

Tratamiento de membranas de óxido de grafeno mediante intercalación de aminas y su aplicación en la filtración de efluentes textiles

Raúl Pla*, Álvaro Palomo, Jose Alberto Baeza, Luisa Calvo, Noelia Alonso-Morales, Miguel Ángel Gilarranz

Departamento de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Madrid. 28049, Madrid

raul.pla@uam.es

Palabras clave: membranas, óxido de grafeno, aminas, filtración.

Introducción

La industria textil es una de las mayores generadoras de aguas contaminadas, siendo los tintes y las sales los principales solutos que se encuentran en sus efluentes. Las membranas de óxido de grafeno (GO) se han posicionado como una alternativa en el tratamiento de este tipo de aguas [1]. Por ello, en este trabajo se plantea la formación de membranas de GO utilizando aminas para modular sus propiedades y su aplicación en el tratamiento de agua contaminada con mezclas de tintes sintéticos y sales.

Experimental

Las membranas de GO se prepararon mediante filtración a vacío controlado a 100 hPa sobre un soporte de Nylon ($\phi = 47$ mm, $d_{\text{poro}} = 0,45$ μm) [2]. Para ello, se empleó 40 mL de la suspensión de GO comercial (Graphenea) en agua miliQ con una concentración de 10 mg L⁻¹. Algunas suspensiones fueron tratadas con diferentes aminas: 1,3-diaminopropano (DAP), 1,4-fenilendiamina (PDA) y 1,5-diaminonaftaleno (DAN). Para ello, se adicionaron las aminas a las suspensiones hasta alcanzar concentraciones de estas de 0,01 – 0,1 M y, posteriormente, se agitó la mezcla durante 50 minutos y se sometió a 10 minutos de ultrasonidos a 90 W. Además, también se estudió la utilización de etanol como medio solvente a la hora de preparar las membranas.

Todas las membranas preparadas se emplearon en la filtración de un tinte (Disperse Blue 3), una sal (NaCl) y una mezcla de ambos, con concentraciones de 120 y 1000 mg L⁻¹, respectivamente. Estos ensayos se realizaron en un sistema de flujo cruzado con un caudal de 2 mL min⁻¹ y una presión transmembrana de 2 bar. Las membranas se caracterizaron mediante DRX y XPS, tanto la membrana nueva como la utilizada.

Resultados y discusión

El análisis de las membranas por XPS reveló un incremento del contenido atómico en nitrógeno en las membranas tratadas con las aminas, desde un 0,8 % en la membrana sin tratar hasta un 5,4 – 10,1 % en las membranas tratadas con las distintas aminas. Esto indica una adecuada incorporación de las aminas a las membranas de GO. Por otro lado, a partir del análisis realizado mediante DRX se observó un incremento del espacio interlaminar de las membranas tratadas con las aminas, desde un valor de 7,7 Å hasta valores de 8,9 – 13,2 Å, siendo otra evidencia de la correcta introducción de las aminas entre las láminas de GO.

En los ensayos de filtración realizados con el tinte se observó una permeabilidad de 0,6 L h⁻¹ m² bar⁻¹ para la membrana de GO sin aminas con un rechazo total del tinte. En el caso de las membranas tratadas con las aminas, la permeabilidad incrementó significativamente hasta alcanzar 5,4 L h⁻¹ m² bar⁻¹, manteniéndose el rechazo de tinte por encima del 98 % en todos los casos. En cuanto a los ensayos de filtración realizados con la sal, se obtuvieron rechazos muy bajos (3 - 9 %). Sin embargo, la utilización de etanol como medio solvente del GO utilizado en la formación de la membrana, condujo a retenciones muy superiores de la sal, lográndose un rechazo del 28 % en la membrana sin adición de aminas y del 58 % cuando se trató con DAN (Figura 1a).

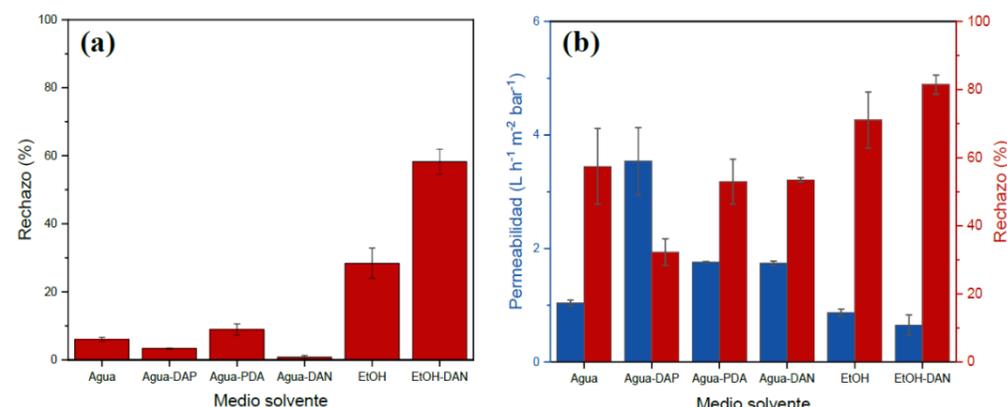


Figura 1. (a) Rechazo de las disoluciones de NaCl y (b) permeabilidad y rechazo de NaCl en las disoluciones mezcla (NaCl + Disperse Blue 3).

En los ensayos de filtración de la mezcla de sal y tinte, el rechazo de la sal incrementó notablemente sin que esto afectara al rechazo del tinte, que se mantuvo por encima del 96 % en todos los casos. El mayor rechazo de sal se correspondió de nuevo a las membranas formadas con etanol como medio solvente, con retenciones del 71 y 82 % para la membrana sin tratar y la tratada con DAN, respectivamente (Figura 1b).

Conclusiones

Las membranas de GO han demostrado un gran potencial en la retención de tintes sintéticos con valores superiores al 98 %. El tratamiento con aminas y la variación del medio solvente permite variar propiedades importantes de las membranas como son el espacio interlaminar, que provocan un aumento en la permeabilidad de la membrana sin perder capacidad en la retención del tinte. La retención de sales se vio muy favorecida cuando se empleó etanol como medio solvente en la preparación de la membrana (58 %). En el caso de corrientes mezcla de tinte y sal, se mejoró el comportamiento de la misma con la intercalación de DAN, logrando una membrana capaz de retener el 82 y 97 % de sal y tinte, respectivamente, sin afectar significativamente a la permeabilidad.

Agradecimientos

Agencia Estatal de Investigación [RTI2018-098431-B-I00 (MCIU/AEI/FEDER, UE), PID2021-122248OB-I00 (MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE)] y Comunidad de Madrid [PEJ-2020-AI/IND-18302].

Referencias

- [1] E. F. D. Januário, T. B. Vidovix, N. C. L. Beluci, R. M. Paixão, L. H. B. R. da Silva, N. C. Homem, R. Bergamasco, A. M. S. Vieira, Advanced graphene oxide-based membranes as a potential alternative for dyes removal: A review, Science of the Total Environment, 2021; 789:147957
- [2] M. Fernández-Márquez, R. Pla, A. S. Oliveira, J. A. Baeza, L. Calvo, N. Alonso-Morales, M. A. Gilarranz, Improvement of water filtration performance of graphene oxide membranes on Nylon support by UV-assisted reduction treatment: Control of molecular weight cut-off, Chemical Engineering Journal, 2022; 449:137807.