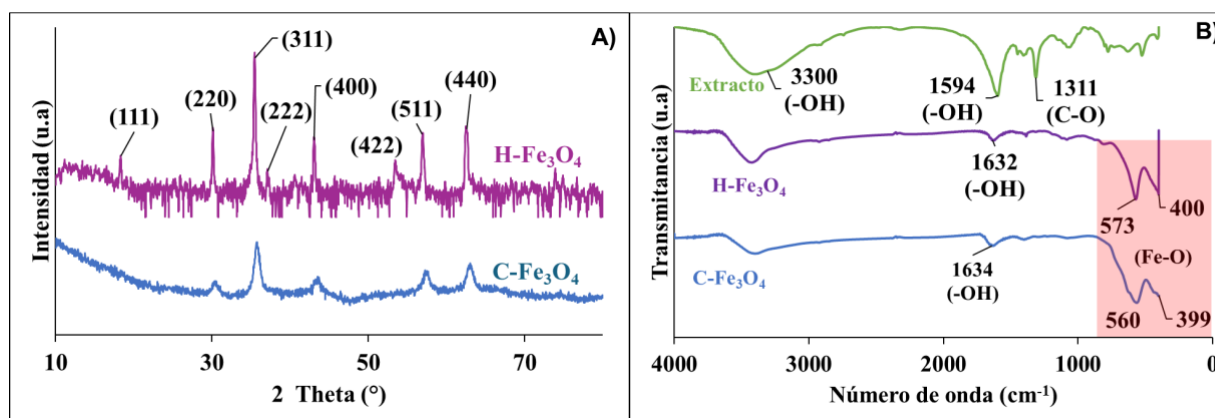


Figura 1. Perfiles de difracción (A) y espectros de FTIR de los dos sólidos sintetizados y del extracto vegetal (B).

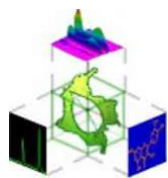
In conclusion, the presence of ABPE during the hydrothermal procedure led to the successful synthesis of Fe_3O_4 nanoparticles, whose characterization was like that of $C-Fe_3O_4$ but using only one reagent as an iron source, which aligns with green chemistry principles.

Key words:

Green synthesis of magnetite nanoparticles; plantain peels aqueous extract.

RESUMEN

La magnetita (Fe_3O_4) es un material de interés tecnológico debido a sus propiedades magnéticas, baja toxicidad y reactividad química, especialmente a escala nanométrica. La obtención de dichas nanopartículas (Nps) requiere el empleo de estabilizantes tóxicos. Sin embargo, estos pueden ser reemplazados por fuentes naturales de bajo



costo y alta disponibilidad, como los metabolitos presentes en el extracto acuoso de cáscara de plátano (EACP). Dichos metabolitos facilitan la formación y estabilización de nanopartículas de Fe_3O_4 (Nps-Magnetita) ^[1-3]. En consecuencia, en este estudio, se realizó la síntesis verde de Np-Magnetita por el método hidrotérmico ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, EACP, NaOH 4 M y autoclave a 170 °C/6 h) en el que se usó cloruro ferroso como única fuente de hierro con la intención de explorar la viabilidad de usar el EACP no solo como agente estabilizante, sino también para oxidar parcialmente del Fe^{2+} a Fe^{3+} , ambos necesarios en la preparación de Fe_3O_4 . Para comparar, se empleó Nps-Magnetita previamente sintetizada por coprecipitación (utilizando cloruro ferroso y cloruro férrico en presencia de EACP y NaOH) ^[4].

La caracterización de los nanomateriales por difracción de rayos X (Figura 1A) permitió analizar la estructura cristalina y estimar el tamaño de partícula mediante la ecuación de Scherrer, confirmando la formación de magnetita ^[4] con tamaño de cristalitas de 38 nm para la síntesis hidrotérmica (H- Fe_3O_4) y 20 nm para la síntesis por coprecipitación (C- Fe_3O_4). La Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (Figura 1B) mostró la presencia de grupos carboxilos e hidroxilos pertenecientes a los metabolitos en el EACP. El espectro UV-Vis del extracto acuoso (Figura no incluida) muestra dos zonas, en la primera se observa una banda ancha, con longitud de onda de máxima absorción (λ_{max}) en 278 nm, señal característica a la transición electrónica $\pi \rightarrow \pi^*$ ($\text{C}=\text{C}$). Mientras que, en la segunda, existen dos hombros de baja intensidad, ubicados en λ_{max} 317 nm y 388 nm, señales posiblemente atribuidas a transiciones $n \rightarrow \pi^*$ ($\text{C}=\text{O}$). Las anteriores bandas y la apariencia del espectro UV-Vis se correlacionan con la presencia de polifenoles, como las catequinas, λ_{max} 278 nm ^[5]. Lo cual concuerda con la literatura, ya que dichos metabolitos han sido encontrados por otros autores en el extracto acuoso de cáscara de plátano ^[6]. Si bien, hace falta más análisis para corroborar la identidad de dichos metabolitos, la evidencia encontrada en este trabajo es que los compuestos orgánicos presentes durante la síntesis desempeñaron un papel clave en la oxidación del hierro y la estabilización de las nanopartículas de Fe_3O_4 . Por otro lado, los FTIR de H- Fe_3O_4 y C- Fe_3O_4 (Figura 1B) solo muestran las vibraciones características de la magnetita (picos en 570 y 400 cm^{-1}), y la no presencia de grupos atribuibles a materia orgánica aseguran la eficiencia del procedimiento de lavado (agua, etanol).

En conclusión, se tiene que la presencia de EACP durante el procedimiento hidrotérmico condujo a la obtención de nanopartículas de Fe_3O_4 , cuya caracterización fue similar a la mostrada por C- Fe_3O_4 , pero con un solo reactivos como fuente de hierro, lo cual es favorecido desde la química verde.

Palabras clave:

Síntesis verde de nanopartículas de magnetita; extracto acuoso de cáscara de plátano.

Agradecimientos/Acknowledgements

Agradecemos al grupo de investigación Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas de la Universidad Nacional de Colombia y a la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. por suministrar los recursos



necesarios para desarrollar esta investigación, y a esta última por ayudar en establecer las mejores condiciones experimental para obtener el extracto vegetal. Este trabajo fue desarrollado en el Lab-DRES (Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas) de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

We would like to thank the Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas at the Universidad Nacional de Colombia research group and the Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. for providing the necessary resources for this work, and the latter for helping establish the optimal experimental conditions for obtaining the vegetable extract. This work was conducted at the Lab-DRES (Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas) at the Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Referencias/References

- [1] PAREDES PÁEZ, E. J. *Síntesis Y Caracterización De Nanopartículas De Magnetita Utilizando Diferentes Concentraciones De Extracto Acuoso De Cáscara De Plátano*. Pregrado, (Química). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (2023).
- [2] VENKATESWARLU, S., *et al.* (2014). Bio-Inspired Green Synthesis of Fe₃O₄ Spherical Magnetic Nanoparticles Using Syzygium Cumini Seed Extract. *Physica B: Condensed Matter* **449**: 67-71. [[DOI](#)]
- [3] DHAR, P. K., *et al.* (2021). Green Synthesis of Magnetite Nanoparticles Using Lathyrus Sativus Peel Extract and Evaluation of Their Catalytic Activity. *Cleaner Engineering and Technology* **3**: 100117. [[DOI](#)]
- [4] MACHMUDAH, S., *et al.* (2016). Synthesis of Polyhedral Magnetite Particles by Hydrothermal Process under High Pressure Condition. *Journal of Engineering and Technological Sciences* **48**(6): 753-771. [[DOI](#)]
- [5] TANIGUCHI, M., *et al.* (2023). Digital Database of Absorption Spectra of Diverse Flavonoids Enables Structural Comparisons and Quantitative Evaluations. *Journal of Natural Products* **86**(4): 1087-1119. [[DOI](#)]
- [6] SOMEYA, S., *et al.* (2002). Antioxidant Compounds from Bananas (Musa Cavendish). *Food Chemistry* **79**(3): 351-354. [[DOI](#)]