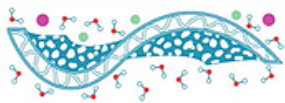




MEMORIAS DEL CONGRESO DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS





SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

Mesa Directiva

Jesús Salvador Jaime Ferrer, Presidente

Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, CIATEC.

Beatriz Torrestiana Sánchez, Vicepresidenta

Instituto Tecnológico de Veracruz, ITV.

Jennifer Alexis Bañuelos Díaz, Tesorera

Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, CIATEC.

José Luis Santiago García, Secretario de Organización

Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., CICY.

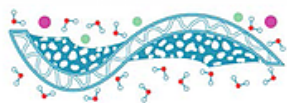
Gustavo Adolfo Fimbres Weihs, Secretario de Difusión

Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON.

Comité Científico

- Alaín Tundidor Camba, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Georgette Rebollar Pérez, Universidad Autónoma de Puebla.
- Jorge Palomeque Santiago, Instituto Mexicano del Petróleo.
- José Manuel Pérez Francisco, Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos.
- Juan José Quiroz Ramírez, Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas.
- Julio Sánchez, Universidad de Santiago de Chile.
- Manuel Aguilar Vega, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
- María del Pilar González Muñoz, Universidad de Guanajuato.
- Yamile Pérez Padilla, Universidad Autónoma de Yucatán.





SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

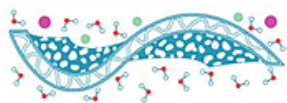
Contenido

Programa

Jueves, 21 de Junio

8:00	Registro
9:00	Inauguración
9:10	Fraccionamiento de hidrolizados de proteína de yema de huevo empleando membranas de ultrafiltración <i>A.I. Peñaranda López, Silvie N. Ríos Morales, E. Brito de la Fuente, B. Torrestiana Sánchez</i>
9:30	Efecto de la composición de materia prima en el desempeño de los procesos de membranas durante la clarificación del extracto y la purificación de glucosidos de stevia <i>L.N. Campos Puentes, B. Torrestiana Sánchez, M.G. Aguilar Uscanga, P.M. Mendoza García.</i>
9:50	Membranas de alto rendimiento resistentes a altas temperaturas para aplicaciones de filtración de solventes orgánicos <i>B.A. Pulido, S. Chisca, S.P. Nunes.</i>
10:10	Conferencia Plenaria Funcionalidad de membranas de poliuretano en la remoción de contaminantes del agua <i>Dra. Ana Laura Martínez Hernández</i> <i>Instituto Tecnológico de Querétaro</i>
11:00	Café
11:20	Aplicación del proceso de ultrafiltración para la clarificación y fraccionamiento de sangre de bovino hidrolizada <i>S.N. Ríos Morales, J.S. Acosta Camacho, C.J. Mundí Nova.</i>
11:40	Efecto de las condiciones de operación sobre el desempeño de la ultrafiltración tangencial de extracto de nopal <i>Opuntia ficus indica</i> <i>V. Carpintero Tepole, M. Córdoba Aguilar, L.A. Vázquez León, A. Blancas Cabrera, G. Ascanio Gasca</i>
12:00	Elaboración de membranas a base de quitosano para su uso en procesos de filtración <i>A.L. Aguilar-Ruiz, R.G. Sánchez-Duarte, G.A. Fimbres-Weihs, J. López-Cervantes, D.I. Sánchez-Machado, J. Álvarez-Sánchez.</i>
12:20	Caracterización superficial de membranas de ultrafiltración de PVDF modificadas con PSS y plasma de argón <i>I.G. Sandoval-Olvera, M.P. González-Muñoz, L. Palacio, J.I. Calvo, A. Hernández, M. Ávila-Rodríguez, P. Prádanos.</i>
12:40	Modificación de capa activa de membrana comercial de ósmosis inversa mediante quitosano <i>G.A. Fimbres Weihs, J. Álvarez Sánchez, P.G. Torres Valenzuela, R.G. Sánchez Duarte, M.A. Correa Murrieta, H. Raval.</i>
13:00	Comida
15:30	Sesión de carteles



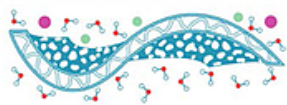


SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

Viernes 22 de Junio

8:00	Registro
9:00	Efecto de la adición de clinoptilolita amino-impregnada sobre las propiedades de membranas híbridas a base de polisulfona para separación de CO₂/CH₄ <i>G. Castruita de León, A. de J. Montes Luna, C.Y. Yeverino-Miranda, H.I. Meléndez Ortiz, J.A. Mercado Silva, B.A. Puente Urbina, L.A. García Cerda.</i>
9:20	Síntesis y caracterización de membranas altamente permeables a base de poliimidas con grupos <i>tert</i>-butilo <i>R. Sulub-Sulub, M.I. Loria-Bastarrachea, H. Vázquez-Torres, J.L. Santiago-García, M. Aguilar-Vega.</i>
9:40	Efecto de la modificación microestructural en membranas bifásicas densas cerámico-carbonatos en la permeación selectiva de CO₂ a altas temperaturas <i>O. Ovalla-Encinia, J. Ortiz-Landeros, H. Pfeiffer, Y.S. Lin.</i>
10:00	Conferencia Plenaria Desarrollo de membranas compuestas de intercambio protónico a base de SPEEK para aplicaciones en sistemas de compresión electroquímica de hidrógeno <i>Dra. Mayra Polett Gurrola</i> <i>Laboratorio Nacional de Micro y Nanofluídica (LABMyN)</i>
10:50	Café
11:10	Síntesis y propiedades de permeación de gases en membranas a base de nanocompuestos de polinorbornen dicarboximidas cloradas <i>D. Zarate, J.A. Cruz-Morales, M.A. Tlenkopatchev, S. Gutiérrez Flores.</i>
11:30	Validación de simulaciones CFD mediante experimentación con válvula oscilante en sistemas de osmosis inversa <i>J.L. Robles Magdaleno, G.A. Fimbres Weihs.</i>
11:50	Caracterización de membranas poliméricas de PVDF tratadas químicamente para la inserción estable de TiO₂ <i>F.V. Arias Ruiz, G. Rangel Porras, M.P. Muñoz González.</i>
12:10	Aplicación de velocimetría de imagen de partículas (PIV) para la validación de simulaciones por CFD en canales de membranas <i>M.F. Suzuki Valenzuela, J.L. Robles Magdaleno, G.A. Fimbres Weihs.</i>
12:30	Fabricación de membranas poliméricas cargadas con citrato de sildefanil como sistema de liberación de fármaco para el posible tratamiento de la hipertensión arterial pulmonar crónica <i>E.J. Torres Martínez, L.E. Martínez Topete, J.M. Cornejo Bravo, R. Vera Graciano, J. Pantoja, A. Serrano Medina, A. Leticia Iglesias, G.L. Pérez González, L.J. Villarreal Gómez.</i>
13:10	Comida
15:30	Sesión de carteles/Premiación
17:00	Asamblea General



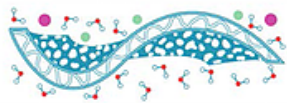


SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

Resúmenes de presentaciones orales

- O-01.** Fraccionamiento de hidrolizados de proteína de yema de huevo empleando membranas de ultrafiltración. *A.L. Peñaranda López, Silvie N. Ríos Morales, E. Brito de la Fuente, B. Torrestiana Sánchez*5
- O-02.** Efecto de la composición de la materia prima en el desempeño de los procesos de membranas durante la clarificación del extracto y la purificación de glucósidos de stevia. *L.N. Campos Puentes, B. Torrestiana Sánchez, M.G. Aguilar Uscanga, P.M. Mendoza García*7
- O-03.** Membranas de alto rendimiento resistentes a altas temperaturas para aplicaciones de filtración de solventes orgánicos. *B.A. Pulido, S. Chisca, S.P. Nunes*9
- O-04.** Aplicación del proceso de ultrafiltración para la clarificación y fraccionamiento de sangre de bovino hidrolizada. *S.N. Ríos Morales, J.S. Acosta Camacho, C.J. Muvi Nova*12
- O-05.** Efecto de las condiciones de operación sobre el desempeño de la ultrafiltración tangencial de extracto de nopal *Opuntia ficus indica*. *V. Carpintero Tepole, M. Córdoba Aguilar, L.A. Vázquez León, A. Blancas Cabrera, G. Ascanio Gasca*14
- O-06.** Elaboración de membranas a base de quitosano para su uso en procesos de filtración. *A.L. Aguilar-Ruiz, R.G. Sánchez-Duarte, G.A. Fimbres-Weihs, J. López-Cervantes, D.I. Sánchez-Machado, J. Álvarez-Sánchez*16
- O-07.** Caracterización superficial de membranas de ultrafiltración de PVDF modificadas con PSS y plasma de argón. *I.G. Sandoval-Olvera, M.P. González-Muñoz, L. Palacio, J.I. Calvo, A. Hernández, M. Ávila-Rodríguez, P. Prádanos*18
- O-08.** Modificación de capa activa de membrana comercial de ósmosis inversa mediante quitosano. *G.A. Fimbres Weihs, J. Álvarez Sánchez, P.G. Torres Valenzuela, R.G. Sánchez Duarte, M.A. Correa Murrieta, H. Raval*20
- O-09.** Efecto de la adición de clinoptilolita amino-impregnada sobre las propiedades de membranas híbridas a base de polisulfona para separación de CO₂/CH₄. *G. Castruita de León, A. de J. Montes Luna, C.Y. Yeverino-Miranda, H.I. Meléndez Ortiz, J.A. Mercado Silva, B.A. Puente Urbina, L.A. García Cerda*22
- O-10.** Síntesis y caracterización de membranas altamente permeables a base de poliimidas con grupos tert-butilo. *R. Sulub-Sulub, M.I. Loría-Bastarrachea, H. Vázquez-Torres, J.L. Santiago-García, M. Aguilar-Vega*24
- O-11.** Efecto de la modificación microestructural en membranas bifásicas densas cerámico-carbonatos en la permeación selectiva de CO₂ a altas temperaturas. *O. Ovalle-Encinia, J. Ortiz-Landeros, H. Pfeiffer, Y.S. Lin*27
- O-12.** Síntesis y propiedades de permeación de gases en membranas a base de nanocompuestos de polinorbornen dicarboximidaz cloradas. *D. Zárate, J.A. Cruz-Morales, M.A. Tlenkopatchev, S. Gutiérrez Flores*30
- O-13.** Validación de simulaciones CFD mediante experimentación con válvula oscilante en sistemas de ósmosis inversa. *J.L. Robles Magdaleno, G.A. Fimbres Weihs*32

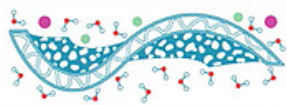




SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

- O-14.** Caracterización de membranas poliméricas de PVDF tratadas químicamente para la inserción estable de TiO_2 . *F.V. Arias Ruiz, G. Rangel Porras, M.P. González Muñoz*.....34
- O-15.** Aplicación de velocimetría de imagen de partículas (PIV) para la validación de simulaciones por CFD en canales de membranas. *M.F. Suzuki Valenzuela, J.L. Robles Magdaleno, G.A. Fimbres Weibs*.....36
- O-16.** Fabricación de membranas poliméricas cargadas con citrato de sildefanil como sistema de liberación de fármaco para el posible tratamiento de Hipertensión Arterial Pulmonar Crónica. *E.J. Torres Martínez, L.E. Martínez Topete, J.M. Cornejo Bravo, R. Vera Graziano, J. Pantoja, A. Serrano Medina, A. Leticia Iglesias, G.L. Pérez González, L.J. Villarreal Gómez*.....38



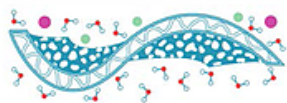


SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

Resúmenes de presentaciones en Poster

- P-01.** Azul ácido 25 y azul de toluidina soportados en membrana de polipropileno modificado. *A. Gómez de la Cruz, S.A. Domínguez Villalobos, K.E. Zárate-Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa, G. Reyes-Teófilo*. 40
- P-02.** Efecto de la concentración de ácido acrílico en la funcionalización de membrana de polipropileno. *J.A. Ortega Estrada, K.E. Zárate Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa, I. García Orozco*.....42
- P-03.** Efecto del grado de injerto sobre el hinchamiento de membrana pp/acrilato. *B.G. Suárez Espinoza, K.E. Zárate Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa, R. Romero Romero*44
- P-04.** Estudio de las condiciones de modificación de polipropileno utilizando biopolímeros. *J.I. Mendoza Pichardo, K.B. Peña Saúza, N. Reyes Consuelo, K.E. Zárate-Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa*.....46
- P-05.** Optimización de la metodología de polimerización por injerto de pp/aa. *G. Reyes-Teófilo, K. Moreno-Pérez, K.E. Zárate-Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa*48
- P-06.** Funcionalización de membrana de polipropileno con 2-hidroxyetilmetacrilato y metacrilamida a través de una reacción de polimerización por injerto. *N. Reyes Consuelo, D.B. Morales Almaraz, K.E. Zárate-Rodríguez, E. González González, R.M. Gómez-Espinosa*50
- P-07.** Efecto de distribución de peso molecular en poliuretanos termoplásticos (TPU) para membranas con aplicación a membranas de destilación por contacto directo (MDCD). *Y. Aguilar-Costumbre, J.A. Lambert, V.A. Escobar-Barrios*52
- P-08.** Síntesis y caracterización de una polinorbornén dicarboximida fosforilada para membrana de intercambio protónico. *Carlos A. Rangel Osornio, Mercedes Gabriela Téllez Arias, Alejandro Onchi, Arlette A. Santiago, Joel Vargas*54
- P-09.** Incorporación del ácido oleico en la síntesis y caracterización de una nueva poliamida sulfonada. *Carlos Corona-García, Morelia H. Abrego, Arlette A. Santiago, Joel Vargas*56
- P-10.** Modificación química de la polisulfona (PSf) y sus efectos en la obtención de membranas de intercambio iónico. *M. Sánchez Luna, V.A. Escobar Barrios*58
- P-11.** Membranas intercambiadoras de aniones basadas en nanofibras compositas de poliepiclorhidrina y poliacrilonitrilo para su uso en electrodiálisis inversa. *P. Haros Saucedo, J.A. Bañuelos Díaz, J.S. Jaime Ferrer*.....60
- P-12.** Síntesis y caracterización de membranas de intercambio protónico para desarrollo de tecnología PEM. *M.V. Contreras-Martínez, A. Rico-Zavala, M.P. Gurrola, L.G. Arriaga*.....62
- P-13.** Electrohilado de membranas de intercambio catiónico nano-estructuradas para su aplicación en electrodiálisis inversa. *L. Robles, J.S. Jaime Ferrer, J.A. Bañuelos Díaz*.....64
- P-14.** Síntesis y caracterización de una nueva polinorbornén dicarboximida sulfonada para intercambio iónico. *Isabel Ruiz, Alejandro Onchi, Arlette A. Santiago, Joel Vargas*.....66
- P-15.** Funcionalización de polipropileno con acrilato de sodio para la remoción de plomo. *K.E. Zárate-Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa, R. Natividad-Rangel, F. Cortés-Guzmán*.....68

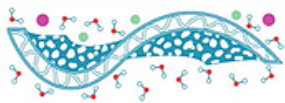




SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

- P-16.** Remoción de azul de metileno desde soluciones acuosas utilizando membranas sulfonadas. *M. Yam-Cervantes, M. Aguilar-Vega, J. Sánchez, G. del C. Pizarro, D. Oyarzun, J.L. Santiago-García*.....70
- P-17.** Naranja de xilenol soportado en membrana de polipropileno modificada para ser utilizada como indicador metalcrómico. *S.A. Domínguez Villalobos, A. Gómez de la Cruz, K.E. Zárate-Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa, D.B. Morales Almaraz, T.I. Morales Juárez*.....72
- P-18.** Síntesis y caracterización de nuevas polinorbornén dicarboximidas conteniendo isómeros del grupo naftil. *Karen. A. Peñaloza, Isabel Ruiz, Arlette A. Santiago, Rosalía Cortés, Carlos A. Rangel-Osornio, Joel Vargas*74
- P-19.** Propiedades de transporte de gases de membranas de poli(amida-imida)s orto-funcionales. *R.J. Canto Acosta, M.I. Loria Bastarrachea, H.J. Carrillo Escalante, M. Aguilar-Vega, J.L. Santiago-García*76
- P-20.** Purificación de biodiésel obtenido a partir de grasas y aceites residuales empleando tecnología de membranas. *A.R. Gamboa Alcántara, B. Torrestiana Sánchez*78
- P-21.** Polipropileno-almidón como soporte de puntos cuánticos de carbono. *D.B. Morales-Almaraz, K.B. Peña-Sauza, J.I. Mendoza-Pichardo, K.E. Zárate-Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa*.....80
- P-22.** Separación selectiva de CO₂ mediante el uso de membranas inorgánicas densas. *J.A. Fabián-Anguiano, J. Ortiz-Landeros*.....82
- P-23.** Producción y caracterización de membranas a base de quitosano para la liberación de fármacos. *M.F. Manjarrez-Corral, D.I. Sánchez-Machado, J. López-Cervantes*84
- P-24.** Propiedades mecánicas de las esponjas de colágeno de piel de tilapia (*Oreochromis aureus*). *R.D. Valenzuela-Rojo, D.I. Sánchez-Machado, J. López-Cervantes, Olga N. Campas-Baypoli*.....86
- P-25.** Permeación de hidrógeno en una membrana Pd-Ag a partir de una mezcla binaria CO₂-H₂. *M.X. Cordero-García, S.A. Gómez-Torres, E.M. Salinas-Rodríguez, M.E. Hernández-Terán*88





Fraccionamiento de hidrolizados de proteína de yema de huevo empleando membranas de ultrafiltración

A.L. Peñaranda López¹, Silvie N. Ríos Morales¹, E. Brito de la Fuente², B. Torrestiana Sánchez¹

¹Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz, Av. M. A. de Quevedo 2779, Veracruz, Ver. 91860, México.

²Product and Process Engineering Center, Global Manufacturing Pharmaceutical, Pharmaceuticals Division, Fresenius Kabi Deutschland GmbH, Rathausplatz 12, D-61352 Bad Homburg, Germany.

Palabras clave: Proteína de yema de huevo, hidrolizado, péptidos, ultrafiltración.

Introducción

En el proceso de extracción de fosfolípidos de la yema de huevo, se obtiene un subproducto rico en proteína, el cual es generalmente desechado por las plantas procesadoras de lecitina. Un método empleado para el aprovechamiento de subproductos ricos en proteína es la hidrólisis enzimática, ya que los hidrolizados pueden usarse para el mejoramiento de las propiedades nutricionales de los alimentos. Adicionalmente, los hidrolizados pueden fraccionarse y/o purificarse para obtener péptidos con actividades biológicas importantes o amino ácidos que incrementan su valor nutricional o comercial. La ultrafiltración (UF) se ha empleado en el fraccionamiento de hidrolizados de proteínas de diferente origen (Benhabiles et al., 2012; Chi et al., 2014; Ranamukhaarachchi et al., 2013; Vandanjon et al., 2009); sin embargo, la mayoría de los trabajos tienen como objetivo principal evaluar la actividad biológica de las fracciones obtenidas, pero no se han encontrado reportes donde se evalúe de manera sistemática el desempeño del proceso de UF en función de variables como: la concentración inicial de proteína, la presencia de grasa en la mezcla de reacción o las propiedades de las membranas durante el fraccionamiento de hidrolizados proteicos de yema de huevo. Por lo anterior, se planteó en este trabajo estudiar el efecto de la composición de los hidrolizados y de las propiedades de la membrana (naturaleza y MWCO) durante el fraccionamiento de hidrolizados de proteína de yema de huevo libre de lecitina (P).

Materiales y Métodos

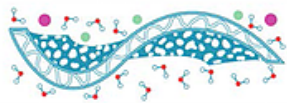
Se obtuvieron hidrolizados a partir de concentraciones elevadas de proteína de yema de huevo libre de lecitina (P) y diferentes contenidos de grasa ([G]) empleando la enzima alcalasa 2.4 L. Los hidrolizados se fraccionaron mediante un proceso multietapa de membranas de 10, 5 y 1 kDa de diferente naturaleza: celulosa regenerada (CR), polietersulfona (PES) y triacetato de celulosa (TAC). En esta etapa se empleó una celda agitada que opera en condiciones de flujo pistón y se evaluó el desempeño de las membranas en términos de flux y la concentración de péptidos en cada fracción.

Posteriormente, se seleccionó la membrana polimérica que presentó los mejores resultados en flujo pistón y se comparó con membranas cerámicas tubulares empleando módulos que operan en flujo tangencial. En esta etapa se establecieron condiciones hidrodinámicas para mantener un flux sostenible durante el proceso de fraccionamiento. El contenido de proteína en la alimentación, el retenido y el permeado se determinó por el método de Kjeldahl. La distribución de pesos moleculares de las fracciones obtenidas se analizó por cromatografía de exclusión de tamaño.

Resultados y Discusiones

En el sistema flujo pistón, se observó que durante el fraccionamiento de los hidrolizados, el flujo para membranas con peso molecular de corte similar varió en el siguiente orden CR>>PES>TCA. Se evaluó la permeabilidad al agua de las membranas antes y después del fraccionamiento, y se observó





SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

que las membranas de RC presentaron el menor ensuciamiento y las de PES la mayor interacción con los componentes de la mezcla. Estos resultados fueron atribuidos a diferencias en el nivel de hidrofiliicidad y la estructura interna de las membranas. En el sistema tangencial, las membranas de CR también presentaron un mejor desempeño que las membranas cerámicas. Por otro lado, se observó que un aumento en la concentración de proteína produjo una disminución en el flux independientemente del contenido de grasa en la mezcla. La presencia de grasa afectó el flujo de manera importante cuando la concentración de proteína fue 10%, pero su efecto fue menor cuando la concentración de proteína fue mayor. Aparentemente, las interacciones entre la grasa y la membrana fueron minimizadas en presencia de altas concentraciones de péptidos, siendo este último factor el que controla la transferencia de masa durante el fraccionamiento.

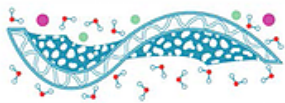
Conclusiones

El mejor rendimiento en términos de flux y el menor ensuciamiento se obtuvieron con membranas de celulosa regenerada durante el fraccionamiento de hidrolizados de proteína de yema de huevo. Las interacciones entre la grasa y la superficie de la membrana fueron significativas cuando se empleó una baja concentración de proteína. Sin embargo, estas interacciones fueron reducidas de manera significativa cuando la concentración de proteína fue mayor.

Referencias

- M.S. Benhabiles et al. 2012. Fish protein hydrolysate production from sardine solid waste by crude pepsin enzymatic hydrolysis in a bioreactor coupled to an ultrafiltration unit. *Mater. Sci. Eng. C* 32(4):922-28.
- C.-F. Chi et al. 2014. Isolation and characterization of three antioxidant pentapeptides from protein hydrolysate of honk fish (*Lophius Litulon*) muscle. *Food Res. Int.* 55: 222–28.
- Ranamukhaarachchi et al. 2013. Production of antioxidant soy protein hydrolysates by sequential ultrafiltration and nanofiltration. *J. Membr. Sci.* 429: 81–87.
- L. Vandanjon et al. 2009. Fractionating white fish fillet hydrolysates by ultrafiltration and nanofiltration. *J. Food Eng.* 95(1): 36-44.





Efecto de la composición de la materia prima en el desempeño de los procesos de membranas durante la clarificación del extracto y la purificación de glucósidos de stevia

L.N. Campos Puentes, B. Torrestiana Sánchez, M.G. Aguilar Uscanga, P.M. Mendoza García

Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz, Ver. México

Palabras clave: Stevia, ramas, flux sostenible, composición.

Introducción

Los edulcorantes que contienen glucósidos de stevia son ampliamente conocidos, entre otros por su alta capacidad endulzante y bajo poder calórico. Los glucósidos responsables del sabor dulce son principalmente el rebaudiósido A y el esteviósido, los cuales se encuentran tanto en las hojas como en las ramas de la planta, *Stevia rebaudiana Bertoni* (Madan et al., 2010). Industrialmente se utiliza la planta completa en el proceso de extracción y purificación de los glucósidos, con el fin de aprovecharla el máximo (González y Moralejo, 2011). Sin embargo, la composición de los extractos obtenidos de la planta completa (hojas + breña o ramas) puede variar respecto al de las hojas limpias, no únicamente en el contenido de glucósidos, sino también de otros compuestos tales como: clorofila, polifenoles, proteínas, fibra y cenizas. En este trabajo se estudió el impacto de la composición de los extractos obtenidos de hojas limpias y de la planta completa (hojas + breña) en el desempeño de membranas durante la clarificación de los extractos y la purificación de los glucósidos: Rebaudiósido A y esteviósido.

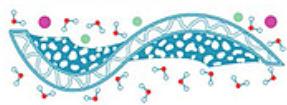
Materiales y Métodos

La materia prima: hojas limpias (HL) y hojas + breña (HB) de la planta *Stevia rebaudiana Bertoni* fue proporcionada por la empresa Mayan Sweet Stevia (Yucatán). La materia prima se caracterizó en términos de humedad A.O.A.C 925.10., ceniza A.O.A.C 933.03., lípidos A.O.A.C 920.85., fibra A.O.A.C. 978.10., proteína A.O.A.C 920.87., carbohidratos, polifenoles (D'Oliveira et al., 2011), clorofila (Kaushik et al., 2010) y concentración de rebaudiósido A y steviósido (Lavini et al., 2008). Los extractos se caracterizaron en función del pH, color, turbidez, sólidos totales disueltos (STD), polifenoles, clorofila, proteína, rebaudiósido A y steviósido. Los extractos se clarificaron por microfiltración (MF) y se purificaron por ultrafiltración-diafiltración (UF/DF) y se concentraron por nanofiltración (NF). Los tres procesos se operaron en condiciones hidrodinámicas que permitieron mantener un flux sostenible. Se optimizó la recuperación de los glucósidos empleando diagramas de rendimiento *versus* tiempo de proceso (Y-t) (Venkiteshwaran y Belfort, 2010) durante la MF y diagramas de rendimiento *versus* pureza (Y-P) en el proceso de UF/DF (Reis y Saksena, 1997).

Resultados y Discusión

Se encontraron diferencias en el contenido de ceniza, fibra, proteína, y glucósidos entre las hojas de stevia limpia y las hojas con breña. Los extractos de HL y HB también presentaron diferencias significativas en el pH, color y turbidez y en las concentraciones de clorofila y polifenoles. Durante la clarificación se mantuvieron valores de flux sostenibles de 166 y 155 L/m²h con los extractos de HL y HB, respectivamente. En la etapa de purificación por UF/DF se encontraron valores de flux sostenible





SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

de 152 y 90 L/m²h para los extractos HL y HB, respectivamente. Esto sugiere que la diferencia en la composición de la materia prima y por lo tanto de los extractos, tiene mayor impacto en la ultrafiltración. En esta etapa del proceso se obtuvo una reducción de color, de turbidez y de STD muy similar para las dos materias primas. Sin embargo, durante la UF del extracto clarificado de HL no se retuvieron los polifenoles y la clorofila, lo que si sucedió con el extracto de HB. Esto se atribuyó a interacciones electrostáticas de estos compuestos con la membrana de UF que ocurrieron al pH en el que se procesó el extracto de hojas limpias. Los diagramas Y-t y Y-P permitieron establecer condiciones para la recuperación de más del 90% de los glucósidos en MF y del 100% en la UF, permitiendo una eficiencia global del proceso del 86%. Durante la concentración de los extractos diafiltrados por NF se removieron aún más polifenoles y clorofila, y no se encontró diferencia significativa en los valores de flux ni de los porcentajes de retención de los glucósidos provenientes de HL o HB.

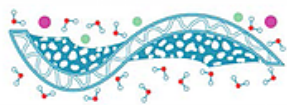
Conclusiones

Los resultados de este trabajo indicaron diferencias significativas en la composición de los extractos de hojas limpias y de la planta (hojas + breña) de Stevia. Estas diferencias afectaron el desempeño (flujo y selectividad) de las membranas de UF en la etapa de purificación. La optimización para maximizar la recuperación de glucósidos empleando diagramas de rendimiento *versus* tiempo en la MF y de pureza *versus* rendimiento en la UF/DF, permitieron obtener un rendimiento global del proceso de purificación de los glucósidos de Stevia de 86%.

Referencias

- L. D'Oliveira Sant'ana, A.B. Buarque Ferreira, M.C. Affonso Lorenzon, R.L. Louro Berbara, R.N. Castro. 2014. Correlation of total phenolic and flavonoid contents of Brazilian honeys with colour and antioxidant capacity. *Int. J. Food Prop.* 17:65-76.
- A. González, S. Moralejo. 2011. Aproximación a la comprensión de un endulzante natural alternativo, la Stevia Rebaudiana Bertoni: Producción, consumo y demanda potencial. *Agroalimentaria* 17(32):57-69.
- R. Kaushik, P. Narayanan, V. Vasudevan, G. Muthukumaran, U. Antony. 2010. Nutrient composition of cultivated stevia leaves and the influence of polyphenols and plant pigments on sensory and antioxidant properties of leaf extracts. *J. Food Sci. Technol.* 47(1):27-33.
- A. Lavini, M. Riccardi, C. Pulvento. 2008. Yield, quality and water Consumption of Stevia rebaudiana Bertoni grown under different irrigation regimes in Southern Italy. *Ital. J. Agron.* 2:135-143.
- S. Madan, S. Ahmad, G.N. Sing, K. Kohli, Y. Kumar, R. Singh, M. Garg. 2010. Stevia rebaudiana Bertoni: A review. *Indian J. Nat. Prod. and Resour.* 1(3):267-286.
- R. Van Reis, S. Saksena. 1997. Optimization Diagram for Membrane Separations. *J. Membr. Sci.* 129(1):19-29.
- A. Venkiteswaran, G. Belfort. 2010. Process optimization diagrams for membrane microfiltration. *J. Membr. Sci.* 357(1-2):105-108.





Membranas de alto rendimiento resistentes a altas temperaturas para aplicaciones de filtración de solventes orgánicos

B.A. Pulido, S. Chisca, S.P. Nunes.

King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Biological and Environmental Science and Engineering Division (BESE), 23955-6900 Thuwal, Saudi Arabia.

Palabras clave: Polímeros de alto rendimiento, membranas entrecruzadas, filtración de solventes orgánicos.

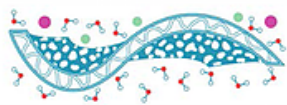
Introducción

En este trabajo se explora el uso de polímeros de alto rendimiento para fabricar membranas porosas resistentes a solventes orgánicos y altas. Los procesos de separación y purificación de medios orgánicos en la industria química consumen una gran cantidad de energía y recursos (Marchetti et al., 2014). Gran parte de estos procesos se basan en destilaciones térmicas las cuales son poco eficientes. La implementación de membranas para lograr dichas separaciones en solventes orgánicos es una alternativa prometedora para la reducción de costes de operación y mejorar la eficiencia en reactores químicos (Peeva et al., 2013). Sin embargo dichas membranas requieren ser resistentes a solventes orgánicos, medios oxidantes, ácidos y básicos. Inicialmente, las membranas cerámicas cubrían este nicho de aplicación, pero este tipo de membranas son significativamente más caras y quebradizas, lo cual las hace inadecuadas para el escalamiento de procesos. Por otro lado, las membranas poliméricas pueden producirse mediante *non-solvent induced phase separation* (NIPS, por sus siglas en inglés) en un sistema continuo de *roll-to-roll* a partir de soluciones líquidas. Las membranas producidas de este modo pueden ser entrecruzadas o funcionalizadas para modular las propiedades finales; por ejemplo en el entrecruzamiento químico para garantizar la resistencia a solventes orgánicos. Se ha reportado el uso de membranas entrecruzadas de polibencimidazol (Valtcheva et al., 2014), politriazol (Chisca et al., 2017) y polioxindolebifenileno (Pulido et al., 2017) para nanofiltración de solventes orgánicos. A pesar de que estos polímeros poseen altas temperaturas de descomposición, la incorporación del entrecruzamiento provoca una disminución en su resistencia térmica. Por esta razón, en este trabajo se estudia la incorporación y entrecruzamiento de grupos laterales propargilo (triple enlace carbono-carbono) en los tres polímeros mencionados. Las membranas fabricadas con estos polímeros poseen grupos alquino que son fácilmente entrecruzados con un tratamiento térmico, dando lugar a materiales reticulares con alta temperatura de descomposición y con un gran espectro de aplicación en separación en medios líquidos orgánicos.

Materiales y Métodos

Polibencimidazol fue adquirido de PBI Performance Products. Los polímeros polioxindolebifenileno y politriazol fueron preparados mediante policondensación ácida de acuerdo a métodos reportados (Hernandez et al., 2010, Chisca et al., 2017). Posteriormente los polímeros fueron modificados con bromuro de propargilo en NMP a temperatura ambiente. La estructura de los polímeros modificados fue estudiada mediante técnicas espectroscópicas (NMR, FT-IR, Raman) y fueron térmicamente caracterizados mediante TGA y DSC. Las membranas porosas se prepararon mediante el método de *non-solvent induced phase separation*. La morfología de las membranas se estudió con SEM. Se evaluó la permeabilidad y *molecular weight cut-off* (MWCO) de las membranas en solventes orgánicos polares





apróticos (DMSO, THF, DMF, NMP). El MWCO se determinó utilizando estándares de polietilenglicol en DMF-GPC.

Resultados y Discusiones

Los polímeros obtenidos (Fig. 1) tienen buena solubilidad y propiedades mecánicas que permiten la preparación de membranas por el método NIPS. Los termogramas de DSC muestran un fuerte pico exotérmico que comienza en 190°C, esto es evidencia del entrecruzamiento térmico de los grupos. Durante la segunda rampa de calentamiento, no aparece ninguna transición térmica, lo cual es consecuencia de que la reacción de entrecruzamiento fue completa. Todos los materiales entrecruzados se caracterizan por una alta temperatura de descomposición, por arriba de los 350°C. Todas las membranas tienen una buena resistencia a solventes orgánicos (insolubilidad mayor al 98% en masa), después de 21 días de permanecer inmersas. Las membranas de polibencimidazol tienen un MWCO alrededor de 1000 Da, polioxindolbifenileno de 20 kDa, y las membranas de politriazol tienen un mayor MWCO debido a que el tratamiento térmico cambia la morfología, por lo tanto, solo membranas para microfiltración pueden ser logradas. Las membranas conservan sus propiedades de permeabilidad y selectividad a temperaturas mayores a 100°C en DMF. El proceso utilizado para la preparación de membranas se realiza en medio húmedo, desde el baño no-solvente hasta la reacción de entrecruzamiento, esto evita los pasos extra de secado/mojado y ayuda a preservar la morfología y propiedades.

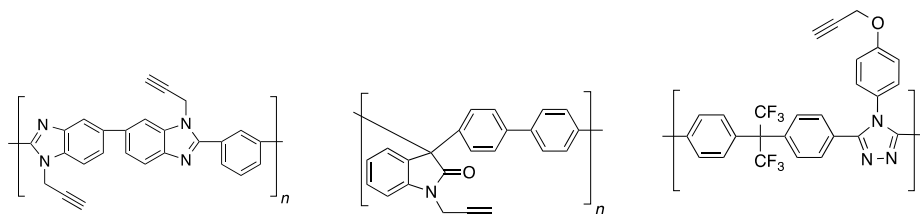


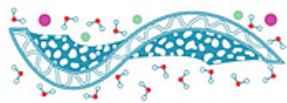
Figura 1. Polímeros de alto rendimiento utilizados en la preparación de membranas. Polibencimidazole (izquierda), polioxindolbifenileno (centro), politriazol (derecha).

Conclusiones

Las membranas porosas obtenidas poseen una excepcional resistencia a solventes orgánicos a altas temperaturas, las cuales son exitosamente utilizadas para nano y ultrafiltración en solventes orgánicos. El proceso de entrecruzamiento es completado mediante el uso de glicerol caliente, un medio económico y verde, sin la necesidad de catalizadores o reactivos adicionales. La estrategia presentada en este trabajo, la modificación mediante bromuro de propargilo y el subsecuente entrecruzamiento térmico, puede ser extendida a otros materiales que posean en su estructura grupos químicos $-NH$ o $-OH$.

Referencias

S. Chisca, P.H.H. Duong, A.-H. Emwas, R. Sougrat, S.P. Nunes. 2015. Crosslinked copolyazoles with a zwitterionic structure for organic solvent resistant membranes. *Polym. Chem.* 6(4):543-554.



SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

M.C.G. Hernandez, M.G. Zolotukhin, S. Fomine, G. Cedillo, S.L. Morales, N. Fröhlich, E. Preis, U. Scherf, M. Salmón, M.I. Chávez, J. Cárdenas, A. Ruiz-Trevino. 2010. Novel, metal-free, superacid-catalyzed "click" reactions of isatins with linear, nonactivated, multiring aromatic hydrocarbons. *Macromolecules* 43:6968-6979.

P. Marchetti, M.F. Jimenez Solomon, G. Szekely, A.G. Livingston. 2014. Molecular separation with organic solvent nanofiltration: A critical review. *Chemical Reviews* 114(21):10735-10806.

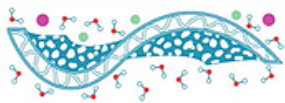
L. Peeva, J. Arbour, A. Livingston. 2013. On the potential of organic solvent nanofiltration in continuous heck coupling reactions. *Org. Process Res. Dev.* 17(7):967-975.

B.A. Pulido, C. Waldron, M.G. Zolotukhin, S.P. Nunes. 2017. Porous polymeric membranes with thermal and solvent resistance. *J. Membr. Sci.* 539:187-196.

I.B. Valtcheva, S.C. Kumbharkar, J.F. Kim, Y. Bhole, A.G. Livingston. 2014. Beyond polyimide: Crosslinked polybenzimidazole membranes for organic solvent nanofiltration (OSN) in harsh environments. *J. Membr. Sci.* 457:62-72.

A. Voge, V.A. Deimede, J.K. Kallitsis, 2012. Side chain crosslinking of aromatic polyethers for high temperature polymer electrolyte membrane fuel cell applications. *J. Polym. Sci. Pol. Chem.* 50:207-216.





Aplicación del proceso de ultrafiltración para la clarificación y fraccionamiento de sangre de bovino hidrolizada

S.N Rios Morales*, J.S Acosta Camacho, C.J. Muvdi Nova**

*Unidad de Investigación y Desarrollo de los Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz, Av. M. A. de Quevedo 2779, Veracruz, Ver. 91860, México.

**Universidad Industrial de Santander, Cra. 19 #35-02, Bucaramanga, Santander, Colombia

Palabras clave: Ultrafiltración, clarificación, sangre bovino .

Introducción

Los desechos provenientes de las casas de sacrificio animal son estrictamente controlados debido a su alta carga contaminante; dentro de estos desechos se encuentra la sangre de bovino (Chaux et al., 2009). En Colombia se sacrifican anualmente cerca de cuatro millones cabezas de ganado vacuno, que representan aproximadamente 45 mil toneladas de sangre (DANE). El 53% de dicha cantidad se vierte en cauces hídricos generando contaminación y desperdiciando el potencial nutricional presente en dicho subproducto (Silva Larrotta y Chocontá Ortega, 2007). El presente trabajo estudió la técnica con membranas de ultrafiltración aplicada a hidrolizados de sangre de bovino con el fin de ampliar los conocimientos del efecto del diámetro de poro y la permeabilidad en el tiempo, en las características fisicoquímicas de los permeados (Kokkora et al., 2012).

Materiales y Métodos

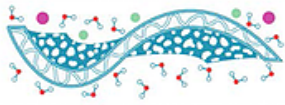
Se realizaron filtraciones con sangre hidrolizada utilizando membranas de 0.2 μm , 300 kDa, 50 kDa, 10 kDa y 5 kDa de diámetro de poro por un tiempo de 2 h. Posteriormente, se realizaron pruebas de filtración de hidrolizados de sangre con membranas de 300 kDa durante 14 h. El permeado recolectado en la etapa anterior fue secado (50°C) y analizado fisicoquímicamente.

Resultados y Discusiones

Se encontró que el diámetro de poro no influyó en las características fisicoquímicas de los permeados. En la filtración con membrana de 300 kDa durante 14 h no se presentó diferencia de las características fisicoquímicas entre los retenidos y permeados obtenidos. La permeabilidad durante esta prueba disminuyó un 52% antes de estabilizarse al cabo de 4 h. Finalmente, el permeado seco obtenido presentó un alto porcentaje de proteínas y de cenizas (68% y 24%, respectivamente) lo que permiten considerarlo para estudios futuros de valorización como aditivo para la industria alimenticia.

Conclusiones

En el estudio del diámetro de poro (prefiltrados con membrana de 0.2 μm) no se observó una influencia significativa de esta variable en las características fisicoquímicas de los permeados, las cuales fueron similares (contenido de materia seca 11%, proteína 9% y cenizas 2%). Mostrando que la membrana de 0.2 μm utilizada para la prefiltración logró retener la mayoría de los compuestos que podrían ser removidos por ultrafiltración.



SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

El filtrado de sangre de bovino hidrolizada seco obtenido con membrana de 300 kDa, presento un alto porcentaje de proteínas (68%) y minerales (24%), de los cuales 29.5 mg/100 mg corresponderían a hierro orgánico, además de una coloración ámbar. Las características mejoradas de éste con respecto a la sangre cruda permiten considerarlo para estudios futuros de valorización sobre su aplicación como aditivo para la industria alimenticia

Referencias

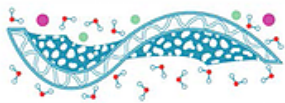
G. Chaux, G. Rojas, L. Bolaños L. 2009. Producción más limpia y viabilidad de tratamiento biológico para efluentes de mataderos en pequeñas localidades. Facultad de Ciencias Agropecuarias 7(1):102-114.

Departamento Nacional de Estadística. 2016. Sacrificio de ganado total nacional y regional-vacunos, porcinos y otras especies.

M. Kokkora, K. Petrotos, P. Gkoutosidis, C. Mpoulmpos. 2012. Application of membrane technology to slaughterhouse blood to produce edible powdered protein mixture. J. Membr. Sep. Technol. 1:35-42.

J. Silva Larrotta, O. Chocontá Ortega. 2007. Diseño experimental para la construcción de un prototipo deshidratador de sangre bovina. AVANCES Investigación en Ingeniería 6:78-89.





Efecto de las condiciones de operación sobre el desempeño de la ultrafiltración tangencial de extracto de nopal *Opuntia ficus indica*

V. Carpintero Tepole, M. Córdoba Aguilar, L.A. Vázquez León, A. Blancas Cabrera, G. Ascanio Gasca

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Circuito Exterior S/N C.P. 04510 CD. Universitaria, Cdmx. Postal 70-186

Palabras clave: Ultrafiltración tangencial, condiciones de operación, mucilago *Opuntia ficus indica*.

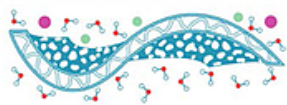
Introducción

El mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) es un polisacárido complejo con un peso molecular de 2.3×10^4 a 4.3×10^6 Da (Sáenz et al., 2004). Este polisacárido presenta diferentes propiedades (dispersante, estabilizante y emulsificante) que son de interés para las industrias alimentaria y farmacéutica (Stintzing y Carle, 2005). Diversos autores han enfocado sus estudios en la extracción y concentración del mucílago de *Opuntia ficus indica* (Sáenz et al., 2004). Estos estudios reportan altos consumos de disolventes orgánicos (etanol, acetona e isopropanol) y bajos rendimientos de recuperación de mucílago (0.07 a 1.48%, a partir de cladodios frescos). La meta principal de este trabajo es eliminar la etapa de precipitación con disolventes orgánicos y obtener un mucílago GRAS mediante el uso de UF tangencial. Pocos autores han evaluado el efecto de las condiciones de operación de la UF de extractos de nopal debido a la complejidad de este polímero en solución (alta capacidad de retención de agua y elevada viscosidad). Cassano et al., (2010) estudiaron el efecto de la UF (TMP=2.0 a 2.5 bar; T=25 a 40°C) sobre las propiedades nutricionales y funcionales de jugo de tuna *Opuntia ficus indica*. Los jugos procesados por UF con un factor de reducción volumétrica (VRF) de 2.92 incrementaron los sólidos solubles totales (TSS) y mantuvieron íntegras sus propiedades nutricionales (ácido ascórbico, glutámico y cítrico). Díaz-Sánchez et al., (2007) evaluaron el efecto de las condiciones de operación de la UF (presión transmembrana TMP=0.2 a 2.0 bar y VRF=10) durante el procesamiento de extractos de nopal con membranas de fibra hueca (1-100 kDa). A pesar de que los extractos tenían una baja concentración de mucílago (≈ 0.2 -0.4 g mucílago/100 g jugo), los valores de flujo fueron relativamente bajos (2-6 L/m²h). El objetivo de este trabajo es evaluar las condiciones de operación de UF (TMP, velocidad de flujo cruzado, V_x), el tamaño de poro de las membranas (1 a 50 kDa) y las propiedades de solución (pH) de extractos de nopal *Opuntia ficus indica* (≈ 3.0 -4.0 g mucílago/100 g jugo) sobre el desempeño del proceso (flujo de permeado y recuperación de las membranas) y sobre la calidad fisicoquímica del mucílago (comportamiento reológico y perfil de carbohidratos). A partir de los resultados de este trabajo, un paquete tecnológico será entregado a los productores de Milpa Alta.

Materiales y Métodos

La estrategia del trabajo consistió en una etapa de extracción mecánica, seguido de una etapa de concentración por UF tangencial y finalmente secado por aspersión. Eliminación de espinas y limpieza de los cladodios. Extracción mecánica de los cladodios (libre de disolventes orgánicos). **Concentración por ultrafiltración tangencial (UF)**. Los extractos de nopal (3-4 g sólidos/100 g jugo) fueron





SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

concentrados en un sistema Millipore de flujo cruzado (Pellicon® Cassette System), empleando membranas de Cassette® de Polietersulfona, PES (50 a 1 kDa) de 0.5 m². Las condiciones de operación fueron: TMP=1 a 2 bar y velocidad de flujo cruzado, $V_x=7.86E-05$ y $1.33E-04$ m/s a $23^\circ\text{C} \pm 2$. El volumen de alimentación fue de 10 L y la concentración del jugo se detuvo cuando el VRF fue ≈ 10 . El rendimiento de UF fue evaluado en función de flujo de permeado (L/m²h), permeabilidad de las membranas (L/m²hbar) y calidad fisicoquímica del mucílago (TSS, pH, potencial zeta ζ y comportamiento reológico). *Secado por aspersión*. Los jugos concentrados fueron secados por aspersión (Niro Atomizer) a una temperatura de entrada y salida de 140 y 90°C respectivamente.

Resultados y Discusiones

Los resultados obtenidos son a partir de una membrana de diámetro de poro de 50 kDa, TMP=1 bar, pH 5.6 (pH natural del extracto) a las diferentes velocidades de flujo cruzado ($V_x=7.86E-05$ y $1.33E-04$ m/s). Los resultados mostraron un incremento del flujo de permeado de 4 a 15 Lm⁻²h⁻¹ cuando la V_x fue incrementada. La concentración de sólidos en el retenido y la recuperación de las membranas se ven favorecidos con el aumento en la V_x . Las concentraciones de las muestras del retenido fueron 6.0 y 6.4 °Brix cuando la V_x fue $7.86E-05$ y $1.33E-04$ m/s respectivamente. El trabajo pendiente, es evaluar los tamaños de poro y las diferentes condiciones de operación propuestas. Así mismo se realizará la caracterización química de los polvos de mucílago (perfil de carbohidratos, potencial zeta- ζ y comportamiento reológico) para evaluar el efecto de las condiciones de operación sobre éstos.

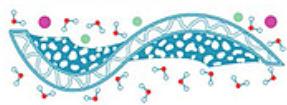
Conclusiones

Los resultados de este trabajo comprueban que el desempeño de la UF está en función de las condiciones de operación (en este caso V_x). Los extractos incrementaron más de 2 unidades su concentración después de la UF tangencial. Aún debe ser evaluado el efecto de las condiciones de la UF sobre la caracterización fisicoquímica de las muestras concentradas. Esto permitirá conocer bajo qué condiciones se obtiene el máximo rendimiento de mucílago y sobre todo que conserve sus propiedades fisicoquímicas y reológicas.

Referencias

- A. Cassano, C. Conidi, E. Drioli. 2010. Physicochemical parameters of cactus pear (*Opuntia ficus indica*) juice clarified by microfiltration and ultrafiltration processes. *Desalination* 250(3):1101-1104.
- C. Sáenz, E. Sepúlveda, B. Matsuhira. 2004. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *J. Arid Environ.* 57(3):275-290.
- F.C. Stintzing, R. Carle. 2005. Cactus stems (*Opuntia spp.*): A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol. Nutr. Food Res.* 49(2):175-194.
- C. Diaz-Sánchez, D. Ramírez Villagómez. 2007. PhD, Ultrafiltración y secado de mucílago de nopal.





Elaboración de membranas a base de quitosano para su uso en procesos de filtración

A.L. Aguilar-Ruiz^{1*}, R.G. Sánchez-Duarte¹, G.A. Fimbres-Weihs³, J. López-Cervantes², D.I. Sánchez-Machado², J. Álvarez Sánchez¹

¹Departamento de Ciencias del Agua y del Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora.

²Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias, Instituto Tecnológico de Sonora

³CONACYT-Instituto Tecnológico de Sonora 5 de Febrero 818 Sur, Ciudad Obregón, Sonora, México, CP 85000. *e-mail: a.aguilaruiz@hotmail.com

Palabras clave: Quitosano, síntesis, caracterización.

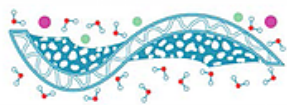
Introducción

En la actualidad la tecnología de membranas se ha convertido en una de las técnicas de separación más importantes en la industria, a raíz del uso relativamente bajo de energía y su alta capacidad de separación de mezclas que no son fáciles de separar por procesos convencionales. La membrana funciona como una pared de separación selectiva. Ciertas sustancias pueden atravesar la membrana, mientras que otras son rechazadas por ella (Ravanchi et al., 2009). Los procesos de filtración mediante membranas poliméricas, se están convirtiendo más en parte integral del futuro del agua para el consumo humano. Existe una gran variedad de polímeros de origen sintético y/o naturales para la fabricación de membranas dependiendo de la aplicación a la que vayan destinadas (Shenvi et al., 2015). La industria procesadora de mariscos es una alta generadora de desechos sólidos, ya que aproximadamente el 65% del peso vivo de estos son desechos (cascaras, cabeza y patas) que contaminan el medio ambiente se vuelven una carga económica, ya que su eliminación puede llegar a ser costosa y problemática. En la actualidad existen alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de estos desechos y su conversión en productos de utilidad, como lo son la quitina y el quitosano (Mármol et al., 2009). El quitosano es un biopolímero de origen natural que se obtiene por la desacetilación de la quitina. Además, es biodegradable, no tóxico, biocompatible, semipermeable, con propiedades filmogénicas y antimicrobianas. Esto lo hace un compuesto versátil y con gran potencial para la síntesis de membranas por su estructura anfipática, carácter hidrofílico, bajo costo y eficiencia (Leceta et al., 2013). Por lo anterior el objetivo de este estudio es sintetizar membranas a base de quitosano obtenido a partir de cáscara de camarón, usando glutaraldehído como entrecruzante, y caracterizar el grosor, ángulo de contacto, permeabilidad y resistencia de la membrana.

Materiales y Métodos

La síntesis de la membrana se realizó siguiendo el método propuesto por Zeng y Fan (2004) con algunas modificaciones. Se disolvió quitosano con polietilenglicol (PEG) en una relación (2:1) (p/p) en CH₃COOH al 2% para formar una solución al 2.25% m/v. La solución del agente entrecruzante se agregó en una relación (mol-mol) a la mezcla de quitosano/PEG. La concentración del agente entrecruzante en (% m/v) fue de 0.0125. Todo se llevó a cabo bajo agitación mecánica durante 1 h a una velocidad de 300 rpm y a temperatura ambiente hasta la formación del gel. Para obtener las membranas, las disoluciones del polímero se vaciaron en cajas petri de plástico y se colocaron en un horno a 50°C durante 14 h. Al transcurrir el tiempo se neutralizaron en NaOH al 2%. Finalmente, se





SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

colocaron en un baño maría a 70°C durante 10 h para la formación de microporos. El grosor de la membrana fue medido con un calibrador digital electrónico CALDI-6MP, mientras que el análisis del ángulo de contacto se realizó en un dispositivo Dataphysics, modelo OCA 15EC, utilizando el software SCA20. Por otra parte, se realizó la prueba de permeado para determinar la permeabilidad, resistencia y flux volumétrico, utilizando una PC con data logger para la recolección de datos.

Resultados y Discusiones

En la Tabla 1 se muestran los resultados de grosor, ángulo de contacto, resistencia y permeabilidad que se le realizaron a la membrana a base de quitosano. Las últimas dos pruebas mencionadas anteriormente se realizaron con agua destilada. Los resultados preliminares indican que la membrana obtenida cuenta con características similares a membranas utilizadas en procesos de nanofiltración y ósmosis inversa (OI). Además, se conoce que el quitosano tiene propiedades antimicrobianas que podrían evitar el ensuciamiento biológico que se pueda dar en este tipo de procesos.

Tabla 1. Características de la membrana de quitosano/PEG.

Parámetro	Resultados
Grosor (µm)	190 ± 26.85
Ángulo de Contacto (°)	58.94 ± 4.72
Flujo Volumétrico @ 4 bar (LMH)	40.41
Resistencia (m ⁻¹)	3.63×10 ¹³
Permeancia volumétrica (m Pa ⁻¹ s ⁻¹)	2.75×10 ⁻¹¹

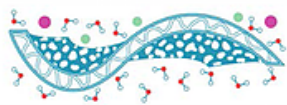
Conclusiones

Se logró sintetizar membranas a base de quitosano, que podrían ser utilizadas en procesos de nanofiltración u OI, ya que cuenta con características similares a las de membranas convencionales para este tipo de procesos. Los análisis de flujo cruzado utilizando la membrana de quitosano/PEG, permitieron destacar que esta cuenta con una permeancia volumétrica de 2.75×10⁻¹¹ m Pa⁻¹ s⁻¹, y que puede soportar presiones de más de 4 bar.

Referencias

- I. Leceta, P. Guerrero, K. de la Caba. 2013. Functional properties of chitosan-based films. Carbohydr. Polym. 93:339-346.
- Z. Mármol, G. Pérez, M. Rincón, K. Araujo, C. Aiello, C. Chandler, E. Gutiérrez. 2013. Quitina y quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones. Rev. Tecnocientífica URU 1:53-58.
- M.T. Ravanchi, K. Tahereh, K. Ali K. 2009. Application of membrane separation processes in petrochemical industry: a review. Desalination 235:199-244.
- S.S. Shenvi, A.M. Isloor, A.F. Ismail. 2015. A review on RO membrane technology: Developments and challenges. Desalination 368:10-26.
- M. Zeng, Z. Fang. 2004. Preparation of sub-micrometer porous membrane from chitosan/polyethylene glycol semi-IPN. J. Membr. Sci. 245:95-102.





Caracterización superficial de membranas de ultrafiltración de PVDF modificadas con PSS y plasma de argón

I.G. Sandoval-Olvera*, M.P. González-Muñoz*, L. Palacio, J.I. Calvo**, A. Hernández**, M.
Ávila-Rodríguez*, P. Prádanos****

*Universidad de Guanajuato, Cerro de la Venada s/n 36040, Guanajuato Gto. México.

**Grupo de Superficies y Materiales Porosos, Depto. Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Valladolid, 47071, Valladolid, España.

Palabras clave: Modificación de membranas, caracterización de membranas, PVDF, poliestirensulfonato, plasma de argón, ultrafiltración.

Introducción

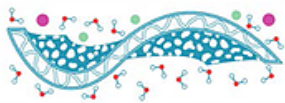
El uso de membranas poliméricas se ha incrementado en los últimos años debido a sus propiedades de separación y bajo consumo de energía en comparación con otros procesos. En ese sentido, se han desarrollado metodologías de modificación de membranas a fin de mejorar su desempeño, acondicionándolas para cubrir requerimientos específicos. La caracterización de membranas permite elucidar los cambios ocurridos con la modificación, así como los fenómenos que se llevan a cabo durante el proceso de separación. En este trabajo, membranas de ultrafiltración de poli(fluoruro de vinilideno) (PVDF), con carga positiva han sido modificadas mediante deposición de poliestirensulfonato (PSS) de sodio y posterior tratamiento con plasma. La superficie de las membranas modificadas ha sido caracterizada mediante distintas técnicas para determinar su composición, topografía, rugosidad superficial y tamaño de poro.

Materiales y Métodos

Se utilizaron membranas de ultrafiltración de PVDF (Koch Membranes Systems). De acuerdo con el fabricante, las membranas tienen carga positiva y un peso molecular de corte (MWCO) de 100 KDa. Las membranas se modificaron mediante recubrimiento, esto es, filtrando una disolución de PSS de 70 KDa. Luego del recubrimiento algunas membranas fueron tratadas con plasma de radiofrecuencia de argón. La caracterización de las membranas se realizó antes y después de la modificación. Se estudió la composición mediante XPS. La topografía y rugosidad superficial se determinó con AFM. El tamaño de poro se midió con porosimetría de desplazamiento líquido-líquido (LLDP).

Resultados y Discusiones

Luego de las modificaciones, las membranas limpias fueron etiquetadas como HFM-183, las que solo se modificaron con PSS como HFM-183+PSS y las que se modificaron con PSS y plasma de argón como HFM-183+PSS+Ar-media. De acuerdo con los porcentajes de composición atómica obtenidos mediante la técnica de XPS de las distintas membranas estudiadas: Para la membrana HFM-183, además de aparecer C y F propios del PVDF, aparecen O, N y S. Esto fue atribuido, por un lado, al soporte de polisulfona o poliétersulfona de la membrana (C, O y S) así como, al compuesto responsable de la carga positiva de la membrana (C, O y N). Para la membrana HFM-183+PSS, se observa un incremento del porcentaje de S, debido al recubrimiento con PSS. Esta nueva capa de PSS, ocasiona que el haz no penetre en la capa activa de la membrana, reduciendo los porcentajes de F y N. La



SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

membrana HFM-183+PSS+Ar-media tuvo una reducción considerable de contenido de F. Esto puede ser debido al entrecruzamiento de las cadenas de PSS, lo que ocasiona su compactación impidiendo la posterior penetración del haz de XPS. Las imágenes topográficas por AFM de las tres membranas, permitieron corroborar la modificación de la estructura superficial debido al tratamiento con PSS y posterior tratamiento con plasma. En la Figura 1, se muestran los resultados.

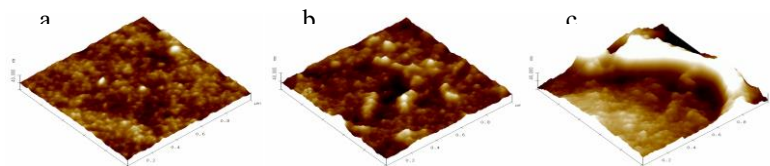
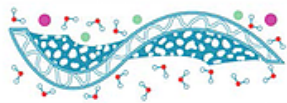


Figura 1. Imágenes topográficas de a) HFM-183, b) HFM-183+PSS y c) HFM-183+PSS+Ar-media. Tamaño de imagen 1x1 μm .

De acuerdo con la Figura 1, la membrana HFM-183 tiene una mayor regularidad y es más lisa que las membranas modificadas. En la membrana HFM-183+PSS, el recubrimiento con PSS ocasiona una superficie más irregular y con algunas aglomeraciones. Mientras que, en la membrana HFM-183+PSS+Ar-media el tratamiento con plasma aumenta las irregularidades de la superficie posiblemente por el devastado del PSS en zonas donde no se depositó adecuadamente. Finalmente, a partir del estudio mediante LLDP se obtuvieron los valores medios de distribución de radio de poro con su desviación estándar (STD) así como, el MWCO de las distintas membranas. Las membranas HFM-183 tuvieron un radio de poro de (4.76 ± 0.49) nm y MWCO (50.49 ± 8.61) kDa. Las membranas HFM-183+PSS (2.37 ± 0.13) nm y (11.89 ± 0.31) kDa respectivamente, y las membranas HFM-183+PSS+Ar-media (2.31 ± 0.12) nm y (11.23 ± 0.99) kDa respectivamente. Puede notarse que, en ambas modificaciones si bien se reduce el tamaño de poros un 50%, siguen estando en el intervalo de membranas de ultrafiltración (MWCO ≈ 11 KDa).

Conclusiones

Se modificaron membranas comerciales de ultrafiltración con PSS y plasma de argón, la caracterización por XPS mostró la deposición del PSS en la membrana, así como un efecto de compactación de la capa de PSS con el tratamiento con plasma de argón. A partir de los resultados de AFM se halló que la rugosidad de las membranas se incrementa con el recubrimiento con PSS, este efecto se incrementa en las membranas que también recibieron tratamiento con plasma. La caracterización LLDP indicó que todas las membranas están en el orden de la ultrafiltración, aunque el tamaño de poro y MWCO disminuye con la modificación en ambos casos.



Modificación de capa activa de membrana comercial de ósmosis inversa mediante quitosano

**G.A. Fimbres Weihs^{1*}, J. Álvarez Sánchez², P.G. Torres Valenzuela², R.G. Sánchez Duarte²,
M.A. Correa Murrieta², H. Raval³**

¹CONACYT–Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur. Cd. Obregón, Sonora. México

²Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de Febrero 818 Sur. Cd. Obregón, Sonora. México

³CSIR-Central Salt and Marine Chemicals Research Institute (CSIR-CSMCRI), Council of Scientific and Industrial Research (CSIR), Gijubhai Badheka Marg, Bhavnagar 364 002, Gujarat, India

*e-mail: gustavo.fimbres@itson.edu.mx

Palabras clave: Ósmosis inversa, modificación de membranas, quitosano.

Introducción

La desalinización mediante Ósmosis Inversa (OI) sobresale entre las alternativas para mitigar la escasez del agua por ser una opción sostenible a largo plazo. La OI tiene altos requerimientos energéticos, consumiendo alrededor de 3.5 kWh por cada m³ de agua marina desalinizada (AMTA 2009). Esta energía actualmente se deriva en su mayoría de combustibles fósiles no-renovables, lo que genera emisiones de gases efecto invernadero. La energía eólica y la solar fotovoltaica (FV) son las tecnologías más maduras para aplicación en desalinización (Eltawil et al., 2009).

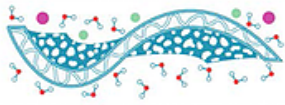
La energía solar FV es particularmente útil para regiones aisladas o de baja densidad poblacional y lejos de las redes de distribución eléctrica. Calentar el agua de alimentación a la unidad de OI enfriando los paneles solares FV permite aumentar la eficiencia de ambos sistemas, ya que la eficiencia de los paneles FV disminuye al aumentar su temperatura. Intentos para enfriar paneles mediante la transferencia de su calor al agua de alimentación de la unidad de OI se han reportado, con resultados prometedores de reducción de consumo de energía ~40% (Raval y Maiti, 2014).

El objetivo de este trabajo es modificar y caracterizar una membrana comercial mediante quitosano. Dicho compuesto presenta características antimicrobianas, por lo que se espera que la membrana modificada presente características que alarguen la vida útil de la membrana. El desempeño de la membrana modificada se analiza en términos de permeancia y selectividad, determinando su variabilidad a distintas temperaturas y así probar su viabilidad para ser utilizada en un sistema integrado FV-OI.

Materiales y Métodos

Se utiliza un equipo de flujo cruzado (Sterlitech CF042 con bomba Hydracell M-03) para probar membranas comerciales (Dow Filmtec BW30) y modificadas. Se utilizaron soluciones de cloruro de sodio (NaCl) a concentraciones representativas de aguas salobres típicas de pozos de la región. La temperatura se controla mediante un enfriador (PolyScience LS-51) conectado a un intercambiador de calor en la línea de alimentación. La captura de datos se lleva a cabo mediante un sistema automático (NI cDAQ-9174 y LabView) para mediciones de presión, temperatura, flujos de permeado y rechazo. La concentración en los flujos de alimentación, permeado y rechazo se calcula en función de la conductividad medida por un conductímetro (YSI Model 30).





SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

Se utilizó el método de modificación de superficie de membranas descrito por Raval y Maiti (2014). Este método consiste en agregar un arreglo hidrofílico supramolecular de quitosano a la superficie de una membrana de poliamida. Para esto, primeramente se somete la membrana de poliamida a un baño en solución de hipoclorito de sodio a diferentes concentraciones, a pH=11, seguido de un baño en solución de quitosano a pH=2.5. De esta manera se obtienen membranas con diversas propiedades de rugosidad, hidrofiliidad, permeabilidad y selectividad, así como distinta sensibilidad a la temperatura. Dichas propiedades son caracterizadas por equipos de medición de microscopía de fuerza atómica, ángulo de contacto y flujo cruzado.

Resultados y Discusiones

La figura 1 muestra resultados preliminares de la permeancia de la membrana comercial Dow Filmtec BW30, utilizando agua destilada a distintas temperaturas. Se aprecia una tendencia ascendente de la permeancia, debido a la disminución de la viscosidad, y a un aumento de la solubilidad y difusividad del agua en la membrana.

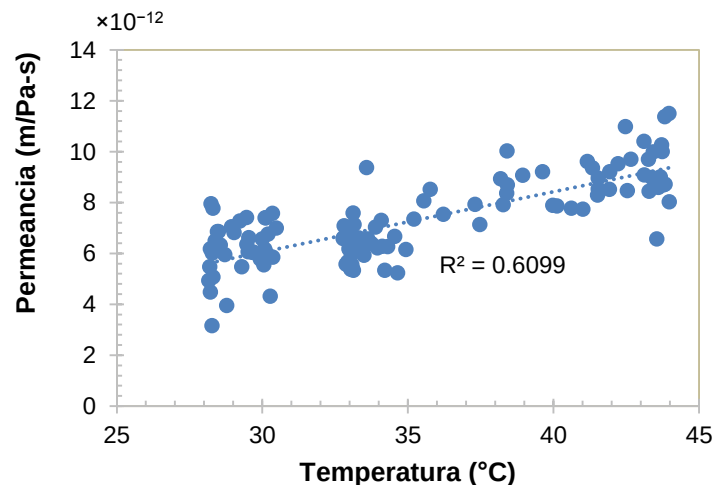


Figura 1. Variación de la permeancia de la membrana comercial Dow Filmtec BW30 al variar la temperatura.

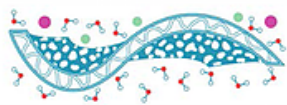
Conclusiones

Los resultados preliminares indican que operar un sistema de OI a mayor temperatura resulta en mayor flux de permeado, lo que indica un potencial para sinergias con energía solar FV. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no es conveniente operar membranas poliméricas a temperaturas demasiado altas (>45°C) pues esto disminuye su selectividad y reduce su vida útil. El estudio completo analizará dichos parámetros.

Referencias

- AMTA, Membrane desalination power usage put in perspective, American Membrane Technology Association. 2009.
- M.A. Eltawil, Z. Zhengming, L. Yuan. 2009. A review of renewable energy technologies integrated with desalination systems. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 13:2245-2262.
- H.D. Raval, S. Maiti. 2014. Ultra-low energy reverse osmosis with thermal energy recovery from photovoltaic panel cooling and TFC RO membrane modification. *Desalin. Water Treat.* 57(10):43013-4312.





Efecto de la adición de clinoptilolita amino-impregnada sobre las propiedades de membranas híbridas a base de polisulfona para separación de CO₂/CH₄

G. Castruita de León*, A. de J. Montes Luna, C.Y. Yeverino-Miranda**, H.I. Meléndez Ortiz*, J.A. Mercado-Silva**, B.A. Puente Urbina**, L.A. García Cerda****

*CONACYT-Centro de Investigación en Química Aplicada. Blvd. Enrique Reyna 140, San José de los Cerritos, Saltillo, Coah. México.

**Centro de Investigación en Química Aplicada. Blvd. Enrique Reyna 140, San José de los Cerritos, Saltillo, Coah. México.

Palabras clave: Clinoptilolita, membranas híbridas, separación de gases.

Introducción

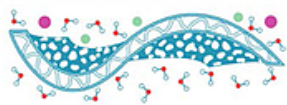
La clinoptilolita pertenece a la familia de la zeolita natural que posee excelentes propiedades de adsorción y separación de gases como CO₂, N₂, CH₄ y otros hidrocarburos ligeros (Karousos et al., 2016). Los extensos yacimientos de esta clase de zeolita así como su bajo costo la vuelven atractiva para procesos a gran escala. Sin embargo, la separación selectiva de gases con membranas ha representado en las últimas décadas la opción tecnológica con mayores expectativas para aplicación industrial. Particularmente, las membranas híbridas compuestas de una fase dispersa (generalmente inorgánica) embebida en una matriz polimérica se han investigado intensamente debido a su gran capacidad para superar las propiedades de transporte de gases de las membranas puramente poliméricas (Vinoba et al., 2017).

En el presente trabajo se presenta la preparación de membranas híbridas a base de polisulfona y clinoptilolita modificada por impregnación con diferentes aminas (Bis(2-hidroxipropil)amina, BIS, etanolamina, MEA, polietilenimina, PEI) a fin de explorar la capacidad de impregnación de cada amina y el efecto de dicha modificación sobre las propiedades y desempeño de permeación y separación de CO₂/CH₄.

Materiales y Métodos

La clinoptilolita (mina San Francisco, S.L.P) se modificó por impregnación en un rotaevaporador durante 15 min con soluciones de PEI, BIS y MEA 1:1.3 en peso de clinoptilolita:amina en etanol a una relación 1:10 clinoptilolita:etanol. El material se filtró y seco a vacío a 80°C toda la noche. Las membranas se elaboraron por *casting* con soluciones de 0.3 g de polisulfona Udel P-1700 en 1.8 ml de cloroformo. Se adicionó un 10% en peso de clinoptilolita amino-impregnada que se dispersó por ultrasonido y agitación magnética. La mezcla se vertió en un molde de vidrio y se evaporó el disolvente a condiciones ambientales y luego a vacío con rampa de calentamiento. La clinoptilolita amino-impregnada se estudió por análisis termogravimétrico (TGA). Los ensayos de permeabilidad de las membranas se realizaron con una mezcla de gases CH₄/CO₂ 95/5%mol y a diferente presión en la alimentación (50 y 150 psi) en una celda de permeación de acero inoxidable. La composición de la corriente permeada se realizó por cromatografía de gases. La permeabilidad (P) se calculó con la ecuación $P = \delta J / A(p_1 - p_0)$ y la permselectividad (S) a partir del cociente de las permeabilidades de CO₂





y CH₄. Las zeolitas también se caracterizaron por espectroscopia de infrarrojo, difracción de rayos X y las membranas por microscopia electrónica de barrido y calorimetría diferencial de barrido.

Resultados y Discusiones

En la Fig. 1 se presentan los termogramas de TGA de clinoptilolita impregnada y sin modificar. La muestra sin modificar mostró una pérdida de 4% a 225°C atribuida al agua adsorbida. En las muestras impregnadas, después de la pérdida inicial asociada al agua, se aprecia la pérdida atribuida al compuesto orgánico. Se calculó que en el caso de clino-BIS y clino-MEA se lograron contenidos de amina de 3.8 y 4.3%, respectivamente, mientras que para clino-PEI fue de 9.8%.

Los resultados de permeabilidad y selectividad de las membranas a diferentes presiones en la alimentación se resumen en la Tabla 1. De forma general se observó una disminución de la permeabilidad al aumentar la presión de 50 a 150 psi. El uso de clinoptilolita impregnada favoreció la permeabilidad del CO₂ hasta en un 31% y la selectividad hasta en un 55% de las membranas híbridas, valores que se vieron afectados negativamente con la adición de clinoptilolita sin modificar.

Por otra parte, el tipo de amina impregnada también tuvo un papel relevante en las propiedades de transporte determinadas. Si bien, la más alta permeabilidad al CO₂ se obtuvo con la membrana Psu/Clino-MEA, calculándose 22.79 Barrer, fue con la membrana Psu/Clino-BIS que se logró la separación más selectiva (S=45.78) y se mantuvo la permeabilidad del CO₂ en un valor aceptable (14.72 Barrer).

Tabla 1. Permeabilidad y selectividad CO₂ y CH₄ de membranas

Membrana	Presión (Psi)	P CO ₂ (Barrer)	P CH ₄ (Barrer)	S CO ₂ /CH ₄
Psu	50	17.34	0.59	29.38
	150	8.23	0.19	43.31
Psu/Clino	50	15.76	0.61	25.75
	150	10.60	0.71	14.94
Psu/Clino-BIS	50	14.72	0.32	45.78
	150	7.70	0.22	35.7
Psu/Clino-MEA	50	22.79	0.82	27.69
	150	10.35	0.37	28.20
Psu/Clino-PEI	50	17.37	0.57	30.73
	150	8.73	0.33	26.22

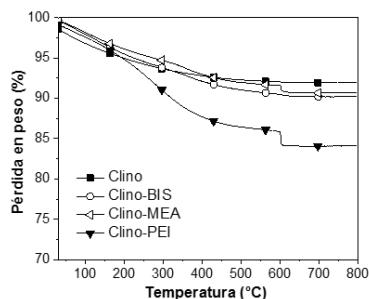


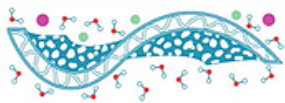
Figura 1. Termogramas de TGA de zeolitas impregnadas

Conclusiones

Los sistemas de membranas híbridas a base de polisulfona y clinoptilolita impregnada con compuestos orgánicos portadores de grupos amino representan una alternativa atractiva para separación de mezclas de gases CH₄/CO₂. Los resultados prometedores se obtuvieron a 50 psi cuando se empleó clinoptilolita impregnada con BIS alcanzándose un coeficiente de selectividad CO₂/CH₄ de 45.78. Adicionalmente, el sistema Psu/clino-MEA también resultó atractivo al registrar un incremento en la permeabilidad al CO₂ con respecto a la membrana polimérica homóloga.

Referencias

- D.S. Karousos et al. 2016. A study on natural clinoptilolite for CO₂/N₂ gas separation. *Separ. Sci. Technol.* 51:83-95.
- M. Vinoba et al. 2017. Recent progress of fillers in mixed matrix membranes for CO₂ separation. A review. *Separ. Purif. Technol.* 188:431-450.



Síntesis y caracterización de membranas altamente permeables a base de poliimidas con grupos *tert*-butilo

R. Sulub-Sulub¹, M.I. Loría-Bastarrachea¹, H. Vázquez-Torres², J.L. Santiago-García¹, M. Aguilar-Vega¹

¹Unidad de Materiales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C., Calle 43 No. 130, Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México.

²Departamento de Física, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Apdo. Postal 55-534, C.P 09340, Ciudad de México, México.

Palabras clave: Poliimidas, resistencia térmica, membranas altamente permeables.

Introducción

Las poliimidas aromáticas se encuentran entre los materiales más atractivos para las membranas de separación de gases debido a su excelente equilibrio de propiedades mecánicas, térmicas, químicas y eléctricas (Liu et al., 2012, Liaw et al., 2005). Diversos estudios reportan que la incorporación de grupos voluminosos en la cadena principal mejora las propiedades de transporte a gases de las poliimidas (Calle et al., 2010, Plaza-Lozano et al., 2015). Por lo que en el presente trabajo, se sintetizó una serie de 3 poliimidas utilizando un nuevo dianhidrido el 3,8-di(4-*tert*-butilfenil)pireno-1,2,6,7-tetracarboxílico (DP_t), que contiene grupos *tert*-butilo colocados simétricamente. Se espera que la presencia de estos grupos aumente los coeficientes de permeabilidad de estas poliimida manteniendo una alta estabilidad térmica.

Materiales y Métodos

La síntesis dianhidrido DP_t se realizó de acuerdo al Figura 1. Las poliimidas con base al dianhidrido DP_t, fueron sintetizadas por policondensación empleando el método de dos pasos a alta temperatura, como se ilustra en la Figura 2.

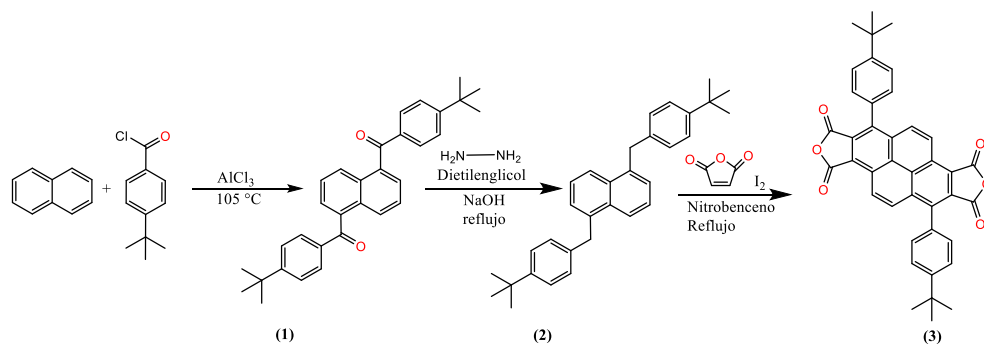


Figura 1. Esquema de reacción del monómero DP_t

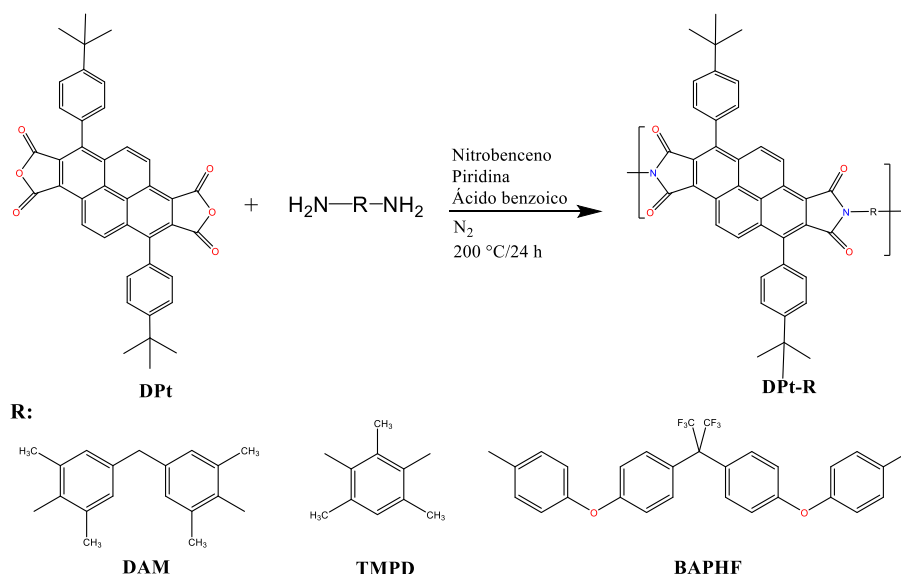
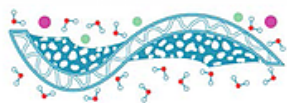


Figura 2. Esquema de reacción de las poliimidas sintetizadas en base al dianhídrido DPt

Las membranas de las poliimidas DPt-TMPD, DPt-DAM y DPt-BAPHF se prepararon por evaporación de solvente y fueron caracterizadas por análisis termogravimétrico (TGA), se midió su densidad por columna de gradiente de densidad, y sus propiedades de transporte a gases puros (CO_2 , H_2 , He , O_2 , CH_4 y N_2) utilizando una cámara de permeación de gas de volumen constante a una presión de 2 atm y 35°C .

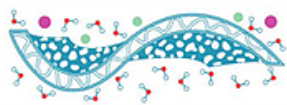
Resultados y Discusiones

Se sintetizaron 3 nuevas poliimidas con el dianhídrido DPt y 3 diaminas comerciales. Como se puede observar en la Tabla 1, todas las poliimidas mostraron alta estabilidad térmica, con una temperatura de descomposición por arriba de los 490°C . Asimismo, en la Tabla 1 se muestran los coeficientes de permeabilidad y selectividad medidos para la serie de poliimidas basadas en el DPt. Como se puede observar, la membrana DPt-TMPD muestra el mayor coeficiente de permeabilidad a gases ($P_{\text{CO}_2} = 2035 \text{ Barrer}$) con una selectividad CO_2/CH_4 de 9.9 a 2 atm y 35°C . El coeficiente de permeabilidad de CO_2 de DPt-TMPD es un 27% más alto que para DPPT-TMPD, que tiene una estructura base similar sin la presencia de los grupos *tert*-butilo pendientes (Santiago-García et. al., 2015).

Tabla1. Coeficientes de permeabilidad y selectividad, medidos a 2 atm y 35°C .

Polimida	T_d ($^\circ\text{C}$)	Permeabilidad (Barrer)						Selectividad ($\alpha_{A/B}$)		
		P_{He}	P_{H_2}	P_{O_2}	P_{N_2}	P_{CH_4}	P_{CO_2}	$\alpha_{\text{O}_2/\text{N}_2}$	$\alpha_{\text{CO}_2/\text{CH}_4}$	$\alpha_{\text{CO}_2/\text{N}_2}$
DPt-TMPD	552	490	1007	348	111	205	2035	3.1	9.9	18.2
DPt-DAM	528	285	542	158	52	86	932	3.0	10.8	17.9
DPt-BAPFH	547	177	237	56	16	21	320	3.6	15	20

1 Barrer= $10^{-10} \text{ cm}^3(\text{STP}) \text{ cm cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ cmHg}^{-1}$.



SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

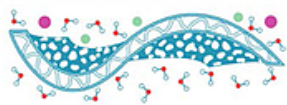
Conclusiones

Un nuevo dianhídrido el 3,8-di(4-*tert*butilfenil)pireno-1,2,6,7-tetracarboxílico, DP_t, que contienen grupos *tert*-butilos fue sintetizado con una alta pureza. Las membranas preparadas a partir de las poliimidas mostraron una alta estabilidad térmica y altos coeficientes de permeabilidad, el cual puede ser atribuido a la presencia de una FVL mayor debido a la presencia del grupo *tert*-butilo.

Referencias

- Y. Liu, Y. Zhang, Q. Lan, S. Liu, Z. Qin, L. Chen, C. Zhao, Z. Chi, J. Xu. 2012. Chem. Mater. 24:1212-1222.
- D. Liaw, F. Chang, M. Leung, M. Chou, K. Muellen. 2005. Macromolecules 38:4024-4029.
- M. Calle, A.E. Lozano, J. de Abajo, J.G. de la Campa, C. Álvarez. 2010. J. Membr. Sci. 365:145-153.
- D. Plaza-Lozano, B. Comesaña-Gándara, M. de la Viuda, J.G. Seong, L. Palacio, P. Prádanos, J.G. de la Campa, P. Cuadrado, Y.M. Lee, A. Hernández, C. Alvarez, A.E. Lozano. 2015. Today Commun. 5:23-31.
- J.L. Santiago-García, C. Álvarez, F. Sánchez, J.G. de la Camp. 2015. J. Membr. Sci. 476:442-448.





Efecto de la modificación microestructural en membranas bifásicas densas cerámico-carbonatos en la permeación selectiva de CO₂ a altas temperaturas

O. Ovalle-Encinia¹, J. Ortiz-Landeros², H. Pfeiffer¹, Y.S. Lin³

¹Laboratorio de Físicoquímica y Reactividad de Superficies (LaFReS), Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México.

²Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, IPN, UPALM.

³School for Engineering of Matter, Transport and Energy, Arizona State University.

Palabras clave: Separación de CO₂, membranas densas, modificación microestructural, modificación de la porosidad, permeación a altas temperaturas.

Introducción

En la actualidad, es un hecho aceptado que las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente de dióxido de carbono (CO₂), contribuyen al calentamiento global (Samanta et al. 2012). Para reducir dichas emisiones, la utilización y captura del CO₂ (Pfeiffer 2010) está siendo ampliamente estudiada y de la misma manera la separación del CO₂ del gas de combustión por medio de diferentes tipos de membranas (Ebner y Ritter, 2009). Recientemente las membranas densas, fabricadas con un cerámico conductor iónico y una fase eutéctica de carbonatos fundidos, se han investigado para la separación y captura de dióxido de carbono debido a que presentan selectividad teóricamente infinita (Anderson y Lin, 2006). Además, este tipo de membranas se están estudiando para la separación de CO₂ en procesos de pre-combustión dentro de los ciclos combinados de gasificación integrada (IGCC por su nombre en inglés) para la purificación de hidrógeno (H₂). El mecanismo de separación de dichas membranas (Fig. 1) consiste en la reacción del CO₂ con los iones oxígeno del cerámico (O²⁻), sobre la superficie de lado de alimentación de la membrana, para formar iones carbonato (CO₃²⁻). Los iones carbonato se difunden por medio de los carbonatos fundidos hacia el lado de permeación, debido a un gradiente de concentración de CO₂. En este punto, el CO₃²⁻ reacciona con las vacancias del cerámico (V_o) para formar CO₂ y O²⁻, el primero se libera como gas permeado y el segundo regresa hacia el lado de alimentación por medio de las vacancias del cerámico (Rui et al., 2009).

En este estudio se considera el efecto de diferentes métodos de síntesis de la membrana densa, y por lo tanto de su modificación microestructural, en las propiedades de permeación de CO₂. Para tal efecto se fabricaron membranas densas de óxido de cerio dopado con samario (Ce_{0.80}Sm_{0.20}O_{2-δ}, SDC) con una mezcla de carbonatos de elementos alcalinos (Li₂/Na₂/K₂CO₃).

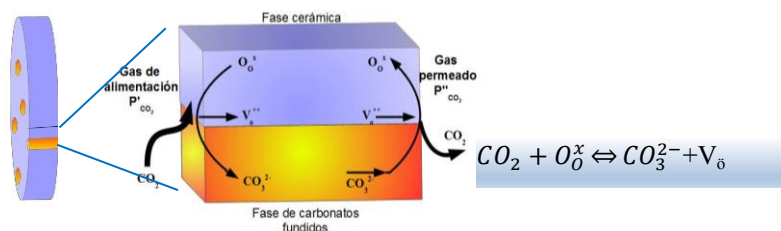
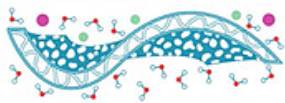


Figura 1. Representación gráfica del mecanismo de separación de CO_2 en una membrana densa cerámico-carbonatos.

Materiales y Métodos

Los polvos de SDC fueron sintetizados por el método de citrato precursor modificado con EDTA (Ding et al., 2008). Se empleó grafito y óxido de níquel (NiO) para modificar la estructura porosa y microestructura del cerámico. Las mezclas de polvos cerámicos (SDC-grafito y SDC- NiO), dentro de un molde cilíndrico, se prensaron utilizando una prensa hidráulica a 112 MPa. Los soportes en forma de disco se sinterizaron a 1200 y 1400°C para la composición con grafito y NiO , respectivamente. Durante el proceso de sinterización el grafito se desvaneció. En el caso del NiO , este fue eliminado por medio de la reducción en una atmósfera de H_2 y su posterior lixiviación en HNO_3 . Los soportes fueron caracterizados por medio del cálculo de la fracción volumen por tortuosidad de los poros y del cerámico, mediante el análisis de permeación de He y conductividad de iones oxígeno, respectivamente. Posteriormente, los soportes porosos fueron infiltrados con carbonatos fundidos. La conductividad total fue calculada utilizando la conductividad parcial de los carbonatos y del cerámico. Las pruebas de permeación se realizaron en un intervalo de temperaturas entre 700 y 950°C utilizando una mezcla de gases de alimentación de N_2 y CO_2 (50/50% V/V).

Resultados y Discusiones

Por medio de microscopía electrónica de barrido se observaron estructuras tipo ópalo (Fig. 2a) para los soportes modificados con grafito y ópalo invertido (Fig. 2b) para los soportes modificados con NiO . La permeación de CO_2 fue analizada en función de la microestructura.

Para las muestras con la misma microestructura, la permeación de CO_2 aumentó en función del incremento en la conductividad total de la membrana (Fig. 3). Sin embargo, entre las membranas con diferente microestructura se presentaron resultados más complejos. A pesar de que las membranas con microestructura en forma de ópalo invertido mostraron menor conductividad que las de forma de ópalo, estas presentaron mayor permeación de CO_2 entre 700 y 800°C, aunque entre 850 y 950°C mostraron una ligera disminución. Las energías de activación obtenidas a partir del proceso de permeación de CO_2 mostraron que las membranas con microestructura tipo ópalo invertido presentaron un mecanismo de separación favorecido por la estructura del poro y la microestructura del cerámico.

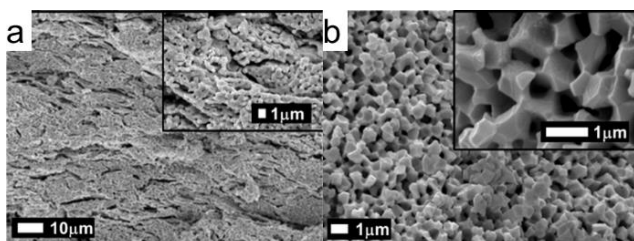
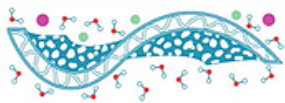


Figura 2. Micrografías obtenidas por electrones secundarios de los soportes modificados con grafito(a) y con NiO(b).

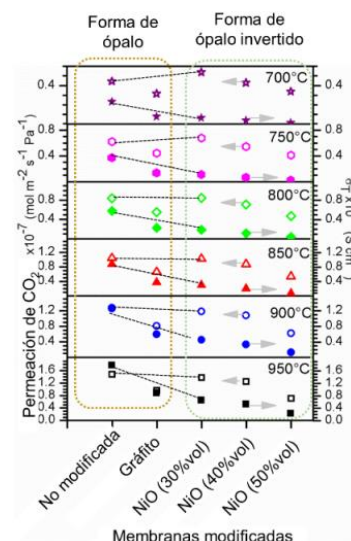


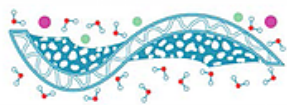
Figura 3. Correlación de la permeación de CO₂ con la conductividad total de las membranas SDC-carbonatos obtenidas mediante la adición de grafito o NiO.

Conclusiones

Los resultados mostraron que la permeación de CO₂ no solo está controlada por las propiedades intrínsecas de la membrana, es decir, la conductividad y el factor geométrico de fracción volumen por tortuosidad tanto de los carbonatos como del cerámico, sino que también por los métodos de síntesis que pueden modificar la microestructura de la membrana.

Referencias

- M. Anderson, Y.S. Lin. 2006. Synthesis and characterization of carbonate-ceramic dual-phase embranes for carbon dioxide separation. En: R. Bredesen, H. Rader (Eds.). Proc. 9th Int. Conf. Inorg. Membr. 678–681.
- X. Ding, Y. Liu, L. Gao, L. Guo. 2008. Synthesis and characterization of doped LaCrO₃ perovskite prepared by EDTA-citrate complexing method. J. Alloys Compd. 458:346–350.
- A.D. Ebner, J.A. Ritter. 2009. State-of-the-art adsorption and membrane separation processes for carbon dioxide production from carbon dioxide emitting industries. Sep. Sci. Technol. 44:1273–1421.
- H. Pfeiffer. 2010. Advances on alkaline ceramics as possible CO₂ captors. En: H. YunHang (Ed.), Adv. CO₂ Convers. Util. ACS Symp. Ser. 1056 American Chemical Society, Washington DC.
- Z. Rui, M. Anderson, Y.S. Lin, Y. Li. 2009. Modeling and analysis of carbon dioxide permeation through ceramic-carbonate dual-phase membranes, J. Membr. Sci. 345:110–118.
- A. Samanta, A. Zhao, G.K.H. Shimizu, P. Sarkar, R. Gupta. 2012. Post-combustion CO₂ capture using solid sorbents: A review. Ind. Eng. Chem. Res. 51:1438–1463.



Síntesis y propiedades de permeación de gases en membranas a base de nanocompuestos de polinorbornen dicarboximidas cloradas

D. Zárate¹, J.A. Cruz-Morales², M.A. Tlenkopatchev², S. Gutiérrez Flores¹

¹Facultad de Química, UNAM

²Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM

Palabras clave: Montmorillonita; metátesis; nanocompuestos poliméricos; separación de gases.

Introducción

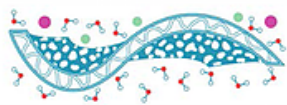
En las últimas décadas, se han realizado grandes avances en el desarrollo de la tecnología de membranas, con el fin de obtener materiales con propiedades adecuadas para su implementación en la separación de gases. En este campo, las membranas poliméricas presentan un panorama promisorio debido a su versatilidad de modificación, que les permite la variación de diversas propiedades físicas y químicas (Cruz-Morales et al., 2015). En este contexto, la síntesis de materiales compuestos ha crecido en los últimos años, debido a las mejoras de las propiedades mecánicas, térmicas y de barrera; con la adición de pequeñas cantidades de carga mineral a la matriz polimérica. Dentro de los precursores de nanocompuestos destacan las arcillas como la montmorillonita, por ser disponibles comercialmente, y principalmente, por su estructura laminar que permite su fácil dispersión en la matriz polimérica (Pavlidou y Papaspyride, 2008). El objetivo de este trabajo es el estudio de las propiedades de permeabilidad de los polímeros y nanocompuestos poliméricos derivados de norborneno con montmorillonita, para la separación selectiva de gases tales como H₂, He, N₂, O₂, CO₂ y CH₄.

Materiales y Métodos

Los monómeros sintetizados exo-endo-N-4-clorofenilnorbornilen-5,6-dicarboximida (CIPhNDI) y exo-endo-N-3,5-diclorofenilnorbornilen-5,6-dicarboximida (DCIPhNDI) fueron polimerizados vía metátesis por apertura de anillo (ROMP), bajo atmósfera inerte de N₂ y en presencia del catalizador de rutenio alquilideno [Ru(Cl₂)(=CHPh)(1,3-bis(2,4,6-trimetilfenil)-2-imidazolidinylidene)(PCy₃)] con la relación 1000:1 monómero:catalizador. Para la síntesis de nanocompuestos se empleó la misma metodología que para los polímeros, a diferencia de la adición de la montmorillonita modificada con octadecilamina (OMMT) en cantidades de 0.5% a 3% en peso. Las propiedades de permeabilidad se realizaron en una celda de permeación de doble cámara usando los gases H₂, He, N₂, O₂, CO₂ y CH₄, a una presión de 2 atm.

Resultados y Discusiones

Los polímeros obtenidos de los monómeros CIPhNDI y DCIPhNDI mostraron altos rendimientos y polidispersidades bajas (Tabla 1), lo cual es característico de la reacción de metátesis ROMP, por ser considerada una polimerización viviente. Asimismo, los pesos moleculares oscilaron entre $M_n=2.78$ a 2.89×10^{-5} . Las propiedades térmicas y mecánicas fueron mejoradas con la adición de montmorillonita (Tabla 1). Las propiedades de permeación disminuyeron en el polímero 4 al adicionar montmorillonita a la matriz polimérica (Tabla 2), debido a que las láminas del mineral impiden la difusión del gas a través



SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

de la membrana. En el caso del polímero 3 los valores no presentan un cambio sustancial para la mayoría de los gases.

Tabla 1. Rendimientos, M_n , propiedades térmicas y mecánicas de los polímeros obtenidos.

Monómero	Polímero	%OMMT	%Rendimiento	$M_n \cdot 10^{-5}$	PDI	T _g (°C)	E(MPa)
CIPhNDI	1	0	97	2.78	1.19	186.97	1,397
DCIPhNDI	2	0	96	2.89	1.20	173.73	1,084
CIPhNDI	3	2	93	2.42	1.26	190.00	1,500
DCIPhNDI	4	3	84	2.01	1.27	174.00	1,786

Tabla 2. Permeabilidad de los polímeros obtenidos

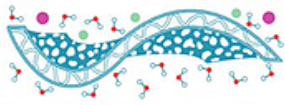
Membrana	O ₂	N ₂	CH ₄	CO ₂
1	0.92	0.16	0.19	5.66
2	3.62	1.66	1.66	9.37
3	1.01	0.20	0.22	5.32
4	2.62	---	0.40	8.73

Conclusiones

Se obtuvieron los polímeros y nanocompuestos poliméricos con el uso de montmorillonita, a partir de los monómeros CIPhNDI y DCIPhNDI. La modificación de los polímeros con la carga mineral de montmorillonita permitió una mejora en las propiedades térmicas y mecánicas de los materiales. Las propiedades de permeabilidad se ven afectadas con el uso de montmorillonita siendo el caso más notable el gas CO₂, donde las permeabilidades disminuyen de 5.66 a 5.32 barrer, en los polímeros 1 y 2, y de 9.37 a 8.73 Barrer en los polímeros 2 y 4.

Referencias

- J.A. Cruz-Morales, J. Vargas, A.A. Santiago, M. Tlenkopatchev. 2015. Permeabilidad de gases en polinorborneno imidas hidrogenadas. Rev. Cubana Quím. 27:308-314.
- S. Pavlidou, C.D. Papaspyrides. 2008. A review on polymer-layered silicate nanocomposites. Prog. Polym. Sci. 32:119-198.



Validación de simulaciones CFD mediante experimentación con válvula oscilante en sistemas de ósmosis inversa

J.L. Robles Magdaleno¹, G.A. Fimbres Weihs^{2*}

¹Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de Febrero 818 Sur. Cd. Obregón, Sonora. México

²CONACYT-Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur. Cd. Obregón, Sonora. México

*e-mail: gustavo.fimbres@itson.edu.mx

Palabras clave: Ósmosis inversa; flujo pulsátil, simulación, dinámica de fluidos.

Introducción

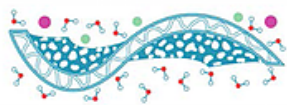
El agua es un recurso fundamental para la existencia del ser humano, tanto para su bienestar como para el desarrollo industrial, la agricultura y el saneamiento, entre muchas otras actividades. La dependencia de la sociedad por agua de buena calidad implica que, si no se cuenta con ésta, habrá un impacto negativo sobre la salud y las actividades económicas. Entre las tecnologías viables para la purificación del agua se encuentra la separación de sales mediante membranas de ósmosis inversa (OI) (Medina San Juan 2000). A pesar de ser la tecnología para desalinización con mayor presencia en el mercado a nivel mundial, la OI no está libre de problemas que causan decrementos en la producción de agua. Dichos problemas están principalmente ligados al ensuciamiento y a la polarización de concentración en la superficie de las membranas.

Se han investigado diferentes métodos para reducir la polarización de concentración sobre las membranas, siendo uno de ellos el propiciar la mejora del mezclado en la capa límite (Zamani et al., 2015). Una de las técnicas prometedoras para lograr dicha mejora es el flujo pulsátil (Gastelum Reyes y Fimbres Weihs, 2016). El objetivo de este trabajo validar experimentalmente los resultados numéricos obtenidos mediante dinámica de fluidos por computadora (CFD), para así verificar que es posible obtener mejoras en transferencia de masa y permeado a escala laboratorio.

Este trabajo presenta resultados experimentales de la operación de módulos de desalinización de agua por ósmosis inversa, con una alimentación perturbada mediante flujo pulsátil. Dicha perturbación causa un aumento en la transferencia de masa y, por ende, un aumento de productividad.

Materiales y Métodos

Se introdujeron perturbaciones de presión a un sistema de flujo cruzado mediante una válvula oscilante, a diferentes frecuencias (desde 5 Hz hasta 40 Hz). Se utilizó agua salobre, con una concentración de 5,000 ppm de cloruro de sodio (NaCl) y una membrana comercial de ósmosis inversa (Dow Filmtec BW30) en un módulo de flujo cruzado (Sterlitech CF042). Se llevaron a cabo pruebas a distintas frecuencias de oscilación de la válvula, con el objetivo de observar el efecto de la frecuencia sobre el flux de permeado. Se controló la temperatura del agua de alimentación mediante un intercambiador de calor y un sistema de enfriamiento (PolyScience Benchtop Chiller LS5). Mediante el software LabView y un sistema de adquisición de datos (NI cDAQ-9174), se tomaron datos de presión, flujo volumétrico, conductividad y temperatura de todos los flujos utilizando sensores electrónicos. El permeado se contabilizó mediante una balanza electrónica semi-analítica (Ohaus Adventurer Pro AV4101C).



Resultados y Discusiones

Los resultados experimentales muestran el efecto de la frecuencia de perturbación sobre el flux de permeado. Para el caso de un Número de Reynolds de 625, se observa un aumento en el flux de permeado de ~60% a frecuencias de oscilación entre 15 y 20 Hz. Este resultado concuerda con los resultados de simulaciones CFD, las cuales predicen un rango de frecuencias de perturbación que resultan en un aumento del flux de permeado del orden del 30%, a frecuencias de oscilación entre los 15 y 25 Hz (Fimbres-Weihs y Álvarez-Sánchez, 2016). Las discrepancias o diferencias se pueden atribuir a efectos 3D que no son considerados en los modelos de CFD.

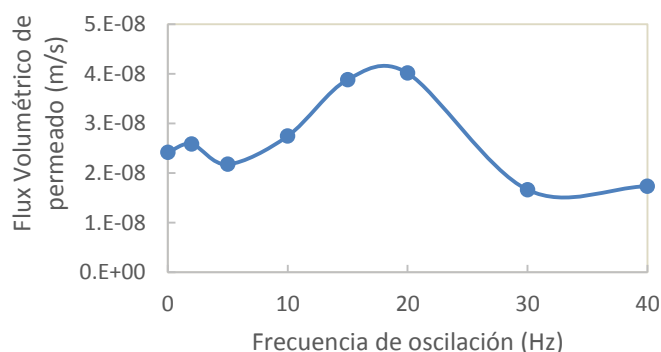


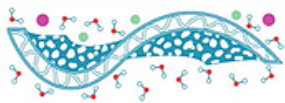
Figura 2. Resultados de permeado a 700 psi y Número de Reynolds de 625.

Conclusiones

Este trabajo presenta la validación experimental de simulaciones de sistemas de ósmosis inversa bajo flujo pulsátil. Los resultados muestran un aumento en la productividad del sistema de membranas de aproximadamente el 60%, dentro de un rango de frecuencias de oscilación entre 15 y 25 Hz, lo cual concuerda con las predicciones obtenidas por CFD.

Referencias

- G.A. Fimbres-Weihs, J. Álvarez-Sánchez. 2016. Synergies between pulsatile flow and spacer filaments in reverse osmosis modules. En: Maciel-Cerda, A. (Ed.). Membranes-Materials, simulations, and applications. Springer, Switzerland.
- M. Gastelum Reyes, G.A. Fimbres Weihs. 2016. CFD Study of optimal frequency pulsatile flow for mass transfer enhancement in spacer-filled RO membrane channels. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Membranas, 8.
- J.A. Medina San Juan. 2000. Desalación de aguas salobres y de mar: osmosis inversa. Mundi-Prensa, España.
- F. Zamani, J.W. Chew, E. Akhondi, W.B. Krantz, A.G. Fane. 2015. Unsteady-state shear strategies to enhance mass-transfer for the implementation of ultrapermeable membranes in reverse osmosis: a review. Desalination 356:328-348.



Caracterización de membranas poliméricas de PVDF tratadas químicamente para la inserción estable de TiO_2

E.V. Arias Ruiz, G. Rangel Porras, M.P. Gonzalez Muñoz.

Universidad de Guanajuato, Departamento de Química Cerro de la Venada s/N, Pueblito de rocha, C.P.36040. Guanajuato, Gto., México. Email: favaris86@hotmail.com

Palabras clave: Membrana PVDF, tratamiento alcalino-acido, TiO_2 .

Introducción

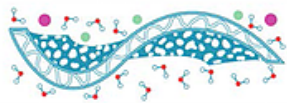
La inserción de nanopartículas sobre membranas poliméricas ha tomado fuerza, recientemente diversas investigaciones se han centrado en la inserción de TiO_2 en dichas membranas, el papel principal de la membrana consiste en actuar como soporte del fotocatalizador (TiO_2), evitando así el paso de recuperación del mismo, finalizado el proceso; uno de los inconvenientes es la pérdida del catalizador durante el proceso fotocatalítico debido principalmente a que la deposición del TiO_2 sobre la membrana se hace por recubrimiento superficial, por lo que la interacción entre la membrana y el catalizador es débil, es por eso que se ha buscado llevar a cabo modificaciones químicas en la membrana que permitan anclar de manera permanente el catalizador a la membrana, generalmente las cadenas de PVDF se activan en primer lugar por una reacción química o radiación de alta energía, seguido por el injerto de modificadores hidrófilos. Las propiedades superficiales de la membrana pueden ser mejoradas mientras que el resto de la membrana no se ve afectado significativamente (Kang y Cao, 2014). El objetivo de este trabajo es llevar a cabo una modificación química en la membrana a través de un tratamiento básico-ácido que permita generar sitios activos para poder anclar de manera permanente el TiO_2 a la superficie.

Materiales y Métodos

Se utilizaron membranas de microfiltración de PVDF hidrófilas con un tamaño de poro de $0.22\mu\text{m}$. Dos tipos de tratamiento fueron aplicados antes de llevar a cabo la deposición del TiO_2 . 1) Tratamiento NaOH. La membrana se puso en contacto con una solución al 5% de NaOH por 22 horas. 2) Tratamiento con NaOH/ H_2SO_4 después de poner en contacto con la solución de NaOH, se pone en contacto con una solución al 5% de H_2SO_4 por 22 h. Para la incorporación de TiO_2 sobre la membrana, se realiza la síntesis de dichas partículas sobre la misma, poniendo en contacto la membrana con una mezcla de EtOH e isopropóxido de Titanio IV, posteriormente se agrega HNO_3 , se deja en agitación por 24 h. Finalizado el tiempo, se pone a secar la membrana a temperatura ambiente, para posteriormente llevar a secar utilizando autoclave, por una hora. Se realizó la caracterización de las membranas mediante Microscopia de Fuerza Atómica y porosimetría de desplazamiento de Líquidos.

Resultados y Discusiones

Se realizó la caracterización superficial de las membranas tratadas con y sin la deposición de TiO_2 (Figura 1), con la finalidad de observar el efecto que tenían los diferentes tratamientos sobre la superficie de la membrana. El tratamiento básico muestra una membrana con estructura más abierta y homogénea, por lo que el tratamiento con NaOH puede provocar la ruptura de enlaces provocando una abertura en los poros de la membrana. La membrana C muestra una estructura similar a la



SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

membrana B, pero con poros un poco más cerrados, lo que nos puede dar indicios de que el tratamiento con H_2SO_4 , promueve la formación de nuevos enlaces. Posteriormente se hizo la caracterización de las membranas con TiO_2 insertado, la morfología de la membrana no cambia significativamente cuando se le ha insertado el TiO_2 , por lo que se puede decir que, si se tiene un recubrimiento de TiO_2 es una capa muy fina, la presencia del TiO_2 en dichas membranas se ha comprobado mediante espectroscopia Raman en donde los espectros muestran las señales características de la fase anatasa, mitigando las señales propias de la membrana. La caracterización por porosimetría de desplazamiento de líquidos, muestra que al realizar el tratamiento con NaOH se incrementa ligeramente el tamaño de poro de $0.354\mu\text{m}$ a $0.369\mu\text{m}$ lo cual concuerda con las imágenes de AFM donde observamos una estructura más abierta, cuando se trata con NaOH y H_2SO_4 tenemos una reducción nuevamente de poro a $0.356\mu\text{m}$ nuevamente concordando con las imágenes observadas en AFM. Cuando se realiza la deposición de TiO_2 sobre la membrana esto conlleva a un decremento en el tamaño de poro teniendo un tamaño promedio de $0.350\mu\text{m}$.

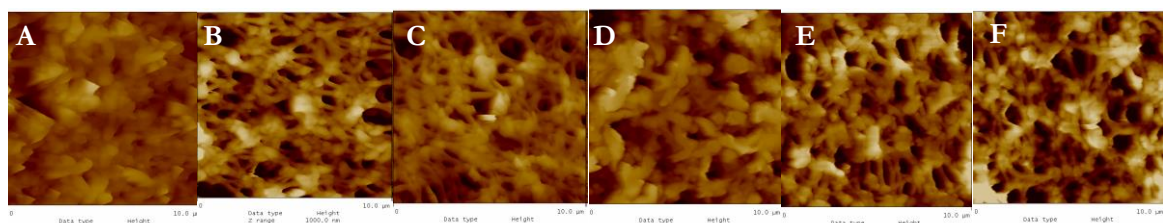


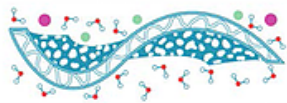
Figura 1.- Imágenes de AFM para los diferentes tratamientos ácido y/o básicos con y sin la deposición de TiO_2 en la Membrana. A) Membrana PVDF, B) Modificada con NaOH , C) Modificada $\text{NaOH}/\text{H}_2\text{SO}_4$, D) Membrana PVDF/TiO_2 , E) Modificada con NaOH/TiO_2 , F) Modificada $\text{NaOH}/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{TiO}_2$.

Conclusiones

El tratamiento con NaOH y/o H_2SO_4 permite una modificación en la estructura de la membrana, esta modificación puede permitir una inserción más estable de partículas de TiO_2 sobre la misma permitiendo así obtener un material potencial que pueda ser aplicado en procesos combinados de degradación-filtración para el tratamiento de aguas.

Referencias

G. Kang, Y. Cao. 2014. Application and modification of poly(vinylidene fluoride) (PVDF) membranes. J. Membr. Sci. 463:145-165.



Aplicación de velocimetría de imagen de partículas (PIV) para la validación de simulaciones por CFD en canales de membranas

M.F. Suzuki Valenzuela¹, J.L. Robles Magdaleno¹, G.A. Fimbres Weihs^{2*}

¹Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de Febrero 818 Sur. Cd. Obregón, Sonora. México

²CONACYT, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur. Cd. Obregón, Sonora. México

*e-mail: gustavo.fimbres@itson.edu.mx

Palabras clave: CFD, PIV, semejanza cinemática, transferencia de masa.

Introducción

Actualmente en el campo de la tecnología de membranas existe mucho interés en comprender los fenómenos que mejoran la transferencia de masa, así como optimizar la geometría de las mallas espaciadoras en módulos de membranas enrolladas (Fimbres-Weihs y Wiley, 2010). Sin embargo, aún existen lagunas en la comprensión de los fenómenos dependientes del tiempo en sistemas de membranas, aunado a las escalas geométricas reducidas, lo que ha dificultado su estudio. En lo relacionado a las geometrías, se sabe que los espaciadores promueven las inestabilidades de flujo, las cuales mejoran el mezclado reduciendo la concentración de la polarización y disminuyendo la presión osmótica, con lo que el flujo de permeado aumenta (Fimbres-Weihs et al., 2006).

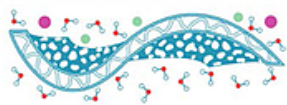
Una técnica experimental utilizada en fluidos para visualizar la velocidad es la velocimetría de imagen de partículas (PIV, por sus siglas en inglés), así como la μ PIV cuando las geometrías son reducidas. Ésta es una técnica láser que mide tres componentes de velocidad en un espacio, que se ha utilizado exitosamente para visualizar experimentalmente el comportamiento de fluidos en presencia de obstáculos. El PIV se basa en la medición del movimiento de partículas inmersas en el fluido con respecto a una cortina láser fija, mediante la toma de imágenes temporalmente espaciadas con una cámara situada frente a la cortina láser. Mediante algoritmos numéricos se identifican las partículas en las imágenes, para posteriormente determinar su cambio de posición con respecto a las imágenes previas, logrando medir sus posiciones, trayectorias y, con los datos de tiempo entre las imágenes, su velocidad (Gao et al., 2013).

El presente trabajo tiene como objetivo comparar específicamente la metodología experimental de velocimetría de imágenes de partículas (PIV) en modelos con semejanza cinemática a canales estrechos de membranas, con resultados obtenidos utilizando Dinámica de Fluidos por Computadora (CFD). Cabe resaltar que debido a las dimensiones típicas de canales de membrana sería necesario utilizar equipos de μ PIV, pero con la adecuación cinemática es posible llevar a cabo los experimentos con un equipo PIV.

Materiales y Métodos

Para que las partículas recorran distancias proporcionales al modelo en CFD y en el prototipo en los mismos tiempos, se escalan las condiciones y leyes de semejanza para establecer la semejanza cinemática entre el canal estrecho de membranas y el prototipo. Posteriormente se lleva a cabo el análisis PIV utilizando una cámara de alta velocidad y un haz lineal laser, estableciendo





SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

experimentalmente las velocidades de las partículas. Finalmente, se realizan simulaciones CFD, utilizando el paquete ANSYS-CFX. El programa resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes (continuidad y momentum) y de transporte de masa con las geometrías y condiciones del sistema, para posteriormente analizar los resultados en conjunto.

Resultados y Discusiones

Las simulaciones frecuentemente no incluyen todas las consideraciones que en la realidad se presentan, ya sea para simplificarlas y reducir su tiempo de cómputo, o por no haber sido consideradas. Es por esto que realizar una validación experimental es lo ideal. Utilizar en conjunto técnicas experimentales permite reducir los tiempos y costos de investigación, aunado a la utilización de equipos PIV con resultados homólogos a la simulación sin ser necesario utilizar equipos de mayores características, como μ PIV.

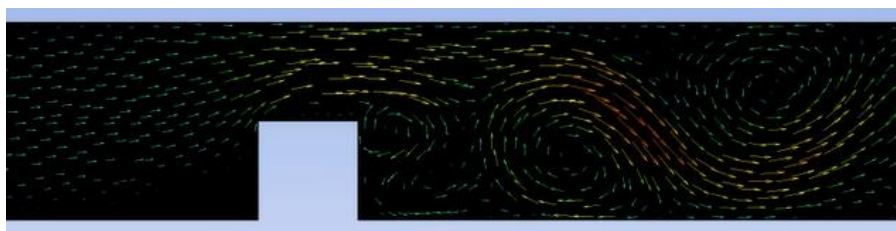


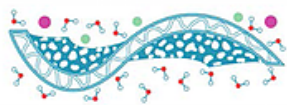
Figura 1. Resultado de la simulación CFD con Reynolds de 1800.

Conclusiones

Utilizar semejanzas geométricas para la realización de prototipos proporciona resultados suficientemente similares para ser considerados, resaltando que permite utilizar equipos PIV en problemáticas con escalas pequeñas que habitualmente utilizan equipos de μ PIV. En particular, es posible llevar a cabo mediciones con equipos PIV en canales angostos análogos a los que se encuentran en módulos de membrana, utilizando fluidos con mayor viscosidad y dimensiones más grandes, para visualizar los fenómenos de transferencia de Momentum y masa que ocurren en sistemas de membranas. Esta técnica, en conjunto con CFD, permite elucidar las relaciones complicadas que existen entre los fenómenos de mezclado, transferencia de masa y polarización de la concentración.

Referencias

- G.A. Fimbres-Weihs, D.E. Wiley, D. F. Fletcher. 2006. Unsteady flows with mass transfer in narrow zigzag spacer-filled channels: A numerical study. *Ind. Eng. Chem. Res.* 45:6594-603.
- G.A. Fimbres-Weihs, D.E. Wiley. 2010. Review of 3D CFD modeling of flow and mass transfer in narrow spacer-filled channels in membrane modules. *Chem. Eng. Process: Process Intensification* 49: 759-81.
- Q. Gao, HP. Wang, GX. Shen. 2013. Review on development of volumetric particle image velocimetry. *Chinese Science Bulletin* 58:4541-56.



Fabricación de membranas poliméricas cargadas con citrato de sildefanil como sistema de liberación de fármaco para el posible tratamiento de Hipertensión Arterial Pulmonar Crónica

E.J. Torres Martínez¹, L.E. Martínez Topete², J.M. Cornejo Bravo¹, R. Vera Graziano³, J. Pantoja⁴, A. Serrano Medina¹, A. Leticia Iglesias², G.L. Pérez González^{1,2}, L.J. Villarreal Gómez^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Otay, Tijuana, Baja California, México.

²Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México.

³Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.

⁴Hospital General de Tecate, Tecate, Baja California, México.

⁵Facultad de Medicina y Psicología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Otay, Tijuana, Baja California, México.

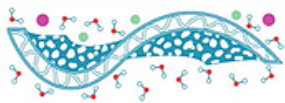
Palabras clave: Electrohilado, polímero, citrato de sildefanil, liberación controlada, sistema de liberación de fármaco.

Introducción

La hipertensión arterial pulmonar (HAP) es uno de los principales factores de riesgo para padecer enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares e insuficiencia renal, que son importantes causas de mortalidad en México. En tan solo seis años, entre 2000 y 2006, la prevalencia de HTA incrementó 19.7% hasta afectar a uno de cada tres adultos mexicanos (31.6%). Se ha evidenciado un aumento de sustancias que cierran las arterias (vasoconstrictoras) como la endotelina o tromboxano y al mismo tiempo una disminución en las que abren las arterias (vasodilatadores), como prostaciclina y óxido nítrico. Los fármacos para el tratamiento de la HAP tienen un costo muy elevado (dependiendo de las variaciones en el mercado), lo cual es una limitante en nuestro país. En México existen únicamente tres medicamentos aprobados para HAP: Ilioprost (Ventavis®), Bosentan (Tracleer®), Tadalafil (Cialis®) y uno disponible: Sildenafil (Viagra®), que este último será estudiado. El optimizar la absorción y eficacia del fármaco sildenafil es el principal objetivo de esta investigación.

Materiales y Métodos

Por lo tanto, este proyecto tiene como propósito sintetizar y caracterizar nanofibras por el electrohilado que contengan sildefanil de rápida disolución para el tratamiento de hipertensión pulmonar crónica. Para lograr esto se cargó citrato de sildefanil en nanofibras y membranas de poli(vinil alcohol) (PVAL) y poli(vinil pirrolidona) (PVP) (estos polímeros funcionarían como nanotransportadores). Se sintetizaron estas nanofibras a través de la técnica de electrohilado. Se realizó el cargado del fármaco mezclándolo en las disoluciones poliméricas. Después se caracterizó químicamente las nanofibras de PVAL y PVP modificadas, para el análisis de grupos funcionales, así como la integridad de la composición química de las nanofibras y de la unión de las nanofibras y el fármaco, se realizó el FTIR y UV, para la caracterización fisicoquímica. Referente a la estabilidad térmica se utilizó el DSC y TGA. Para el análisis de la superficie de las nanofibras, diámetro promedio de las fibras y porcentaje de porosidad de la



SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

membrana se utilizó estudios con SEM. Finalmente, se realizaron estudios de degradación de las nanofibras y estudios de liberación de fármaco.

Resultados y Discusiones

Los resultados de la investigación servirán como base para estudios posteriores, evaluando la biocompatibilidad en cultivos celulares y utilizando modelos experimentales para evaluar la efectividad del sistema en animales pequeños, con el objetivo de que los datos sean útiles para su transferencia a pruebas clínicas. Este estudio resume la modificación de las configuraciones del sistema de electrohilado y el efecto de los parámetros del proceso sobre las fibras, su aplicación en la administración del fármaco citrato de sildefanil para el tratamiento de la hipertensión arterial pulmonar. Se electrohilaron PVAL y PVP con concentraciones del fármaco de 25, 50 y 100 mg. Todas mejoran hasta cierto grado el proceso de electrohilado, debido a que, como ya se mencionó antes, las sales mejoran el proceso de electrohilado, lo cual, convenientemente, el citrato de sildefanil es una sal.

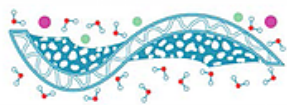
Conclusiones

Las fibras que mostraron mejores resultados fueron las PVP con 50 mg de citrato de sildefanil, estas encapsularon aproximadamente de 4 a 5 mg por cada 2 cm², esto es debido a que la solución presentó una mejor solubilidad del fármaco y del polímero, algo que no se mostró en las soluciones con 100 mg de citrato de sildefanil (aproximadamente 1 mg por 2 cm²). Esto fue debido a que al aumentar la cantidad de DMF en la solución, esta no se podía evaporar por completo y las fibras presentaron una menor calidad. Las fibras de 25 mg ayudaron un poco a mejorar el electrohilado, pero no era lo suficiente para que las fibras salieran de mejor calidad. Se piensa a futuro mejorar el proceso utilizando ciclodextrinas para aumentar la cantidad de citrato de sildefanil por cm².

Referencias

- A. Shujaat, R. Minkin, E. Eden. 2007. Pulmonary hypertension and chronic corpulmonale in COPD. Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis. 2(3):273-282.
- L.-J. Villarreal-Gómez, J.M. Cornejo-Bravo, R. Vera-Graziano, D. Grande. 2016. Electrospinning as a powerful technique for biomedical applications: A critically selected survey. J. Biomater. Sci. Polym. Ed. 27(2):157-176.
- R.D. Velasco Barraza, A.S. Álvarez Suárez, L.J. Villareal Gómez, J.A. Paz González, A.L. Iglesias, R. Vera Graziano. 2016. Designing a low cost electrospinning device for practical learning in a bioengineering biomaterials course. Rev. Mex. Ing. Biomédica 37(1):7-16.





Azul ácido 25 y azul de toluidina soportados en membrana de polipropileno modificado

**A. Gómez de la Cruz, S.A. Domínguez Villalobos, K.E. Zárate-Rodríguez, R.M. Gómez-
Espinosa, G. Reyes-Teófilo.**

Centro de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Facultad de Química UAEM. Carretera Toluca-
Atlacomulco km 14.5, C.P. 50200, San Cayetano, Toluca, Estado de México.

Palabras clave: Soporte, polipropileno modificado, luz UV.

Introducción

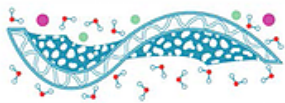
La membrana de polipropileno fue utilizada como soporte de los colorantes azul ácido 25 y azul de toluidina, actuando como un material inerte que proporciona la adecuada superficie de contacto para poder fijar los colorantes usando luz ultravioleta. Entre las características que debe cumplir un soporte podemos mencionar que se destacan la estabilidad química, la naturaleza, la distribución y densidad de grupos funcionales y la accesibilidad de los sitios activos.

Materiales y Métodos

Se tiene una membrana de polipropileno isotáctico marca 3M a la que se modifica con ácido acrílico al 10% utilizando radiación UV, se lava la membrana en un equipo Soxhlet, finalmente se seca a vacío hasta obtener peso constante. Una vez modificado el polipropileno se lleva a cabo el soporte de los colorantes azul ácido 25 y azul de toluidina. Finalmente se hace la caracterización del material modificado con los colorantes soportados.

Resultados y Discusiones

El campo de los materiales porosos constituye una interesante área de investigación en plena expansión debido al gran interés tecnológico que despiertan sus potenciales aplicaciones gracias a su elevada área superficial, el usarlos como soportes aporta ventajas en su funcionalización, sin dejar de mencionar que son químicamente inertes y pueden ser preparados cambiando sus propiedades físicas y químicas. Los colorantes azul ácido 25 y el azul de toluidina son muy utilizados en la industria de alimentos, así como en medicina, este último tiene la característica principal de que tiñe selectivamente componentes ácidos de los tejidos, tales como sulfatos y radicales fosfatos incorporados en el ADN y ARN de las células. A continuación se muestra la caracterización de los colorantes soportados en la membrana modificada de polipropileno.



SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

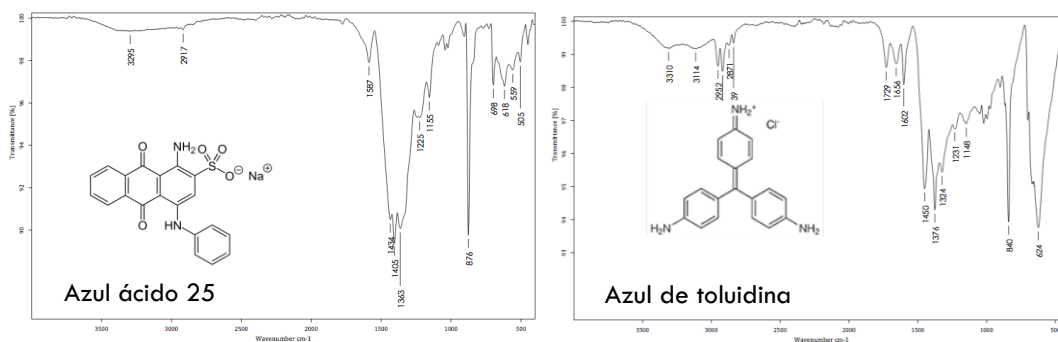


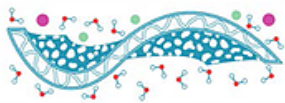
Figura 1. FTIR-ATR de azul ácido 25 y azul de toluidina soportados en polipropileno modificado.

Conclusiones

El polipropileno modificado funciona como un buen soporte de los colorantes azul ácido 25 y azul de toluidina, proporcionando estabilidad al colorante soportado, evitando descomposición, ampliando sus aplicaciones. El colorante azul de toluidina se ha empleado en el diagnóstico precoz de carcinomas bucales, por lo que soportar éste material en una membrana de polipropileno modificada podría permitir el uso del mismo con mayor rapidez y eficiencia.

Referencias

- M. Arroyo. 1998. Inmovilización de enzimas. Fundamentos, métodos y aplicaciones. *Ars Pharmaceutica* 39(2): 23-39
- F.J. Hester. 2001. *Surface, Material Science and Engineering* Pordue 1:296.
- A.P. Korikov, P.B. Kosaraju, K.K. Sirkar. 2006. *J. Membrane Sci.* (279):589-591.
- C. Albornoz López del Castillo, O. Barrios Sánchez, P. Rojas Casanova, L. Bastian Manso, J.C. Santana Garay. 2010. Effectiveness of the toluidine blue and lugol in the precocious diagnosis of oral cancer. *Arch. Méd. Camaguey* 14(4):Agosto.



Efecto de la concentración de ácido acrílico en la funcionalización de membrana de polipropileno

J.A. Ortega Estrada, K.E. Zárate Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa, I. García Orozco

Centro de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Facultad de Química UAEM. Carretera Toluca-Atlaconulco km 14.5, C.P. 50200, San Cayetano, Toluca, Estado de México.

Palabras clave: Polipropileno, ácido acrílico, injerto.

Introducción

La modificación de propiedades de un material polimérico nos ofrece nuevas funcionalidades. El polipropileno es un material hidrofóbico térmica y químicamente estable, ampliamente usado por su bajo costo. Se estudia el efecto de la concentración de la solución de ácido acrílico en el grado de injerto del monómero en el polipropileno.

Materiales y Métodos

A una membrana de polipropileno isotáctico marca 3M se le injerta ácido acrílico en solución a las concentraciones de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%, utilizando luz ultravioleta en un fotoreactor durante 5 minutos, posteriormente se lava la membrana utilizando un equipo Soxhlet. Se hace la caracterización del material por FTIR-ATR y se analizan los resultados obteniendo la tendencia del grado de injerto respecto a la concentración de la solución. Se mide la viscosidad de cada solución de diferente concentración en un viscosímetro de Ostwald a 22°C.

Resultados y Discusiones

El grado de injerto del ácido acrílico es definido como: $GI (\%) = \frac{W_f - W_i}{W_i} \times 100$, donde W_i y W_f son el peso del polipropileno sin modificar y el peso del copolímero obtenido respectivamente. La figura 1 muestra los resultados obtenidos del grado de injerto en relación a la concentración de ácido acrílico, utilizada en cada caso. Se observa una relación lineal del grado de injerto respecto a la concentración del ácido acrílico hasta una concentración del 30%, siguiendo la tendencia reportada por Xu et al., (2002). Sin embargo, cuando se incrementa la concentración se tiene un decaimiento en el grado de injerto de 153.95% a 56.97%, este efecto se relaciona con el aumento de viscosidad y dificultad de permeabilidad lo que disminuye el grado de injerto.

La Tabla 1 nos muestra los resultados de la medición de viscosidad dinámica realizados, expresada como $\eta' = (\eta_{\text{agua}} \rho t) / \rho_{\text{agua}} t$ donde η_{agua} es la viscosidad del agua ρ es la densidad de la solución, ρ_{agua} es la densidad y t es el tiempo observado en el viscosímetro de Ostwald.

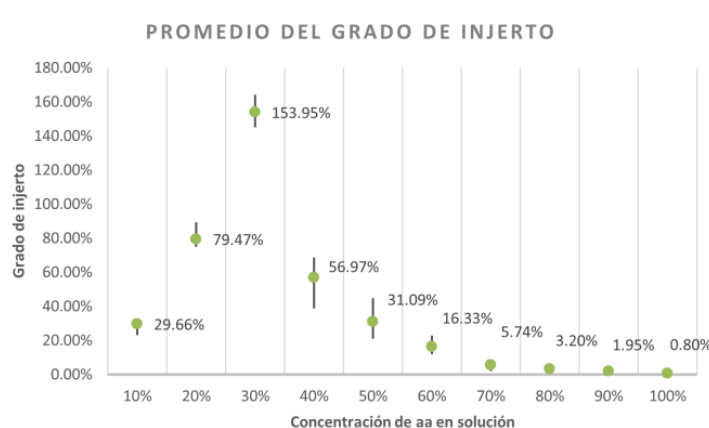
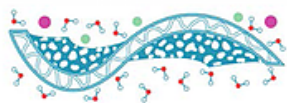


Figura 1. Promedio del grado de injerto obtenido a las concentraciones de aa utilizadas

Tabla 1. Viscosidad de las soluciones de ácido acrílico

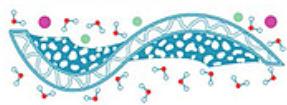
	Tiempo (promedio)	Viscosidad
Agua	1.29	1.006
10%	1.52	1.23
20%	2.11	1.71
30%	2.41	1.96
40%	2.59	2.1
50%	3.21	2.6
60%	3.50	2.84
70%	3.59	2.9

Conclusiones

Se observó un decaimiento en la capacidad de injerto al incrementar la concentración de ácido acrílico mayor a 30%, atribuyendo este comportamiento al efecto de la viscosidad y a la posible copolimerización del monómero, obteniendo un injerto máximo de 153.95% con una solución de ácido acrílico al 30%, por lo que una viscosidad mayor a 1.96 disminuye el grado de injerto sobre el polipropileno.

Referencias

- E. Alia, H. Shawky, H. Abd El Rehim, E. Hegazy. 2003. Synthesis and characterization of PVP/AAC copolymer hydrogel and its applications in the removal of heavy metals from aqueous solution. *Eur. Polym. J.* 39:2337-2344.
- I. Khalil, G. Abdel-Halim. 2001. Preparation of anionic starch containing carboxyl groups and its utilization as chelating agent. *Starch* 53:35–41.
- Z. Xu, J. Wang, L. Shen, D. Men, Y. Xu. 2002. Microporous polypropylene hollow fiber membrane. Part I. Surface modification by the graft polymerization of acrylic acid. *J. Membr. Sci.* 196:221-229.



Efecto del grado de injerto sobre el hinchamiento de membrana pp/acrilato

B.G. Suárez Espinoza, K.E. Zárate Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa, R. Romero Romero.

Centro de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Facultad de Química UAEM. Carretera Toluca-Atacomulco km 14.5, C.P. 50200, San Cayetano, Toluca, Estado de México.

Palabras clave: Polipropileno, ácido acrílico, acrilato, hinchamiento, membrana.

Introducción

El polipropileno es un material hidrofóbico, química y térmicamente estable ampliamente utilizado por su bajo coste. El acrilato es un absorbente comercial por lo que la hidrofilicidad del polipropileno es afectada por el injerto de acrilato de sodio. Se estudia el efecto del grado de injerto sobre el hinchamiento de membranas de pp modificadas con acrilato de sodio.

Materiales y Métodos

A una membrana de polipropileno isotáctico marca 3M se le injerta ácido acrílico en solución a las concentraciones de 10%, 20% y 30%, utilizando luz ultravioleta en un fotoreactor durante 5 minutos, posteriormente se le adiciona una solución de hidróxido de sodio (Sigma Aldrich) a reflujo, se lava la membrana en Soxhlet y se seca a vacío por 2 horas.

Se realizan pruebas de hinchamiento considerando el peso de la membrana respecto al tiempo de contacto con agua desionizada.

Resultados y Discusiones

La expansión de la red polimérica del polipropileno modificado al entrar en contacto con soluciones acuosas, ocasiona un hinchamiento en el material, el cual genera una lenta difusión de las soluciones por lo que es importante conocer el efecto que provoca y la relación que hay con el grado de injerto en la modificación de polímero. Por otro lado, el grado de injerto del ácido acrílico que está definido como: $GI (\%) = \frac{W_f - W_i}{W_i} \times 100$, donde W_i y W_f son el peso del polipropileno sin modificar y el peso del copolímero obtenido respectivamente. La Figura 1 muestra los resultados obtenidos del grado de injerto de la membrana respecto al tiempo de contacto con agua durante 70 segundos en cada caso. Se observa que el grado de injerto aumenta la capacidad de hinchamiento de la membrana y se comprueba que el polipropileno sin modificar es hidrófobo, propiedad que disminuye notablemente al ser injertado por el acrilato que es un material absorbente.

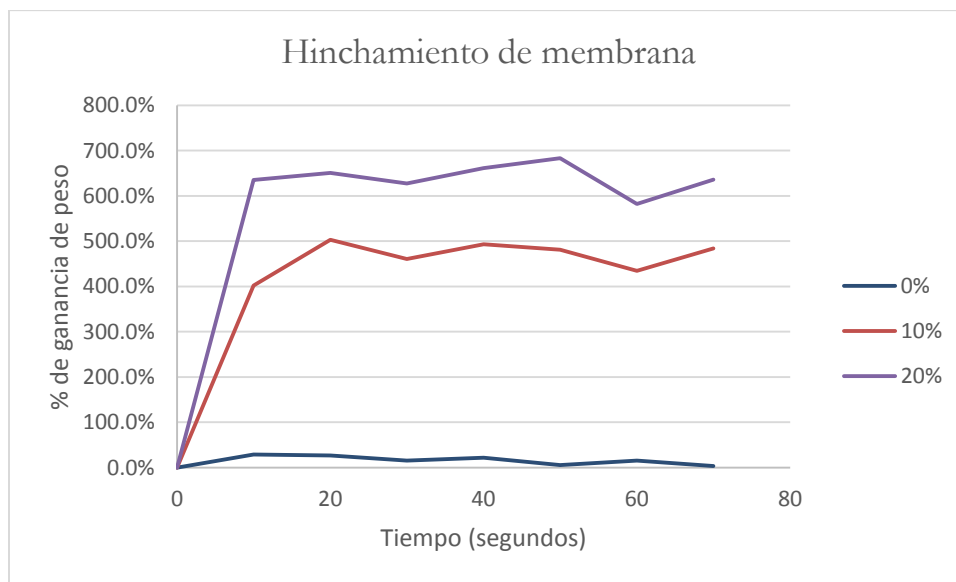
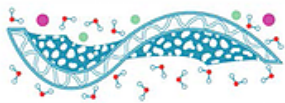


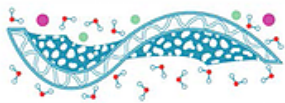
Figura 3. Porcentaje de ganancia de peso con respecto al tiempo

Conclusiones

La membrana de polipropileno no presenta hinchamiento, por lo que la modificación resulta ser importante cuando se requiere utilizarla en procesos que involucren afinidad con soluciones acuosas, se observó que si existe una relación entre el grado de injerto y su capacidad de hinchamiento; por lo que a mayor grado de injerto mayor hinchamiento.

Referencias

- E. Alia, H. Shawky, H. Abd El Rehim, E. Hegazy. 2003. Synthesis and characterization of PVP/AAc copolymer hydrogel and its applications in the removal of heavy metals from aqueous solution. *Eur. Polym. J.* 39:2337-2344.
- I. Khalil, G. Abdel-Halim. 2001. Preparation of anionic starch containing carboxyl groups and its utilization as chelating agent. *Starch* 53:35-41.
- Z. Xu, J. Wang, L. Shen, D. Men, Y. Xu. 2002. Microporous polypropylene hollow fiber membrane. Part I. Surface modification by the graft polymerization of acrylic acid. *J. Membr. Sci.* 196:221-229.



Estudio de las condiciones de modificación de polipropileno utilizando biopolímeros

J.I. Mendoza Pichardo, K.B. Peña Sauza, N. Reyes Conzuelo, K.E. Zárate-Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa.

Centro de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Facultad de Química UAEM. Carretera Toluca-Atlacomulco km 14.5, C.P. 50200, San Cayetano, Toluca, Estado de México.

Palabras clave: Polipropileno, biopolímeros, material híbrido, luz UV.

Introducción

Se estudiaron las condiciones de modificación de polipropileno utilizando biopolímeros, tales como almidón de papa y celulosa variando la concentración del biopolímero, tiempo de reacción y longitud de onda. Se observó que el efecto de la concentración y el tiempo de reacción tienen una gran dependencia en las propiedades fisicoquímicas de la membrana modificada, obteniendo materiales híbridos.

Materiales y Métodos

Se tiene una membrana de polipropileno isotáctico marca 3M a la que se le injerta el biopolímero, variando la concentración (almidón o celulosa) y tiempo de reacción utilizando radiación UV a diferente longitud de onda. Se lava la membrana modificada en un equipo Soxhlet. Finalmente se seca el polipropileno modificado a vacío hasta obtener peso constante, caracterizando el material híbrido.

Resultados y Discusiones

Los polímeros son macromoléculas formadas por la unión covalente de pequeñas unidades moleculares conocidas como monómeros. Estas macromoléculas pueden estar formadas por un único tipo de monómero, y se denominan homopolímeros, o por varios tipos de monómeros, en cuyo caso se conocen como copolímeros. El número de moléculas de monómero que componen esta cadena es su grado de polimerización. Los materiales híbridos (parte sintética y natural) representan una nueva generación de materiales capaces de reducir significativamente el impacto ambiental en términos de consumo de energía y generación de residuos después de su utilización. Por lo que, resulta muy importante la obtención de materiales que puedan considerarse menos dañinos al ambiente, potenciando sus aplicaciones, así como su capacidad de degradación.

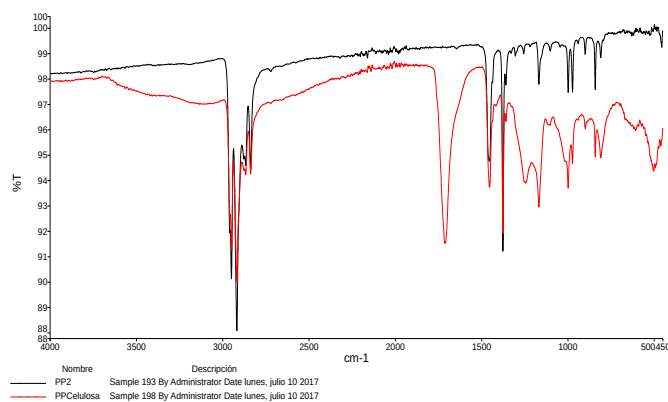
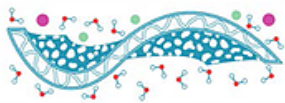


Figura 1. FTIR-ATR Membrana modificada con celulosa.

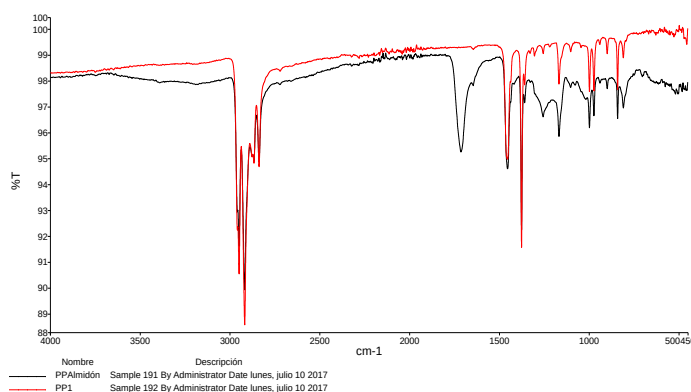


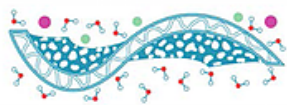
Figura 2. FTIR-ATR Membrana modificada con almidón de papa.

Conclusiones

Es posible hacer modificaciones químicas utilizando biopolímeros (almidón y celulosa) con el fin de obtener productos con propiedades diferentes, sin que se destruyan sus estructuras esenciales. Por lo que, los materiales modificados con biopolímeros resultan una alternativa en la funcionalización de polipropileno variando la concentración y tiempo de reacción del biopolímero a una longitud de onda específica.

Referencias

- T. Aoki. 1999. Macromolecular design of permselective membranes. Prog. Polym. Sci. 24:951-993.
- A. Arkatkar, J. Arutchelvi, M. Sudhakar, S. Bhaduri, V.U. Parasu, D. Mukesh D. 2009. Approaches to enhance the biodegradation of polyolefins. Open Environ. Eng. J. 2:68-80.
- J.E Barrera, J.A. Rodríguez, J.E. Perrilla, N.A Algecira. 2007. Estudios de la degradación térmica de poli(alcohol vinílico) mediante termogravimetría y termogravimetría diferencial. Ingeniería e Investigación 27(2):100-105.
- C. Bastioli. 2005. Handbook of biodegradable polymers. pp. 4-16. Rapra Technology Limited.



Optimización de la metodología de polimerización por injerto de pp/aa

G. Reyes-Teófilo, K. Moreno-Pérez, K.E. Zárate-Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa

Centro de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Facultad de Química UAEM. Carretera Toluca-Atacomulco km 14.5, C.P. 50200, San Cayetano, Toluca, Estado de México.

Palabras clave: Polipropileno, ácido acrílico, polimerización, injerto, luz UV.

Introducción

La polimerización por injerto utilizando luz UV es uno de los métodos más prometedores para introducir monómeros en el polipropileno. El ácido acrílico proporciona nuevas funcionalidades al polipropileno por lo que resulta importante encontrar las condiciones óptimas de polimerización con este material. Se optimiza la metodología para encontrar las condiciones en las que se obtenga un mayor grado de injerto en un menor tiempo a una longitud de onda de 290-310 nm.

Materiales y Métodos

Se tiene una membrana de polipropileno isotáctico marca 3M a la que se le injerta ácido acrílico en solución al 10% utilizando radiación UV a una longitud de onda de 290-310 nm y se lava la membrana en un equipo Soxhlet, finalmente se seca el polipropileno modificado con ácido acrílico en una cámara de vacío hasta obtener peso constante. Se modifica el tiempo de reacción en el fotoreactor para observar el mayor cambio en el grado de injerto que se obtiene en el menor tiempo. Finalmente se hace la caracterización del material por FTIR-ATR.

Resultados y Discusiones

En la Figura 1 se observa el cambio en el grado de injerto respecto al tiempo, el cual fue registrado a los 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos. El grado de injerto fue calculado de la siguiente manera:

$$GI (\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde W_1 y W_2 son el peso de la membrana de polipropileno sin modificar y el peso de la membrana después de efectuar la polimerización por injerto. Los resultados reportan que el cambio más notable en el incremento del injerto se produce a los 5 minutos de reacción en el fotoreactor, siendo el GI de 25.9%.

La Figura 1 nos muestra que después de los 5 minutos de reacción existe una tendencia lineal en el grado de injerto respecto al tiempo, observándose el mayor GI encontrado de 46.7% a 30 minutos. Es importante mencionar que después de este tiempo el grado de injerto decrece.

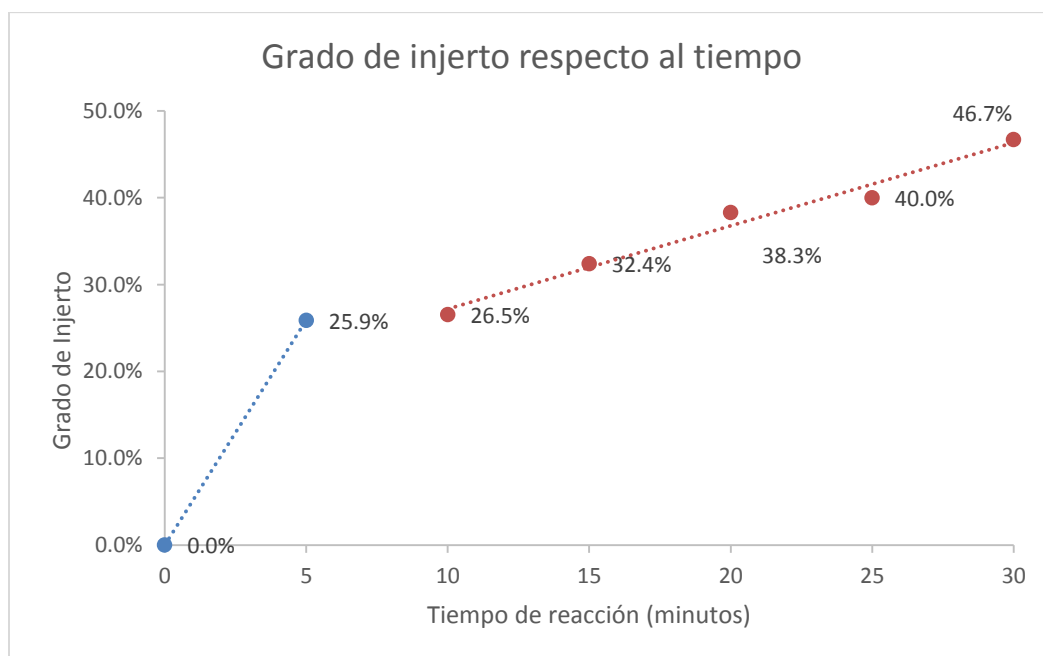
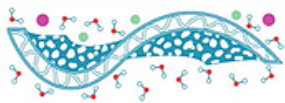


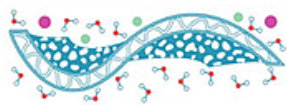
Figura 1. Porcentaje de GI obtenido respecto al tiempo de reacción en el fotoreactor

Conclusiones

El mayor cambio del grado de injerto se observó a partir de los 5 minutos de reacción, posteriormente el GI aumenta linealmente hasta llegar a 46.7% a los 30 minutos de reacción. Por lo que si se requiere una mayor funcionalización del polipropileno se deberá llevar a cabo la reacción a 30 minutos.

Referencias

- E. Alia, H. Shawky, H. Abd El Rehim, E. Hegazy. 2003. Synthesis and characterization of PVP/AAC copolymer hydrogel and its applications in the removal of heavy metals from aqueous solution. *Eur. Polym. J.* 39:2337-2344.
- I. Khalil, G. Abdel-Halim. 2001. Preparation of anionic starch containing carboxyl groups and its utilization as chelating agent. *Starch* 53:35–41.
- Z. Xu, J. Wang, L. Shen, D. Men, Y. Xu. 2002. Microporous polypropylene hollow fiber membrane. Part I. Surface modification by the graft polymerization of acrylic acid. *J. Membr. Sci.* 196:221-229



Funcionalización de membrana de polipropileno con 2-hidroxyetilmetacrilato y metacrilamida a través de una reacción de polimerización por injerto.

**N. Reyes Conzuelo¹, D.B. Morales Almaraz, K.E. Zárate-Rodríguez¹, E. González González²,
R.M. Gómez-Espinosa¹**

¹Centro de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Facultad de Química UAEM. Carretera Toluca-Atlacomulco km 14.5, C.P. 50200, San Cayetano, Toluca, Estado de México.

²Facultad de Ciencias, Campus Universitario el Cerrillo Piedras Blancas, UAEM, Carretera Toluca Ixtlahuaca Km 15.5, C.P. 50200, Toluca, Estado de México.

Palabras clave: Compuestos insaturados, funcionalización, polipropileno.

Introducción

Las reacciones de funcionalización tienen un alto potencial para desarrollar diferentes productos, como las poliolefinas que tienen la capacidad de reaccionar con otros compuestos y formar reacciones de injerto. Las reacciones promovidas por la acción de la luz pueden ser fotolíticas o fotoquímicas. Las primeras están provocadas por la acción exclusiva de la luz, mientras que las segundas se deben a la acción combinada de ésta con algún otro agente, siguiendo un mecanismo radicalario. Haciendo uso de este principio, se injertaron los compuestos 2-hidroxyetilmetacrilato y metacrilamida en membrana de polipropileno, ampliando sus usos.

Materiales y Métodos

Se tiene una membrana de polipropileno isotáctico marca 3M a la que se le injerta 2-hidroxyetilmetacrilato/metacrilamida agitando por 30 minutos, posteriormente se coloca en un fotoreactor por 2 h, pasado este tiempo se realizan lavados con acetona, posteriormente se seca hasta alcanzar peso constante. Finalmente, se caracteriza por FTIR-ATR.

Resultados y Discusiones

El polipropileno es un material químicamente estable, hidrofóbico, no tóxico, barato y susceptible a sufrir modificaciones por radiación UV. La funcionalización de polímeros se refiere al proceso químico mediante el cual se incorporan grupos funcionales reactivos a la cadena polimérica. Estos grupos funcionales le otorgan a los polímeros diferente reactividad frente a distintos agentes e introducen nuevas propiedades o potencian propiedades ya presentes. El injerto de 2-hidroxyetilmetacrilato y metacrilamida proporciono la funcionalización en la membrana de polipropileno conocido como material inerte. La caracterización usando FTIR-ATR proporcionó información del injerto de los grupos funcionales presentes en los compuestos orgánicos (Fig. 1).

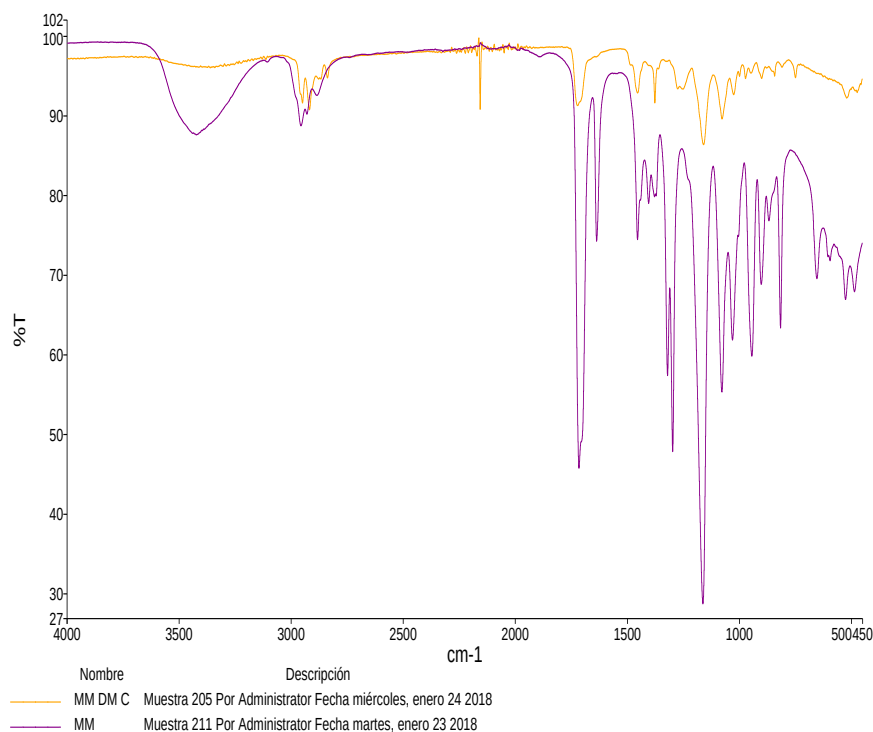
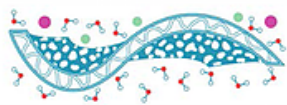


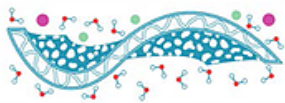
Figura 1. Espectro de FTIR-ATR de membranas de polipropileno funcionalizadas con 2-hidroxyetilmetacrilato y metacrilamida.

Conclusiones

Dentro de las ventajas ofrecidas por los materiales funcionalizados se encuentra la funcionalización de materiales inertes, la introducción de grupos funcionales puede servir como punto de anclaje de diferentes moléculas orgánicas, teniendo una gran variedad de aplicaciones tanto de interés biológico como en otras áreas.

Referencias

- S. Álvarez, S. 2007. Compatibilización de mezclas de poliolefinas con hidroxiapatita, utilizando polímeros funcionalizados. Tesis de Licenciatura. Título de Ingeniería en Materiales. Universidad Simón Bolívar. Venezuela.
- M. Martinelli, P. Froimowicz, M. Calderón, M. Strumia M. 2003. Materiales poliméricos funcionalizados. Parte 1: Síntesis y polimerización de monómeros funcionalizados. Revista Iberoamericana de Polímeros 4(4):30-47.
- M. Miller et al. 1997. Fibres from polypropylene and liquid crystal polymer blends using compatibilizing agents: 3. Assessment of graft side chain liquid crystalline compatibilizers based upon acrylic acid-functionalized polypropylene. Polymer 38:1565-1568.
- S. Rao, M.S. Choundhary, M.K. Navqi, K.V. Rao. 1996. Functionalization of isotactic polypropylene with acrylic acid in the melt: Synthesis, characterization and evaluation of thermomechanical properties. Eur. Polym. J. 32:695-700



Efecto de distribución de peso molecular en poliuretanos termoplásticos (TPU) para membranas con aplicación a membranas de destilación por contacto directo (MDCD)

Y. Aguilar-Costumbre^{1*}, J.A. Lambert², V.A. Escobar-Barrios¹

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, Camino a la Presa de San José 2005, Lomas 4 sección, San Luis Potosí, San Luis Potosí C.P. 78216, México

*e-mail: yareni.aguilar@ipicyt.edu.mx

²CIATEC, A.C., Calle Omega 201, Fracc. Industrial Delta, León, Guanajuato C.P. 37545, México

Palabras clave: Membrana, poliuretanos termoplásticos, membranas de destilación por contacto directo.

Introducción

Actualmente, con base en datos proporcionados por la ONU, la población mundial (2017) es de 7.600 millones de personas, y se proyectan que para 2030 se alcanzarán los 8.600 millones [1]. Se estima además que dos tercios de la población mundial, es decir, alrededor de 500 millones de personas viven en regiones donde sufren escasez de agua al menos un mes al año. En otras palabras, la demanda poblacional en relación a la escasez del agua genera una problemática social relevante.

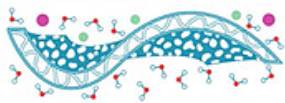
La destilación por membranas para la desalinización, es una tecnología emergente, como un atractivo proceso de separación, que presenta ventajas frente a los otros debido a que teóricamente presenta un rechazo de 100% de las sales, macromoléculas, coloides, células y otros compuestos no volátiles [2]. No obstante, presenta desventajas tales como la humectabilidad de los poros, un bajo flujo de permeado, decaimiento de flujo [3]. Es debido a esto que este trabajo estará dirigido a la identificación de las diferencias en la distribución de pesos moleculares con efecto en el proceso de obtención de la membrana para solventar las desventajas descritas, en especial el flujo del permeado y el decaimiento del diferencial de temperatura.

Materiales y Métodos

El poliuretano termoplástico (TPU) base poli éter provisto por Irogran[®] se disolvió en DMF a una relación de peso de 18%. Se probaron distintos poliuretanos TPU-1 y TPU-2. La disolución se llevó a cabo a 50 °C por 24 hr, en agitación magnética constante. La formación de la membrana se llevó a cabo en la engomadora ChemInstruments modelo 510 LC-100, con una apertura de 0.02” entre los rodillos. Posteriormente se llevó a cabo un secado en el horno por convección a 30 °C por 24 horas. Finalmente se realizó un lavado por 24 h con agua desionizada temperatura ambiente por 24 h para eliminar rastros del solvente.

Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)

El análisis de DSC se realizará en el equipo TA Instrument (Q2000) llevando a cabo dos ciclos de calentamiento-enfriamiento utilizando una rampa de temperatura de 10°C/min en un intervalo de temperatura comprendido entre -89 y 250 °C. El primer ciclo es con el fin de eliminar el historial térmico.



Resultados y Discusiones

Los resultados obtenidos en la Figura 1 muestran las transiciones propias de cada uno de los materiales, TPU-1 y TPU-2. En dicha figura se puede observar que las transiciones de la fusión (T_m) están desfasadas TPU-2 de TPU-1 por 24 °C, además de presentar una diferencia del 50% en el valor de las entalpías de fusión (ΔH), Lo que nos indica que TPU-2 presenta una mayor regularidad en los tamaños de cristal en el segmento rígido del polímero, lo que se ve reflejado por el incremento de energía requerido a comparación con TPU-1. Esto permite de manera indirecta hacer una relación con la distribución de pesos moleculares. De manera que influirá en las propiedades de las membranas y su desempeño. Es de relevancia mencionar que la estructura del polímero interfiere directamente en el proceso de obtención de las membranas, en el caso de evaporación de solventes.

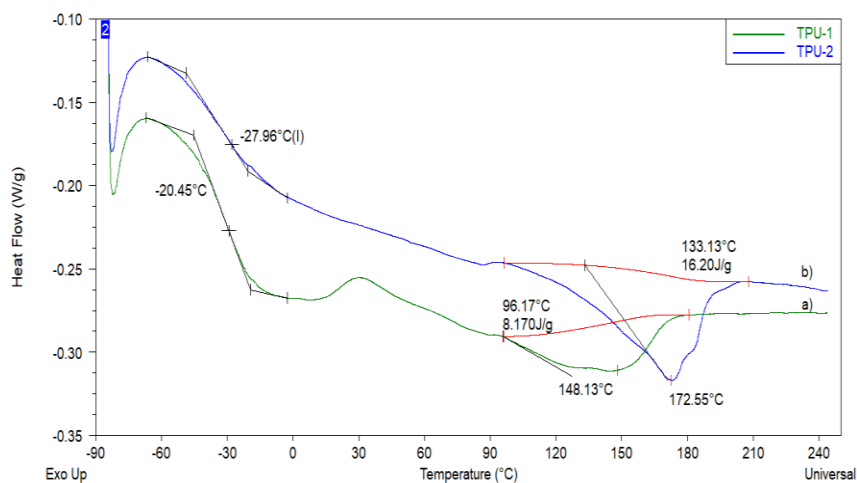


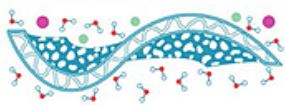
Figura 1. Termogramas de los poliuretanos TPU-1 y TPU-2.

Conclusiones

En este trabajo se trabajó con materiales que presentan diferencias en las transiciones térmicas, indirectamente relacionadas con la distribución del peso molecular y las propiedades que se obtienen como membranas, para su evaluación en sistemas de destilación de membranas por contacto directo.

Referencias

- [1] Revision of World Population Prospects, United Nations, 2017.
- [2] M.S. Bourawi, Z. Ding, R. Ma, M. Khayet M. 2006. A framework for better understanding membrane distillation separation process. J. Membr. Sci. 285:4-29.
- [3] M.K. Souhaimi, T. Matsuura. 2011. Membrane distillation: Principles and Applications.



Síntesis y caracterización de una polinorbornén dicarboximida fosforilada para membrana de intercambio protónico

Carlos A. Rangel Osornio¹, Mercedes Gabriela Téllez Arias¹, Alejandro Onchi², Arlette A. Santiago², Joel Vargas^{3*}

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Avenida Francisco J. Múgica S/N Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Morelia, Michoacán, México.

²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México.

³Instituto de Investigaciones en Materiales, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México. *e-mail: jvargas@iim.unam.mx

Palabras clave: ROMP, polinorbornén dicarboximida fosforilada, intercambio iónico.

Introducción

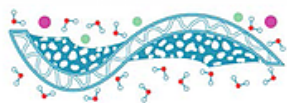
Las membranas de intercambio protónico para celdas de combustible (PEMs, por sus siglas en inglés) juegan un papel preponderante en el desarrollo de nuevos dispositivos prometedores para conversión de energía electroquímica. La tecnología con base en las PEMs ha probado suficiente rendimiento y durabilidad para competir con tecnologías alternas de conversión de energía (Li et al, 2016). Cualquiera que sea la aplicación de las PEMs, estos materiales tienen que presentar una alta conductividad, alta permeabilidad selectiva, baja difusión libre de especies iónicas, bajo flujo osmótico, baja electroósmosis, bajo cruce de combustibles, buenas propiedades mecánicas y una alta estabilidad química (Santiago et al., 2012). Por lo tanto, el reto consiste en mejorar estas membranas en sus propiedades mecánicas, conductividad y estabilidad térmica, entre otras. Las PEMs son usualmente polímeros que pueden funcionalizarse con grupos sulfónicos ($-\text{SO}_3\text{H}$), grupos carboxilo ($-\text{COOH}$), grupos fosfato ($-\text{PO}_3\text{OH}_2$), y grupos orto fosfóricos ($-\text{PO}_2\text{H}_2$) (Wang et al., 2017) En este sentido, en el presente trabajo se presenta la síntesis de una polinorbornén dicarboximida fosforilada para su posible aplicación como PEM.

Materiales y Métodos

Primeramente, es efectuada la síntesis del monómero N-4-hidroxi-fenil-norbornén-5,6-dicarboximida (**1**) a partir de la reacción entre el anhídrido norbornén-5,6-dicarboxílico y el 4-aminofenol. A continuación, el monómero **1** es polimerizado vía metátesis con apertura de anillo (ROMP) y posteriormente fosforilado con POCl_3 (Fig. 1). A partir de los polímeros **2** y **3** fueron preparadas membranas poliméricas densas por el método de disolución-evaporación utilizando DMF como disolvente. Las membranas obtenidas fueron caracterizadas mediante TMA, TGA y DSC, entre otras. Asimismo, fueron determinadas la absorción de agua (Wu) y la capacidad de intercambio iónico (IEC).

Resultados y Discusiones

Las estructuras químicas del monómero y los polímeros obtenidos fueron confirmadas mediante FTIR, ^1H -NMR y ^{13}C -NMR. Los análisis de TMA, TGA y DSC indican que el material fosforilado presenta



una elevada estabilidad termo-mecánica. Los resultados preliminares de Wu e IEC indican que la membrana fosforilada exhibe propiedades óptimas para el intercambio protónico.

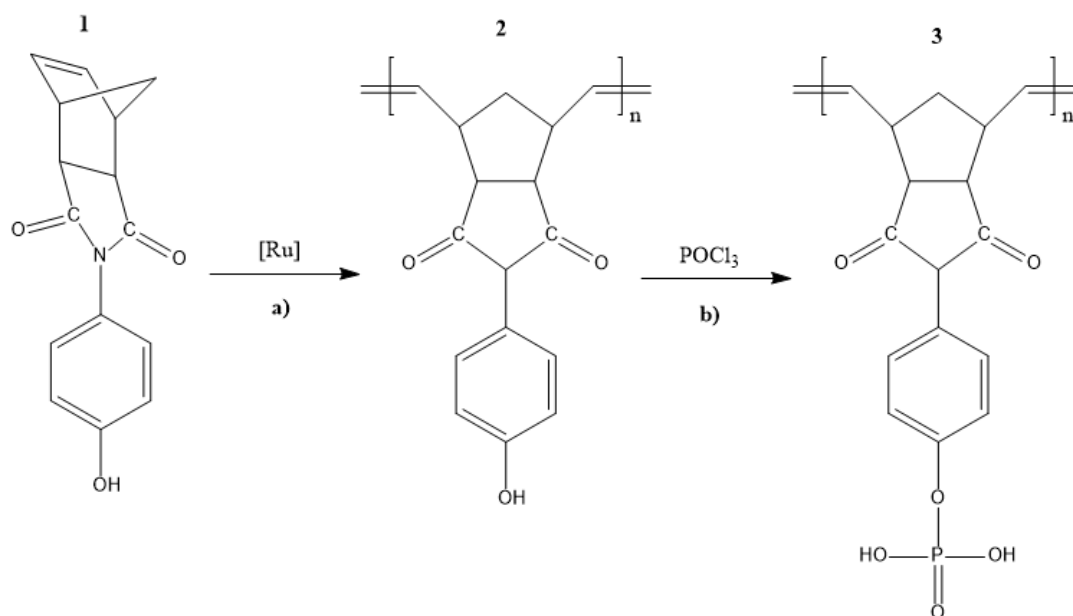


Figura 1. Esquema de reacción: a) Polimerización del monómero 1, b) Fosforilación del polímero 2.

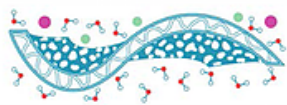
Conclusiones

Al sintetizar con éxito y confirmar la presencia de grupos fosfónicos en la estructura química de la polinorbornén dicarboximida se espera que dichos grupos fosfónicos le confieran al polímero las propiedades iónicas para su aplicación como PEM. Por otro lado, los valores obtenidos de la T_g y T_d indican que el polímero exhibe propiedades térmicas óptimas para su aplicación como PEM.

Agradecemos al CONACyT por el financiamiento otorgado a través del proyecto 239947. Agradecemos a la DGAPA-UNAM PAPIIT por el financiamiento otorgado a través de los proyectos IA101317 e IA101817.

Referencias

- X. Li, Y. Zhao, Z. Feng et al., 2016. Ring-opening metathesis polymerization for the preparation of polynorbornene-based proton exchange membranes with high proton conductivity, Tsinghua University, China.
- A.A. Santiago, J. Vargas, M.A. Tlenkopatchev., et al. 2012. Electrochemical performance of membranes based on hydrogenated polynorbornenes functionalized with imide side groups containing sulfonated fluorinated moieties, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- C. Wang, Z. Feng, Y. Zhao et al., 2017. Preparation and properties of ion exchange membranes for PEMFC with sulfonic and carboxylic acid groups based on polynorbornenes, North University of China, China.



Incorporación del ácido oleico en la síntesis y caracterización de una nueva poliamida sulfonada

Carlos Corona-García¹, Morelia H. Abrego¹, Arlette A. Santiago², Joel Vargas^{1*}

¹Instituto de Investigaciones en Materiales, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México. *e-mail: jvargas@iim.unam.mx

²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México.

Palabras clave: Autometátesis, ácido oleico, poliamida sulfonada, membrana.

Introducción

La búsqueda de nuevos materiales poliméricos que no dependan de fuentes no renovables cada vez es de mayor importancia. En este ámbito los aceites naturales, como el ácido oleico, son una excelente fuente de materia prima debido a que provienen de recursos renovables, se pueden obtener de manera sencilla, en grandes cantidades y utilizando poca energía para tal fin, además participan efectivamente en la síntesis de nuevos polímeros (Mathers y Meier, 2011). La introducción de grupos sulfónicos en la estructura química del polímero modifica de manera significativa sus propiedades físicas y químicas. Es bien conocido que los polímeros con grupos sulfónicos son materiales muy importantes para ciertas aplicaciones. La literatura indica que la presencia de grupos sulfónicos en la estructura de las membranas poliméricas las hace ideales para ser aplicadas como membranas de intercambio protónico (García et. al., 2010).

Materiales y Métodos

Síntesis del monómero ácido 1,18-octadecenoico (DIC): En un matraz de fondo redondo con agitación magnética y atmósfera inerte. Se adiciona 6 mg de catalizador de Grubbs de 2^{da} Generación y 2.0 g (7.08 mmol) de ácido oleico. La disolución es calentada a 45°C durante 3 h (ver Figura 1). Una vez transcurrido el tiempo de reacción, la mezcla es enfriada a temperatura ambiente. Posteriormente, el producto es purificado por recrystalización en tolueno tres veces y secado con vacío.

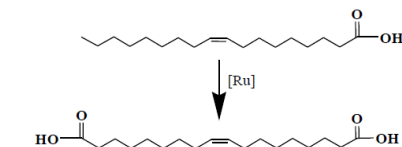
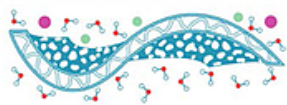


Figura 1. Autometátesis del ácido oleico.

Síntesis de la poliamida DIC/DASDA: En un matraz de tres bocas provisto de un agitador mecánico se adicionan los monómeros, 0.64 mmol (0.2 g) de **DIC** y 0.64 mmol (0.2789 g) de ácido 4,4'-Diamino-2,2'-estilbenedisulfónico (DASDA) respectivamente y 15% en peso de cloruro de calcio en una atmósfera inerte. Posteriormente, son adicionados 6 mL de 1-metil-2-pirrolidinona (NMP), 0.41 mL de piridina (Py) y 0.41 mL de trifenilfosfita (TFF). La disolución se calienta a 110°C durante 12 h. Transcurrido este tiempo de reacción, la mezcla se deja enfriar a una temperatura ambiente y se procede



SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

a precipitar el polímero en metanol frío lavándolo en repetidas ocasiones con agua caliente y metanol frío. Finalmente, el polímero es secado a 100°C en un horno con vacío por 24 h (Ver Fig. 2).

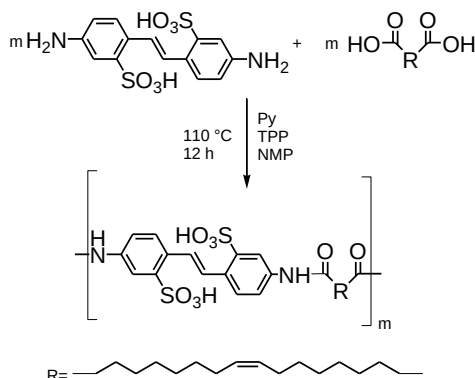


Figura 2. Síntesis de la poliamida DIC/DASDA.

A partir del polímero sintetizado se prepararon películas densas por el método de disolución-evaporación (casting) utilizando dimetil sulfóxido (DMSO) como disolvente.

Resultados y Discusiones

La estructura química del nuevo material fue confirmada por FTIR, ¹H-RMN y ¹³C-RMN las cuales evidenciaron la presencia de grupos amidas y grupos sulfónicos. Los valores preliminares de absorción de agua (Wu) a temperatura ambiente para el polímero DIC/DASDA es de alrededor del 40% y la capacidad de intercambio iónico (IEC) determinada por titulación química es de alrededor 2 mmol/g. El polímero sintetizado fue caracterizado mediante análisis termomecánico (TMA) y análisis termogravimétrico (TGA).

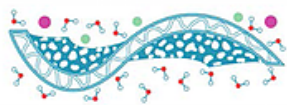
Conclusiones

Se efectuó eficazmente la reacción de autometátesis del ácido oleico para obtener el ácido dicarboxílico DIC, el cual participa efectivamente en la síntesis de una nueva poliamida (DIC/DASDA) por el método de policondensación a alta temperatura utilizando la diamina DASDA como comonómero.

Agradecimientos. Agradecemos al CONACyT por el financiamiento otorgado a través del proyecto 239947. Agradecemos a la DGAPA-UNAM PAPIIT por el financiamiento otorgado a través de los proyectos IA101317 e IA101817.

Referencias

- J.M. García, F.C. García, F. Serna, J.L. de la Peña. 2010. High-performance aromatic polyamides. Prog. Polym. Sci. 35:623-686.
- R.T. Mathers, M.A. Meier. 2011. Green Polymerization Methods. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.



Modificación química de la polisulfona (PSf) y sus efectos en la obtención de membranas de intercambio iónico

M. Sánchez Luna*, V.A. Escobar Barrios

División de Materiales Avanzados, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4 Sección, San Luis Potosí, S.L.P., 78216, México.

*e-mail: mauricio.sanchez@ipicyt.edu.mx

Palabras clave: Polisulfona, sulfonación, membrana de intercambio iónico.

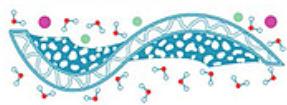
Introducción

El hidrógeno es uno de los combustibles que ha generado gran atracción, debido a su alto nivel energético, pretendiendo ser líder en un amplio intervalo de aplicaciones, como es en el caso de la celda de combustible. La celda de combustible de membrana de intercambio protónico (PEMFC, por sus siglas en inglés), es una de las tecnologías más prometedoras en la conversión de energía, además de ser compatible con fuentes renovables, por lo tanto, es considerado como el dispositivo de conversión de energía del futuro[1]. Considerando lo anterior, este trabajo está centrado en la obtención de membranas sulfonadas para intercambio protónico para celdas de combustible, utilizando como principal polímero la polisulfona. La polisulfona (PSU), la cual además de estar comercialmente disponible y ser de menor costo que el Nafion, presenta excelentes propiedades (mecánica, térmica y química). Además, se analizan los efectos que conllevan a la modificación química por la inserción de los grupos sulfónicos.

Materiales y Métodos

La polisulfona se secó en el horno durante 3 h a una temperatura de 110°C, para posteriormente hacer una disolución al 10% (m/m), utilizando como disolvente el DCE, manteniéndose en agitación continua durante 12 h, a temperatura ambiente. Una vez que se tuvo la disolución total de la polisulfona, se procedió a su sulfonación manteniéndose la solución a 0°C y bajo atmósfera inerte (N₂), se agregó por goteo una solución preparada 15% (v/v) de ácido clorosulfónico en DCE a diferentes relaciones molares, permaneciendo el polímero en reacción durante el lapso de 3 horas bajo agitación constante. Al finalizar, la reacción fue detenida por la adición de metanol[2]. Posteriormente, el polímero se lavó y se secó a vacío a una temperatura de 60°C durante 72 h, para eliminación de agua y trazas de solventes.

Las membranas fueron preparadas primeramente disolviendo el polímero sulfonado en cloroformo al 20%(m/m). Posteriormente, en un equipo de recubrimiento (ChemInstruments 510 LC-100), el cual consta de dos rodillos de apertura regulable, se ajustó ésta a 0.1 mm y sobre la película siliconada que pasa a través de dichos rodillos se vertió la disolución de la polisulfona sulfonada en cloroformo, y se tiró de la película siliconada para generar las membranas, cuyos espesores finales (en seco) fueron de 0.03 +/- 0.01 mm.



Resultados y Discusiones

Se realizó el análisis FT-IR en el modo de reflectancia total atenuada (ATR), en la zona de las huellas dactilares, en especial sobre la variación de bandas por el incremento gradual de la sulfonación, donde el espécimen SPSU03 exhibe el cambio más evidente, puesto que se presentan dos bandas de absorción, como “hombros”, a valores de 1095 cm^{-1} y 1025 cm^{-1} , asignados a la vibración simétrica y asimétrica del enlace S=O del grupo funcional ácido sulfónico (Fig. 1). La estabilidad térmica de la polisulfona se ve afectada por la sulfonación, debido a que los grupos sulfónicos presentes son muy susceptibles a la descomposición térmica (Fig. 2). Así, la polisulfona con el mayor grado de sulfonación, SPSU03, presenta la mayor pérdida de peso, en el intervalo 40 a 216°C ; lo cual se relaciona con un mayor contenido de humedad debido a la interacción entre los grupos sulfónicos y las moléculas de agua. Además, la polisulfona exhibe peso constante en el intervalo de temperaturas de 216 a 422°C ; es por ello que el análisis de porcentaje de pérdida de peso puede ser realizado en este intervalo, donde ocurre la desulfonación [3].

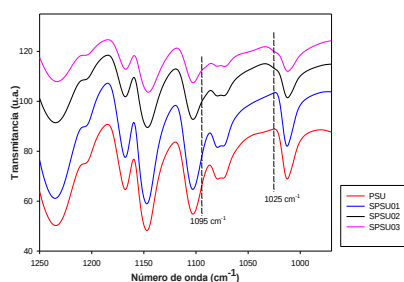


Figura 1. Detalle de espectros de FT-IR para los sistemas estudiados indicando los números de onda.

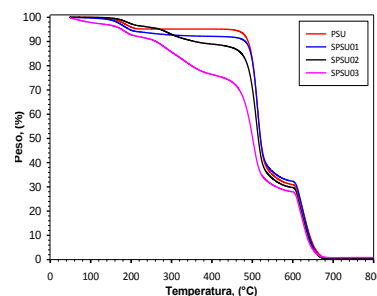


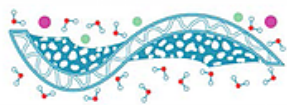
Figura 2. Termogramas de las diferentes polisulfonas sulfonadas obtenidas.

Conclusiones

La sulfonación de la polisulfona con el ácido clorosulfónico (ACS) da pauta a la generación de membranas tipo PEM. No obstante, la sulfonación con este agente provocó la disminución en su estabilidad mecánica, lo cual en una celda de combustible PEM es de interés, ya que el sistema se somete a altas presiones. La capacidad de intercambio iónico de la polisulfona sulfonada ($\text{IEC}=1.31\text{ meq/g}$) fue ligeramente mayor que el del polímero comercial utilizado para las celdas de poder, Nafion 117 ($\text{IEC}=1.02\text{ meq/g}$), por lo que puede decirse que el resultado es favorable y promisorio.

Referencias

- [1] O.Z. Sharaf, M.F. Orhan. 2014. An overview of fuel cell technology: Fundamentals and applications. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 32:810–853.
- [2] A. Sivasankaran, D. Sangeetha, Y.H. Ahn. Nanocomposite membranes based on sulfonated polystyrene ethylene butylene polystyrene (SSEBS) and sulfonated SiO_2 for microbial fuel cell application. *Chem. Eng. J.* 289:442-451, 2016.
- [3] P. Knauth, H. Hou, E. Bloch, E. Sgreccia, M.L. Di Vona. Thermogravimetric analysis of SPEEK membranes: Thermal stability, degree of sulfonation and cross-linking reaction, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 92 (2): 361–365, 2011.



Membranas intercambiadoras de aniones basadas en nanofibras compositas de poliepiclorohidrina y poliacrilonitrilo para su uso en electrodiálisis inversa

P. Haros Saucedo*, J.A. Bañuelos Díaz, J.S. Jaime Ferrer****

*Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Veterinaria s/n. Circuito Universitario Col. Valle del Sur. C.P. 34120. Durango, Dgo. México.

**Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, Omega NO 201, Col Industrial Delta. C.P. 37545 León, Gto. México.

Palabras clave: Electrohilado, nanofibras, MIA, PECH, DABCO, PAN, EDI.

Introducción

Actualmente, la generación de energía mediante el uso de la electrodiálisis inversa (EDI) está en pleno auge. La EDI es uno de los procesos con membranas que puede convertir un gradiente de salinidad entre dos corrientes acuosas en energía eléctrica. En la EDI, se utilizan membranas semipermeables que permiten el paso de un tipo de ion específico. Sin embargo, el rendimiento de las membranas utilizadas actualmente sigue siendo deficiente. Las membranas son el elemento clave en la EDI, por lo que controlar sus propiedades es de suma importancia. Una manera de controlar sus características es utilizando nanofibras, ya que estas confieren a los materiales excelentes propiedades mecánicas y una mayor permeabilidad selectiva (Mei, 2018). Este trabajo presenta la síntesis por el método de electrohilado, de una membrana intercambiadora de aniones (MIA) basada en nanofibras de poliepiclorohidrina y poliacrilonitrilo (PECH-PAN), funcionalizadas con trietilendiamina 1,4-diazabicyclo (2.2.2.) octano (DABCO), y evaluación para su potencial uso como MIA en un proceso de EDI.

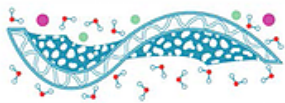
Materiales y Métodos

Fueron utilizados el Poliepiclorohidrina (PECH, MW: 700,000 g/mol) como polímero activo, el poliacrilonitrilo (PAN, MW: 150,000 g/mol) como polímero inerte, y el dimetilsulfóxido (DMSO, >99%) como solvente. La trietilendiamina 1,4-diazabicyclo (2,2,2) octano (DABCO 33-LV) fue utilizada como agente aminante. Todos los reactivos fueron suministrados por Sigma-Aldrich.

Preparación de las nanofibras

El PAN, el DABCO y el PECH fueron disueltos por separado en DMSO (6-10%). Las tres soluciones se agitaron a temperatura ambiente durante 24 h hasta completar la disolución. Para la síntesis de las nanofibras, se emplearon dos métodos: multicapa y mezcla. En el método multicapa se llevó a cabo primero el electrohilado de la solución polimérica inerte (PAN). El hilado es recogido en un colector tipo tambor. Posteriormente y sin remover el hilado de PAN del colector, se llevó a cabo el electrohilado del polímero activo (PECH). En el método por mezcla se combinan las soluciones de PAN y PECH previo al electrohilado. La mezcla es calentada a 80°C durante 30 minutos. Enseguida, la mezcla de PAN y PECH previamente enfriada fue electrohilada y recolectada como en el método multicapa. Después de llevar a cabo el electrohilado por cualquiera de los métodos, las películas del polímero se retiraron del colector y fueron sumergidas en una solución de DABCO durante 4 h a 40°C.





Electrohilado

Se trabajaron diferentes variables de electrohilado para determinar las mejores condiciones de la técnica. Se estudiaron dos distancias de trabajo entre la aguja y el colector: 10 cm y 30 cm. El tiempo de hilado fue de 15 y 30 min. En la velocidad de extrusión se estudiaron 0.7ml/h y 2 ml/h. Finalmente, se analizaron dos tensiones: 10 y 35kV.

Resultados y Discusiones

En la figura 1 se muestra la imagen de una de las membranas obtenidas por electrohilado. El espectro FT-IR confirma el cuaternizado; los resultados indicaron la introducción exitosa de amonio cuaternario y la mezcla del polímero activo con el polímero inerte (Fig. 1). La caracterización exhibió un alto grado de hinchazón. Además, el IEC obtenido fue comparable con el registrado de las membranas hechas por la técnica de evaporación de solvente de Güler et al., (2012).

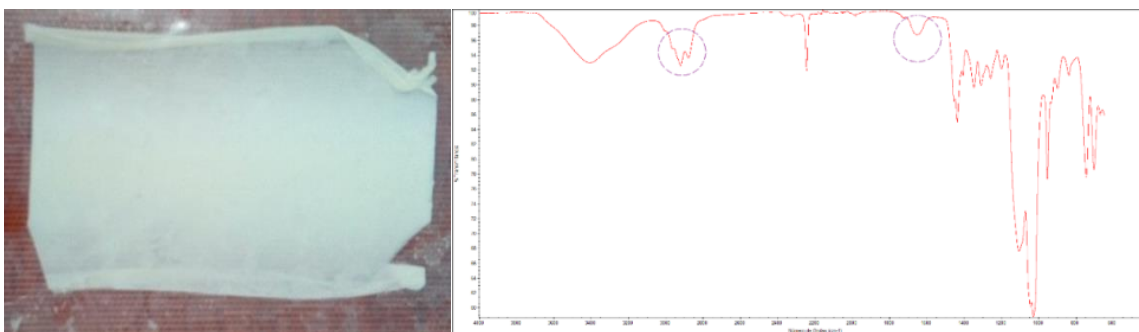


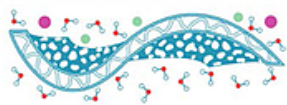
Figura 1. Membranas electrohiladas y espectro FTIR de PECH/PAN.

Conclusiones

La técnica de electrohilado es una forma efectiva de sintetizar membranas para su aplicación en la técnica de electrodialisis inversa.

Referencias

- E. Güler, Y. Zhang, M. Saakes, K. Nijmeijer. 2012. Tailor-made anion exchange membranes for salinity gradient power generation using reverse electrodialysis. *ChemSusChem* 5:2262-2270.
- Y. Mei, C. Tang. 2018. Recent developments and future perspective of reverse electrodialysis technology: A review. *Desalination* 425:156-174.



Síntesis y caracterización de membranas de intercambio protónico para desarrollo de tecnología PEM

M.V. Contreras-Martínez, A. Rico-Zavala, M.P. Gurrola, L.G. Arriaga

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Sanfandila, Pedro Escobedo, Qro., C.P.76703, México.

Palabras clave: Membrana, tecnología PEM, SPEEK, quitosanos.

Introducción

Las celdas de combustible son dispositivos electroquímicos que producen energía eléctrica a partir de la energía química de los reactantes, hidrógeno en el ánodo y oxígeno en el cátodo. Dentro de la clasificación de celdas de combustible, se encuentran las celdas de combustible tipo PEM (Membrana de Intercambio Protónico), en donde, el electrolito cumple dos funciones. En primer lugar, mantiene separadas las semireacciones anódica y catódica. Por otro lado, transporta los protones producto de la oxidación de hidrógeno. La composición y la estructura del material en una membrana es el componente más importante en cualquier tecnología basada en membranas. El rendimiento de la membrana se puede optimizar utilizando materiales compuestos o de múltiples componentes, obteniendo membranas híbridas orgánico-inorgánico u orgánico-orgánico [1,3]. En este trabajo se sintetizaron membranas de SPEEK con diferentes cargas de quitosanos, para así evaluar el efecto de este dentro de la matriz polimérica y estudiar sus propiedades de transporte iónico.

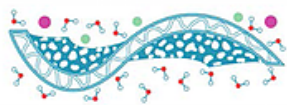
Materiales y Métodos

Las membranas se obtuvieron a partir de la sulfonación del polvo PEEK [Poli (éter éter cetona)] de Vitrex Goodfellow. Para ello, se disolvieron 5 g de PEEK en 100 ml de ácido sulfúrico al 98%(EMSURE®) a una $T=50^{\circ}\text{C}$ por un $t=2.5$ h bajo agitación magnética vigorosa para obtener un grado de sulfonación de 75% [2]. Para detener la reacción se utilizó agua desionizada fría ($T=4^{\circ}\text{C}$). Se realizaron lavados al SPEEK hasta obtener un pH neutro, posteriormente el SPEEK se puso a secar por 12 horas a 80°C y a continuación se le hizo un tratamiento térmico por 2 h a 120°C . El SPEEK se disolvió con dimetilacetamida al 99.5% (Sigma-Aldrich). Para la formación de las membranas se utilizó un filmógrafo, el cual se configuro a una temperatura de 50°C y a un espesor de $850\text{ }\mu\text{m}$ para cada membrana. Para las membranas modificadas, los quitosanos se añadieron a diferentes tiempos durante el proceso de síntesis del SPEEK, esto fue dependiendo de la carga de quitosanos que contuvieran. Las caracterizaciones de las membranas consistieron en pruebas de capacidad de intercambio iónico (IEC), retención de agua (W_{Up}), concentración analítica del protón ($[\text{H}^+]$) y conductividad protónica ($\sigma \text{ H}^+$) realizadas tal y como lo indica [2] con las formulas ahí utilizadas.

Resultados y Discusiones

En la Figura 1a) se muestran los resultados para W_{Up} y $[\text{H}^+]$, donde se puede observar que con el aumento de quitosano en la matriz polimérica aumenta la retención de agua de las membranas, esto es posiblemente atribuido a su naturaleza higroscópica del biopolímero. Por otro lado, la capacidad de intercambio iónico disminuye, debido a posibles interacciones entre los grupos $-\text{NH}$ del quitosano y el protón del grupo $-\text{SO}_3\text{H}$ del polímero SPEEK, impidiendo de esta manera que los iones sodio queden





SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

retenidos dentro de la matriz polimérica. Este valor decrece desde 2.3 hasta 1.7 meq- $\text{SO}_3\text{H}/\text{g}$ desde 0% a 10% de carga de quitosano, esto a su vez es un reflujo de la baja capacidad que tiene el quitosano para intercambiar cationes, tal y como se observa en la Figura 1b). No obstante, en la misma grafica anteriormente mencionada, es posible notar que la conductividad protónica del polímero se ve beneficiada con el aumento de biopolímero, esto puede deberse a que los grupos $-\text{NH}_2$ sirvan de puente para el transporte de H^+ entre los grupos $-\text{SO}_3\text{H}$ del SPEEK, logrando así una disminución de la resistencia al transporte de carga y por ende resultando en una mejora de la conductividad protónica.

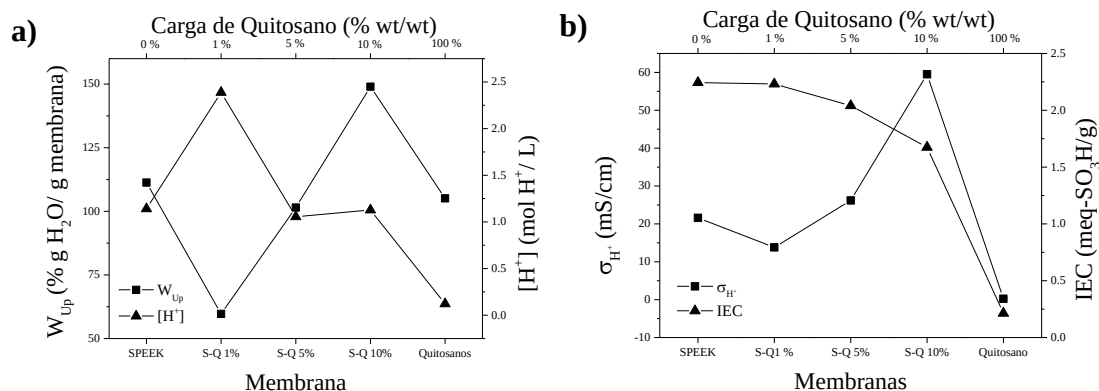


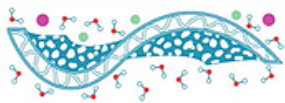
Figura 1. Propiedades fisicoquímicas de las membranas sintetizadas a diferentes cargas de Quitosano a 30°C: a) Retención de agua y concentración analítica del protón y b) Conductividad protónica a $T=30^\circ\text{C}$ y 100% HR y capacidad de intercambio iónico.

Conclusiones

Las membranas sintetizadas muestran un mayor rendimiento en cuanto a términos de conductividad protónica se refiere. Por lo tanto, estas membranas son candidatas potenciales para ser utilizadas en tecnologías que utilizan Membrana de Intercambio protónico en condiciones de humedad relativa del cien por ciento y temperaturas de 30°C.

Referencias

- [1] S.J. Peighambaroust, S. Rowshanzamir, M. Amjadi. 2010. Review of the proton exchange membranes for fuel cell applications. *Int. J. Hydrogen Energ.* 35:9349-9384.
- [2] A. Rico-Zavala, M.P. Gurrola, L.G. Arriaga, J.A. Bañuelos, L. Álvarez-Contreras, A. Carbone, A. Saccà, F.V. Matera, R. Pedicini, A. Álvarez, J. Ledesma-García. 2018. Synthesis and characterization of composite membranes modified with Halloysite nanotubes and phosphotungstic acid for electrochemical hydrogen pumps. *Renew. Energ.* 122:163-172.
- [3] N. Shaari, S.K. Kamarudin. 2015. Chitosan and alginate types of bio-membrane in fuel cell application: An overview. *J. Power Sources* 289:71-80.



Electrohilado de membranas de intercambio catiónico nano-estructuradas para su aplicación en electrodiálisis inversa.

L. Robles*, J.S. Jaime Ferrer, J.A. Bañuelos Díaz****

*División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato. Noria Alta S/N, Noria Alta, 36050 Guanajuato, Gto. México +52 473 732 0006

**Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas. Omega 201, Col. Industrial Delta, 37545 León, Gto. México +52 (477) 710 0011 Ext. 13011

Palabras clave: Electrohilado, nano-fibras, membrana de intercambio catiónico

Introducción

Las fuentes de energía sostenible juegan un papel importante en el siglo XXI debido a los problemas ambientales causados por el uso de combustibles fósiles. Una nueva fuente de este tipo de energía es aquella obtenida a partir del gradiente de salinidad conocida como electrodiálisis inversa (EI) (Vermaas et al., 2011). La EI es una tecnología prometedora, que se puede obtener mediante la mezcla de dos corrientes de agua con diferentes concentraciones de sal. El cambio en la energía libre de Gibbs proveniente de la mezcla se convierte entonces en electricidad directa mediante el transporte de iones a través de membranas selectivas iónicas. Si se considera toda la corriente de agua de río que se descarga en el mar, el potencial global del gradiente de salinidad es enorme, con una potencia estimada de 2.5 TW. Las membranas de intercambio de iones son elementos centrales en el proceso EI, pues su desempeño es vital para la generación eficiente de energía. Hosseini et al., (2014) estudiaron membranas heterogéneas de intercambio catiónico basadas en policloruro de vinilo usando poliácido acrílico copolimetacrilato de metilo como modificador de superficie, estas membranas mostraron una capacidad de intercambio iónico cercana a 2 mEq/g. Este trabajo presenta el proceso para obtener membranas de intercambio catiónico (MIC) basadas en nanofibras de policloruro de vinilo, vía electrohilado en comparación con el método tradicional de evaporación del solvente.

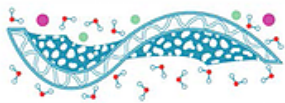
Materiales y Métodos

La preparación de MIC se llevó a cabo usando policloruro de vinilo (PVC, densidad: 490 g/L), tetrahidrofurano (THF) y N,N-dimetilformamida (DMF) empleados como disolvente. Una resina de intercambio catiónico (Amberlyst® 15). Metil metacrilato (MMA), monómeros de ácido acrílico (AC), etilenglicol (reticulante EG), do-decil-benceno-sulfonato de sodio (DBSS) y peróxido de benzoilo (iniciador de BPO). Todos los productos químicos fueron suministrados por Sigma Aldrich.

Membrana de nanofibras multicapa

Soporte de capa de nanofibras

Se disolvió PVC en THF (concentración 15% p/p) y se mezcló durante 3 h a temperatura ambiente seguida de 8 h de dispersión ultrasónica agregando la resina Amberlyst® (resina: mezcla de polímero (1:1), (0,8: 1) (p/p)). La solución polimérica fue electrohilada en un tambor rotativo colector. Se evaluaron los parámetros tales como relación de mezcla resina-polímero, flujo de solución polimérica y alto voltaje aplicado.



Resultados y Discusiones

La Figura 1 muestra la membrana obtenida directamente del proceso de electrohilado sobre una hoja de aluminio. El FTIR en rojo de la Figura 2 muestra el espectro infrarrojo de las membranas de intercambio catiónico fabricadas por electrohilado. El par de picos en 1108 cm^{-1} y 1137 cm^{-1} indican la presencia de grupos sulfónicos, procedentes de la resina de intercambio catiónico, dichos picos no son observados en el espectro de policloruro de vinilo que se muestra en violeta en la Figura 2. Los valores de capacidad de intercambio iónico son los esperados, es decir, 1.17 mEq/g , que corresponde a la cantidad de resina utilizada. La adición de DMF y una concentración de PVC al 16% favorecen el proceso y la colecta de material a voltajes cercanos a los 14 kV.

A su vez, la adición de DMF a la solución polimérica modifica la estructura interna o el acomodo de la membrana impidiendo una absorción excesiva de agua.



Figura 1. Foto de las membranas electrohiladas de PVC/Amberlyst® 15

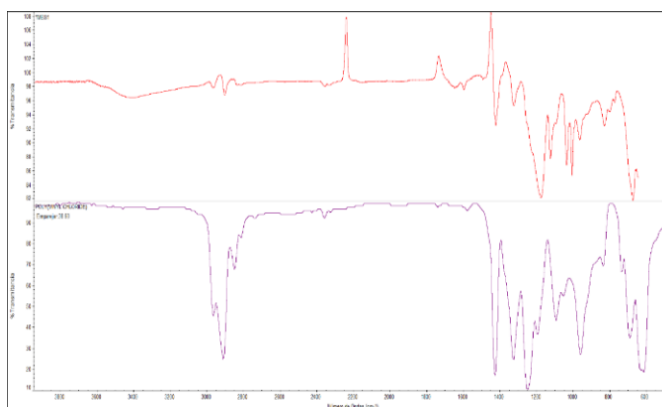


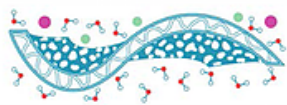
Figura 2. Comparación del espectro FT-IR de las MIC electrohiladas de PVC/Amberlyst® 15 y el polímero base PVC

Conclusiones

Las MIC pueden ser sintetizadas de manera simple por electrohilado, esta técnica facilita el estudio de diferentes parámetros

Referencias

- S.M. Hosseini, B. Rahzani, H. Asiani, A.R. Khodabakhshi, A.R. Hamidi, S.S. Madaeni, A.R. Moghadassi, A. Seidypoor. 2014. Surface modification of heterogeneous cation exchange membranes by simultaneous using polymerization of (acrylic acid-co-methylmethacrylate): Membrane characterization in desalination process. Desalination 345:13-20.
- D.A. Vermaas, M. Saakesa, K. Nijmeijer. 2011. Power generation using profiled membranes in reverse electrodialysis. J. Membr. Sci. 385-386:234-242.



Síntesis y caracterización de una nueva polinorbornén dicarboximida sulfonada para intercambio iónico

Isabel Ruiz¹, Alejandro Onchi², Arlette A. Santiago², Joel Vargas^{1*}

¹Instituto de Investigaciones en Materiales, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México. *e-mail: jvargas@iim.unam.mx

²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México.

Palabras clave: ROMP, polinorbornén dicarboximida, polímero sulfonado, adsorción de metales.

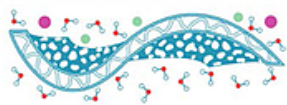
Introducción

Los metales pesados como contaminantes del agua y del suelo son un problema ecológico muy grave y que está en crecimiento debido a su alta toxicidad, por lo tanto son de gran interés aquellos fenómenos en los cuales se recuperan los iones metálicos pesados. Una de las técnicas más utilizadas para dicho objetivo es la adsorción debido a la versatilidad y disponibilidad de diferentes adsorbentes además de que no genera sustancias nocivas (Nazarzadeh et al., 2018). Al agregar cantidades sistemáticas de grupos sulfónicos a las polinorbornén dicarboximidas aromáticas son mejoradas la absorción de agua y las propiedades de intercambio iónico lo que convierte a estos polímeros en materiales alternativos muy prometedores para la adsorción de iones de metales pesados a partir de medios acuosos debido a las propiedades físicas y químicas que exhiben (Santiago et al., 2011). Con base en lo anterior el objetivo principal de la presente investigación consiste en sintetizar un polímero sulfonado a partir de la polimerización vía metátesis con apertura de anillo (ROMP) del nuevo monómero N-2,4,6-(trifenil)fenil-norbornen-5,6-dicarboximida para su posible aplicación como membrana para la captura de iones metálicos pesados a partir de disoluciones acuosas.

Materiales y Métodos

Es llevada a cabo la polimerización vía metátesis con apertura de anillo (ROMP) del monómero N-2,4,6-(trifenil)fenil-norbornen-5,6-dicarboximida. Posteriormente, el polímero obtenido es sometido a una reacción de hidrogenación de la cadena principal utilizando p-toluensulfonil hidrazida. A continuación, es efectuada una reacción de sulfonación en los anillos aromáticos del polímero hidrogenado utilizando sulfato de acetilo como agente sulfonante. Finalmente, las estructuras químicas del monómero y los polímeros sintetizados son confirmadas por FTIR y ¹H, ¹³C-NMR.

A partir del polímero sulfonado fueron preparadas membranas poliméricas densas por el método de disolución-evaporación utilizando cloroformo como disolvente. Las membranas obtenidas fueron caracterizadas mediante TMA, TGA y DSC, entre otras. Además, fueron determinados los valores de la capacidad de intercambio iónico (IEC) por el método de titulación química y de la absorción de agua (W_U) por gravimetría para las membranas sulfonadas.



Resultados y Discusiones

Fueron sintetizados con éxito el monómero y los polímeros insaturado, hidrogenado y sulfonado siguiendo las reacciones químicas mostradas en la Figura 1, confirmándose las estructuras químicas mediante FTIR, ^1H -NMR y ^{13}C -NMR. Las propiedades térmicas de los polímeros fueron estudiadas mediante TGA y TMA. A partir del TGA se observa que la hidrogenación de la cadena principal del polímero incrementa la estabilidad termo-oxidativa del material.

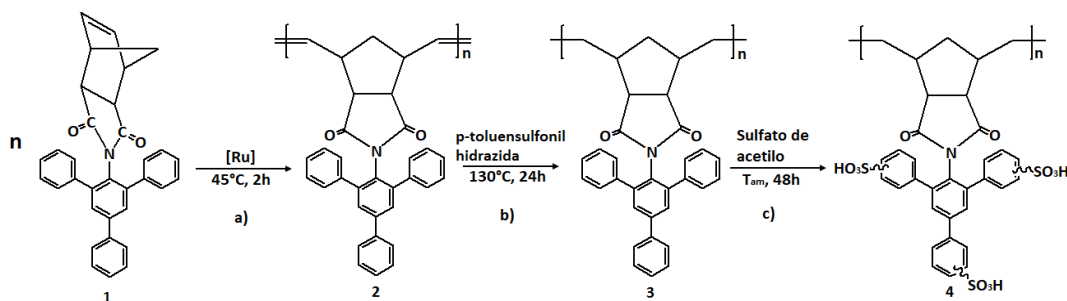


Figura 1. Esquema de reacciones: a) Polimerización del monómero 1, b) Hidrogenación del polímero 2, c) Sulfonación del polímero hidrogenado 3.

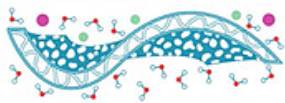
Conclusiones

Al sintetizar con éxito y confirmar la presencia de grupos sulfónicos en la estructura química de la polinorbornén dicarboximida hidrogenada se espera que dichos grupos sulfónicos le confieran al polímero las propiedades de intercambio iónico adecuadas para su aplicación en la adsorción de iones de metales pesados tales como el Pb^{2+} y Hg^{2+} en medios acuosos. Por otro lado, los valores obtenidos de la T_g y T_d indican que el nuevo polímero exhibe propiedades térmicas óptimas para su aplicación como membrana de intercambio iónico.

Agradecemos al CONACyT por el financiamiento otorgado a través del proyecto 239947. Agradecemos a la DGAPA-UNAM PAPIIT por el financiamiento otorgado a través de los proyectos IA101317 e IA101817.

Referencias

- A.A. Santiago, J. Vargas, J. Cruz-Gómez, M.A. Tlenkopatchev, R. Gaviño, M. López-González, E. Riande. 2011. Synthesis and ionic transport of sulfonated ring-opened polynorbornene based copolymers. *Polymer* 52:4208-4220.
- E.N. Zare, A. Motahari, M. Sillanpää. 2018. Nanoadsorbents based on conducting polymer nanocomposites with main focus on polyaniline and its derivatives for removal of heavy metal ions/dyes: A review. *Environ. Res.* 62:174-176.



Funcionalización de polipropileno con acrilato de sodio para la remoción de plomo

K.E. Zárate-Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa, R. Natividad-Rangel, F. Cortés-Guzmán

Centro de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Facultad de Química UAEM. Carretera Toluca-Atacomulco km 14.5, C.P. 50200, San Cayetano, Toluca, Estado de México.

Palabras clave: polipropileno, acrilato, remoción, plomo.

Introducción

Los metales pesados son considerados uno de los principales contaminantes de agua, por ello se buscan nuevas alternativas para su remoción en solución. Se propone utilizar una membrana de polipropileno modificada con acrilato de sodio para la remoción de iones Pb^{+2} . La membrana se prueba utilizando un sistema controlado de agua sintética para evaluar su eficiencia.

Materiales y Métodos

A una membrana de polipropileno isotáctico marca 3M se le injerta ácido acrílico en solución a la concentración de 30%, posteriormente se le agrega hidróxido de sodio (Sigma Aldrich) a reflujo, se lava la membrana en un equipo Soxhlet y finalmente se caracteriza.

La membrana obtenida se coloca en solución con el ión metálico en estudio a una concentración de 2 ppm de $PbSO_4$ Marca Sigma Aldrich a 24 horas de tiempo de contacto utilizando un agitador orbital a 165 rpm. Finalmente, se analizan las soluciones por absorción atómica para evaluar la eficiencia de la membrana.

Resultados y Discusiones

En la Figura 1 podemos observar la presencia de una señal en 1567 cm^{-1} correspondiente a una frecuencia de estiramiento asimétrica del grupo carboxilato, mientras que el estiramiento simétrico se observa en 1410 cm^{-1} , lo que coincide con lo publicado por Cabbanis y McVey (1995).

La membrana de polipropileno injertada con acrilato de sodio utilizando una solución de ácido acrílico al 30% tiene una eficiencia de 37% a 46% de remoción para plomo en una solución a 2 ppm, tal como se observa en los resultados de absorción atómica expresados en la Figura 2.

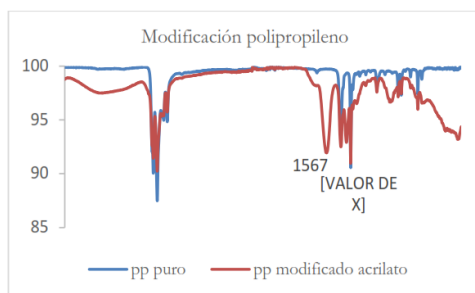
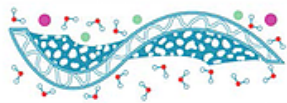


Figura 1. Espectro Infrarrojo comparativo entre polipropileno y polipropileno modificado



SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

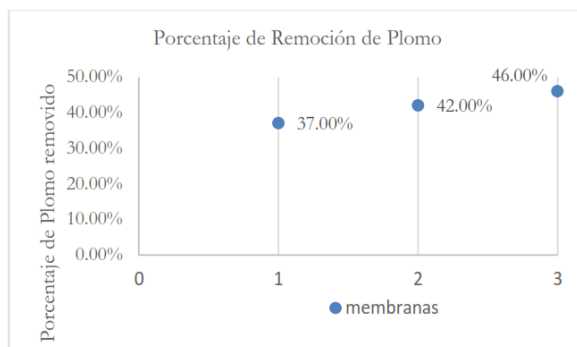


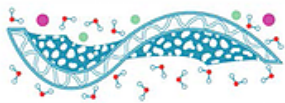
Figura 2. Resultados de remoción de plomo con polipropileno modificado.

Conclusiones

La modificación de polipropileno con acrilato de sodio cambia la afinidad de este material por soluciones acuosas, logrando una remoción del 46% de plomo en solución. Los resultados aquí obtenidos sugieren que la membrana modificada puede ser utilizada en aguas contaminadas con este ion metálico.

Referencias

- E. Alia, H. Shawky, H. Abd El Rehim, E. Hegazy. 2003. Synthesis and characterization of PVP/AAC copolymer hydrogel and its applications in the removal of heavy metals from aqueous solution. *Eur. Polym. J.* 39:2337-2344.
- S. Cabaniss, F. McVey. 1995. Aqueous infrared carboxylate absorbances: aliphatic monocarboxylates. *Spectrochimica Acta Part A* 51:2385-2395.
- I. Khalil, G. Abdel-Halim. 2001. Preparation of anionic starch containing carboxyl groups and its utilization as chelating agent. *Starch* 53:35-41.



Remoción de azul de metileno desde soluciones acuosas utilizando membranas sulfonadas

M. Yam-Cervantes^{1,5}, M. Aguilar-Vega¹, J. Sánchez^{2*}, G. del C Pizarro³, D. Oyarzún⁴, J. L. Santiago-García^{1*}

¹Unidad de Materiales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34. Col. Chuburna de Hidalgo, C.P. 97205. Mérida, Yucatán, México.

²Departamento de Ciencias del Ambiente, Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile, USACH, Casilla 40, Correo 33, Santiago, Chile.

³Departamento de Química, Universidad Tecnológica Metropolitana, J. P. Alessandri 1242. Santiago, Chile.

⁴Centro de Nanociencias Aplicadas (CENAP), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Andrés Bello, Avda. República 275, Santiago, Chile.

⁵Universidad Internacional Iberoamericana (UNINI). Calle 15 núm. 36, entre 10 y 12, IMI III. Campeche, México. CP 24560.

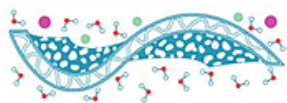
Palabras clave: Agua, colorantes, membranas, polisulfonas, remediación.

Introducción

El exceso de colorantes liberados desde las industrias de textil, cuero, procesos alimenticios, cosméticos y del papel es un problema ambiental que debe ser tratado, debido a sus acciones tóxicas, mutagénicas y cancerígenas (Pereira y Alves, 2012). Los colorantes son moléculas altamente estables, que son resistentes a la degradación química y biológica. Por lo tanto, el desarrollo de nuevos materiales con buen rendimiento de remoción de colorantes desde ambientes acuosos podría contribuir a controlar y mejorar la calidad del agua. La tecnología que es ampliamente utilizada para eliminar colorantes del agua y aguas residuales es la absorción (Worch 2012). Los materiales poliméricos parecen ser los más atractivos debido a su excelente estabilidad química y física, facilidad para obtener estructuras porosas y, además, la incorporación de grupos funcionales, la cual puede ser hecha a medida. El objetivo de este trabajo es obtener un polímero absorbente para el tratamiento de aguas contaminadas con azul de metileno.

Materiales y Métodos

Las polisulfonas sulfonadas, con grados de sulfonación diferentes, se obtuvieron mediante sulfonación directa de Radel[®] y Udel[®], usando TMSClS como agente sulfonante (Dyck et al., 2002). Este procedimiento permitió obtener las polisulfonas sulfonadas Radel 0.21, Radel 0.33, Udel 0.13 y Udel 0.33. Las membranas de ultrafiltración de Radel[®] y Udel[®] y sus derivados sulfonados fueron preparadas mediante el método de inversión en fase (Yam-Cervantes et al, 2017). La remoción de azul de metileno fue evaluada en una celda de ultrafiltración Amicon de 10 mL. El área de filtración fue 1 cm², usando nitrógeno como fuente de presión (1-3 bar). Los experimentos fueron hechos en modo batch. La solución de alimentación fue de 3 mg/L de azul de metileno a pH 6. Después de la filtración el permeado fue analizado por espectrofotometría (664 nm) para evaluar la capacidad de remoción de la membrana.



Resultados y Discusiones

Los resultados sobre el grado de sulfonación, porosidad y tamaño de poro están resumidos en la Tabla 1. La figura 1 muestra los resultados expresados como % de retención de azul de metileno en función del tipo de membrana. El porcentaje de retención de las membranas Radel® y Udel® fue menor al 20%. Mientras que al aumentar el grado de sulfonación en las membranas se observó un aumento en la capacidad de retención de azul de metileno. La máxima retención de azul de metileno se observó en la membrana Udel 0.33 que supera el 70%. Esto puede deberse al mayor número de grupos sulfónicos negativos presentes en la membrana, los cuales están disponibles para interactuar con el colorante catiónico y removerlo desde el medio acuoso.

Tabla 1. Propiedades físicas de las membranas de ultrafiltración

Membrana	Grado de sulfonación (%)	Porosidad $\mathcal{E}$, (%)	Tamaño de poro (r_m)
Udel®	0	71	0.1
Udel 0.13	13	61	0.16
Udel 0.33	33	57	0.78
Radel®	0	67	0.1
Radel 0.21	21	70	2.3
Radel 0.33	33	46	4.5

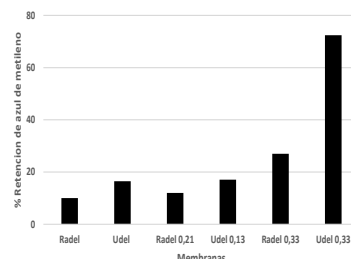


Figura 1. % de Retención de azul de metileno por las diferentes membranas sulfonadas

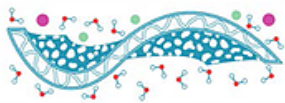
Conclusiones

El presente trabajo demuestra que es posible modificar las membranas Radel y Udel y obtener distintos grados de sulfonación. La sulfonación modifica la porosidad y el tamaño de poro. Estas membranas sulfonadas se utilizaron en la remoción del colorante azul de metileno en solución acuosa. Los resultados muestran que mientras mayor es el grado de sulfonación, mayor es la remoción del colorante catiónico azul de metileno.

Agradecimientos: Yam-Cervantes agradece el apoyo otorgado por la beca CONACYT No. 344563. G. del C Pizarro agradece al PROY. INT. UTEM L217-15.

Referencias

- A. Dyck, D. Fritsch, S.P. Nunes. 2002. J. Appl. Polym. Sci. 86:2820-2827.
- L. Pereira, M. Alves. 2012. En: Environmental protection strategies for sustainable development, strategies for sustainability, Malik A., Grohmann E, Eds.; Springer, New York, pp 111-162.
- E. Worch. 2012. Adsorption technology in water treatment: Fundamentals, processes, and modeling. De Gruyter, Berlin.
- M.A. Yam-Cervantes, J.L. Santiago-García, M.I. Loría-Bastarrachea, S. Duarte-Aranda, F.A. Ruiz-Treviño, M. Aguilar-Vega. 2017. J. Appl. Polym. Sci. 134:44502.



Naranja de xilenol soportado en membrana de polipropileno modificada para ser utilizada como indicador metalcrómico

S.A. Domínguez Villalobos, A. Gómez de la Cruz, K.E. Zárate-Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa, D.B. Morales Almaraz, T.J. Morales Juárez.

Centro de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Facultad de Química UAEM. Carretera Toluca-Atlacomulco km 14.5, C.P. 50200, San Cayetano, Toluca, Estado de México.

Palabras clave: Indicador metalcrómico, polipropileno modificado, luz UV.

Introducción

El utilizar membrana modificada de polipropileno potencia las aplicaciones del indicador de naranja de xilenol, observando sus grupos funcionales por espectroscopía infrarroja, corroborando la reacción. El colorante naranja de xilenol soportado en membrana de polipropileno modificada podrá ser utilizado como un indicador metalcrómico, actuando como un colorante ionocrómico soportado, lo que significa que altera el color en presencia de ciertos iones y revierte a su estado inicial cuando se elimina el ion.

Materiales y Métodos

Se tiene una membrana de polipropileno isotáctico marca 3M a la que se modifica con ácido acrílico al 10% utilizando radiación UV, se lava la membrana en un equipo Soxhlet, finalmente se seca a vacío hasta obtener peso constante. Una vez modificado el polipropileno se lleva a cabo el soporte de naranja de xilenol. Finalmente se hace la caracterización del material modificado con el indicador soportado.

Resultados y Discusiones

En el espectro de infrarrojo se observan los grupos funcionales propios del colorante naranja de xilenol, mostrando que la funcionalización del polipropileno actúa de manera eficiente, proponiendo una interacción ion-dipolo, por parte del soporte y el colorante. Al tener soportado el colorante la membrana podría actuar como un indicador en la cuantificación de cationes de metales en solución.

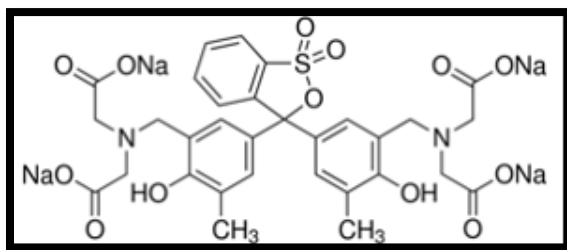


Figura 4. Estructura del indicador de Naranja de Xilenol

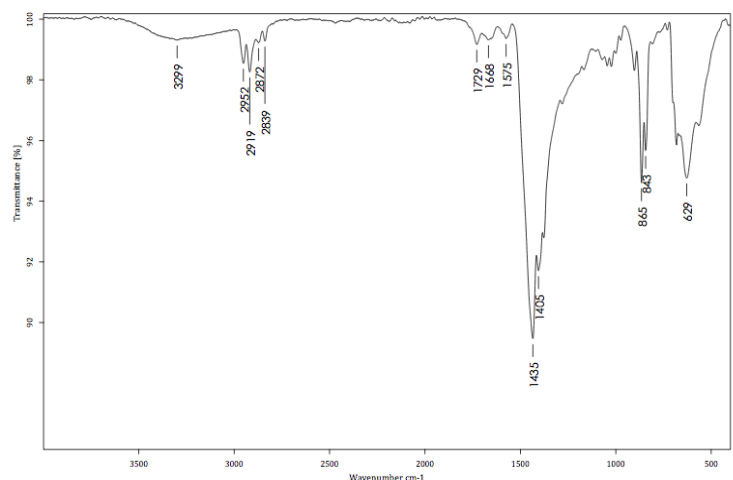
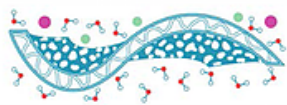


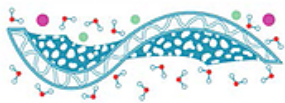
Figura 2. FTIR-ATR de Naranja de xilenol soportado en polipropileno modificado.

Conclusiones

Se sabe que algunos indicadores complexométricos son sensibles al aire y se destruyen, pero el naranja de xilenol al estar soportado presenta estabilidad al aire, esta estabilidad se le atribuye a los grupos polares, se observó que el colorante presenta estabilidad proporcionada por los grupos polares polipropileno modificado con los grupos polares probablemente a través de interacciones ion-dipolo, aportando gran estabilidad al indicador al estar soportado.

Referencias

- P. Fabre, O. Reynes. 2010. Determination of copper and zinc in brass: Two basic methods. J. Chem. Educ. 87(8): 836-837.
- R. Martínez Máñez. 2003. Sancenón F. Fluorogenic and chromogenic chemosensors and reagents for anions Valencia, España.
- C. Suksai, T. Tuntulani. 2003. Chromogenic anion sensors. En: Stibor I. (eds) Anion Sensing. Topics in Current Chemistry, vol 255. Springer, Berlin, Heidelberg.



Síntesis y caracterización de nuevas polinorbornén dicarboximidas conteniendo isómeros del grupo naftil.

Karen A. Peñaloza¹, Isabel Ruiz¹, Arlette A. Santiago², Rosalía Cortés³, Carlos A. Rangel-Osornio³, Joel Vargas^{1*}

¹Instituto de Investigaciones en Materiales, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México. *e-mail: jvargas@iim.unam.mx

²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México.

³Facultad de Ingeniería Química. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, C.P. 58060, México.

Palabras clave: ROMP, polinorbornén dicarboximida, transporte de gases.

Introducción

La generación de nuevos materiales para aplicaciones específicas ha motivado diversos estudios sobre el efecto de los isómeros y su semejanza en las distintas propiedades que exhiben. En la ciencia de membranas, los isómeros han sido utilizados para producir membranas poliméricas densas, las cuales presentan permeabilidades mejoradas y gran selectividad a gases Morales et al., (2016).

En este sentido, el objetivo principal de esta investigación consiste en sintetizar y polimerizar vía metátesis con apertura de anillo (ROMP) los nuevos isómeros polinorbornén dicarboximida con base en la 1-naftilamina y 2-naftilamina, respectivamente, para su estudio posterior como membranas poliméricas densas en la separación de gases.

Materiales y Métodos

Los nuevos monómeros *N*-1-naftil-norbornen-5,6-dicarboximida (**1a**) y *N*-2-naftil-norbornen-5,6-dicarboximida (**1b**) fueron sintetizados mediante la reacción del anhídrido norbornen-5,6-dicarboxílico (NDA) con 1-naftil amina y 2-naftilamina, seguida de una deshidratación con anhídrido acético, respectivamente. A continuación, los monómeros fueron polimerizados vía ROMP. Las estructuras químicas de los monómeros y los polímeros sintetizados fueron confirmadas por FTIR, ¹H y ¹³C-NMR.

A partir de los polímeros obtenidos fueron preparadas membranas poliméricas densas por el método de disolución-evaporación utilizando DMF como disolvente. Las membranas obtenidas fueron caracterizadas mediante TMA, TGA y DSC, entre otras.

Resultados y Discusiones

Se sintetizaron exitosamente los monómeros y polímeros propuestos. En la Figura 1 se observa el esquema de reacción. Las estructuras químicas de los materiales fueron confirmadas mediante ¹H-NMR, ¹³C-NMR y FTIR. Las propiedades termo-mecánicas de los nuevos materiales poliméricos fueron determinados por TGA y TMA. La difracción de rayos-X indicó que estos materiales macromoleculares son amorfos.



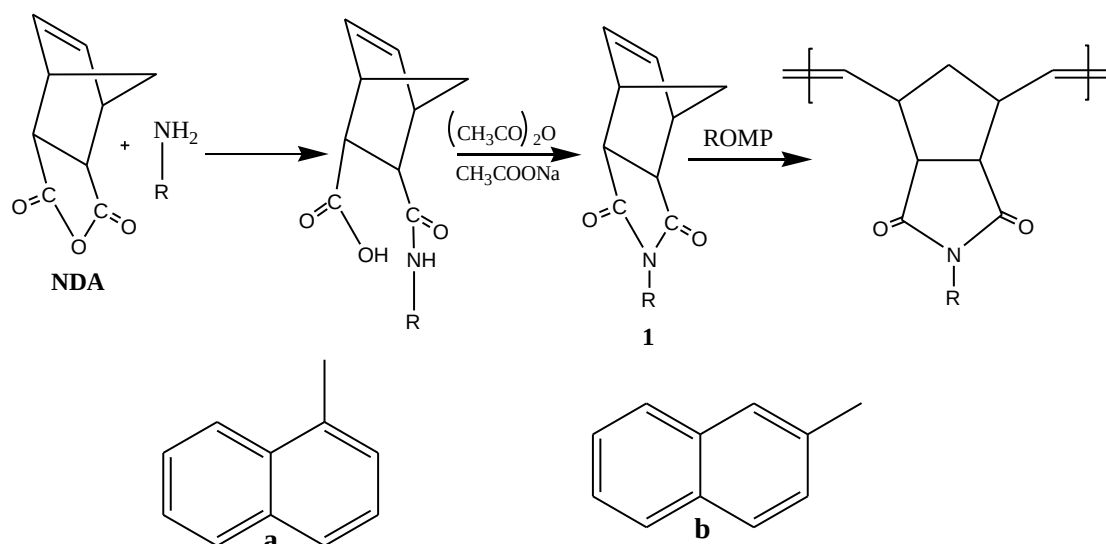
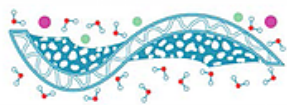


Figura 1. Ruta de síntesis y polimerización de los monómeros 1a y 1b, respectivamente.

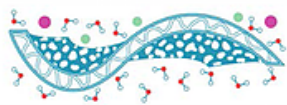
Conclusiones

La síntesis de los nuevos monómeros *N*-1-naftil-norbornen-5,6-dicarboximida y *N*-2-naftil-norbornen-5,6-dicarboximida así como su polimerización por metátesis con apertura de anillo (ROMP) utilizando catalizadores de alquilideno de rutenio fue efectuada eficazmente. El análisis térmico indicó que estos nuevos materiales tienen altas estabilidades termo-mecánicas adecuadas para aplicaciones en la tecnología de membranas para la separación de gases.

Agradecemos al CONACYT por el financiamiento otorgado a través del proyecto 239947. Agradecemos a la DGAPA-UNAM PAPIIT por el financiamiento otorgado a través de los proyectos IA101317 e IA101817.

Referencias

J.A. Cruz-Morales, J. Vargas, A.A. Santiago, S.R. Vázquez-García, M.A. Tlenkopatchev. 2016. Synthesis and gas transport properties of new polynorbornene dicarboximides bearing trifluoromethyl isomer moieties. High Perform. Polym. 28(10):1246-1262.



Propiedades de transporte de gases de membranas de poli(amida-imida)s orto-funcionales.

R.J. Canto-Acosta, M.I. Loría-Bastarrachea, H.J. Carrillo-Escalante, J.L. Santiago-García, M. Aguilar-Vega

Unidad de Materiales. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34. Col. Chuburna de Hidalgo. Mérida, Yucatán. C.P. 97205.

Palabras clave: Transporte de gases, poli(amida-imida)s, monómero asimétrico.

Introducción

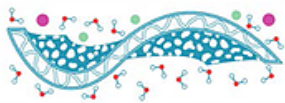
Las poli(amida-imida)s (PAIs) combinan las excelentes propiedades mecánicas asociadas al grupo amino y la buena estabilidad térmica del anillo imida, lo cual les permite ser consideradas como polímeros de alto desempeño (Dodda y Belsky, 2016). La síntesis de nuevas PAIs con funcionalidades específicas podría ser una forma de controlar ciertas propiedades físicas o funciones especiales. Tradicionalmente, la síntesis de polímeros por policondensación requiere de monómeros simétricos (Patil et al., 2007); sin embargo, la incorporación de monómeros asimétricos dentro de la cadena polimérica, impide el empaquetamiento disminuyendo la densidad y la cristalinidad. Esta estrategia permite obtener polímeros más solubles y membranas con mayor fracción de volumen libre (Cheng y Jian, 2004). Por lo tanto, en el presente estudio se reporta la síntesis de un diácido asimétrico orto-funcional a partir de la condensación del anhídrido trimelítico y un aminoácido no convencional. Posteriormente, el diácido fue polimerizado con seis diaminas comerciales para obtener nuevas PAIs. Finalmente, el coeficiente de permeabilidad de gases de las seis membranas de PAIs fue determinado por el método de time lag.

Materiales y Métodos

El ácido 3-trimelitímido-4-metoxibenzoico (TMBA) fue sintetizado haciendo reaccionar al ácido trimelítico con el ácido 3-amino-4-metoxibenzoico en dimetilformamida a 160°C durante 18 h (Fig. 1). Las PAIs fueron sintetizadas haciendo reaccionar el TMBA con 6 diaminas comerciales, empleando la reacción de Yamazaki (Yamazaki et al., 1975). La síntesis del TMBA y de las PAIs fue confirmada por FTIR y ¹H NMR. Las membranas densas de la PAIs fueron obtenidas por evaporación del disolvente, utilizando una solución al 5% (p/v) en dimetilformamida. El coeficiente de permeabilidad de He, CO₂, O₂, N₂ y CH₄ fueron determinados a 35°C y 2 atm de presión, utilizando un celda de permeación de gases de volumen constante y presión variable.

Resultados y Discusiones

La estructura química del TMBA fue confirmada por FTIR y ¹H NMR (Fig. 2). Por otra en la Figura. 2 se muestran el esquema de síntesis de las PAIs, y como ejemplo la confirmación de la síntesis de la PAIs TMBA-6FDA. Todas las PAIs fueron solubles en N-metilpirrolidona, dimetilacetamida, dimetilformamida, dimetil sulfoxido y ligeramente solubles en tetrahidrofurano. Además, todas las PAIs formaron membranas densas por el método de evaporación del disolvente. El coeficiente de permeabilidad a gases de las membranas de PAIs fue mayor a lo reportado en Torlon, una PAI



SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

comercial. La membrana TMBA-6FDA resulto ser la más permeable al CO₂ (12.3 Barrer) y con mayor selectividad ideal al par de gases CO₂/CH₄ (19.2).

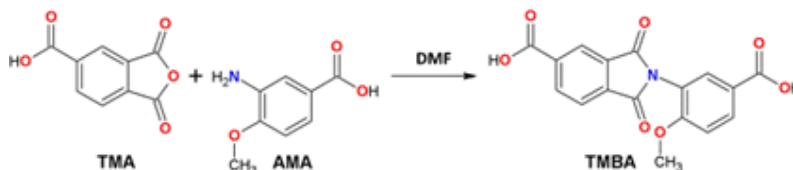


Figura 1. Esquema de síntesis del monómero TMBA

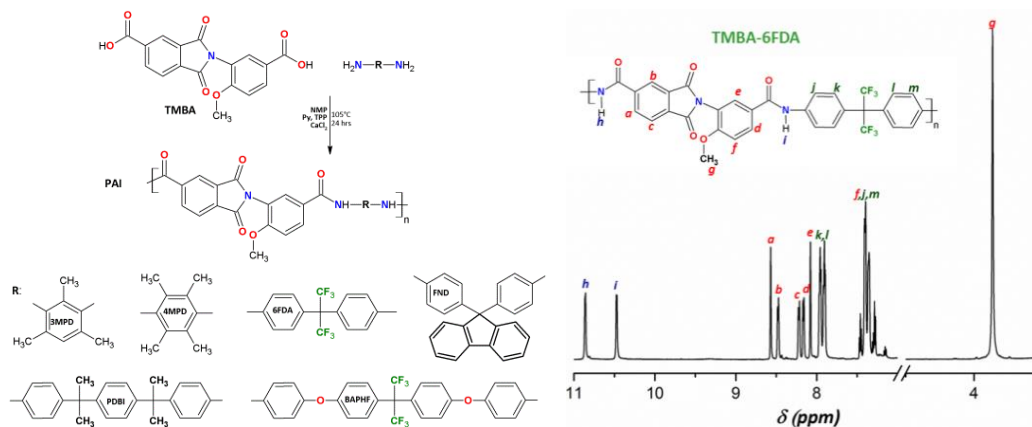


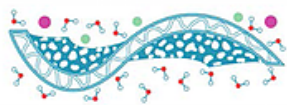
Figura 2. Esquema de síntesis de PAIs y espectro de ¹H-NMR de la PAI TMBA-6FDA.

Conclusiones

Un nuevo diácido asimétrico TMBA fue sintetizado y su estructura química confirmada por ¹H NMR. Una nueva serie de PAIs fueron sintetizadas por policondensación directa utilizando el diácido asimétrico TMBA. Las PAIs fueron solubles en solventes apróticos polares. La membrana TMBA-6FDA presente el coeficiente de permeabilidad al CO₂ mas alto y mayor selectividad ideal al par de gases CO₂/CH₄.

Referencias

- J.M. Dodda, P. Belsky. 2016. Eur. Polym. J. 84:514-537.
- P.S. Pati, R.R. Para, M.M. Salunkhe, N.N. Maldar, P.P. Wadgaonkar. 2007. Eur. Polym. J. 43:5047-5054.
- L. Cheng, X.G. Jian. 2004. J. Appl. Polym. Sci. 92:1516-1520.
- N. Yamazaki, M. Matsumoto, F. Higashi. 1975. J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed. 13:1373-1380.



Purificación de biodiésel obtenido a partir de grasas y aceites residuales empleando tecnología de membranas

A.R. Gamboa Alcántara, B. Torrestiana Sánchez

Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz, Av. M. A. de Quevedo 2779, Veracruz, Ver. 91860, México

Palabras clave: Biodiesel, glicerol, micelas, microfiltración, ultrafiltración.

Introducción

El biodiésel es una fuente de energía renovable, sustentable y que genera una reducción en emisiones de gases de efecto invernadero (Nelson 2009). La materia prima utilizada para la producción de biodiésel afecta al costo final del producto en un 75%, por lo que se requieren materias primas de bajo costo como aceites y grasas residuales para su producción a gran escala. La purificación del biodiésel se realiza convencionalmente por medio de una serie de lavados secuenciales que requieren grandes cantidades de agua, áreas de trabajo mayor y elevados costos de producción. La tecnología de membranas es una alternativa para reducir el número de etapas de forma drástica. Se ha reportado que agregar agua acidificada incrementa la retención de glicerol, pero disminuye el flux de las membranas (Sérgi et al., 2015; Alves et al., 2012 y 2013, Atadashi et al., 2012). Sin embargo, no se ha profundizado en el efecto del nivel de acidez o de la concentración de iones hidroxilo $[H^+]$ así como del volumen de agua añadida en la formación de micelas de glicerol y el desempeño de membranas de microfiltración (MF) o ultrafiltración (UF) durante la purificación del biodiésel. El efecto de estas variables se evaluó sobre la eficiencia de purificación del biodiésel obtenido por catálisis alcalina homogénea a partir de mezclas de grasas y aceites residuales utilizando MF y UF.

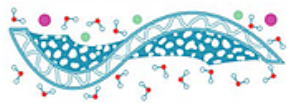
Materiales y Métodos

Se elaboró biodiésel a partir de una mezcla de grasas y aceites residuales mediante una reacción de transesterificación homogénea alcalina (KOH) y se determinó el porcentaje de glicerol presente mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Para los procesos de micro y ultrafiltración se emplearon membranas Cerámicas $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ y el método de incrementos de presión transmembrana para determinar el flujo crítico y establecer condiciones hidrodinámicas que permitieron operar el proceso en flujo sostenible. Se evaluó el efecto del pH y del porcentaje de agua acidificada adicionada a la mezcla de reacción y se evaluó la distribución de tamaños de las micelas formadas usando un Zetasizer nano ZS90. El biodiesel purificado se caracterizó en base a las normas europeas, midiendo viscosidad, densidad, índice de acidez (neutralización), porcentaje de esteres, contenidos de humedad (OACS), metanol, glicerol y cuantificación de esteres metílicos por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

Resultados y Discusiones

Se preparó una mezcla de grasas y aceites residuales que cumplió con las características establecidas para una materia prima apta para la producción de biodiésel. Se obtuvieron diferentes tamaños (500 nm-3 μ) de micelas de glicerol-agua a los diferentes valores de pH (3, 5, 7,10) y volumen de agua (5-15%) agregada a la mezcla de reacción. Se observó que la presencia de agua disminuyó





SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS, A.C.

significativamente la dispersión de tamaños y aumentó la estabilidad de las micelas formadas en la mezcla de reacción. Esto mejoró la separación del glicerol tanto con la membrana de MF como con la de UF utilizadas.

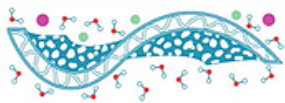
Conclusiones

La estrategia implementada en este trabajo permitió seleccionar las condiciones de pH y volumen de agua agregada a la mezcla de reacción, así como mejorar la eficiencia en el proceso de purificación de biodiésel de la mezcla de reacción empleando tecnología de membranas. Los resultados de este trabajo permitirán establecer las bases para desarrollar un proceso técnica y económicamente viable para la purificación de biodiésel a partir de grasas y aceites residuales.

Referencias

- I.M. Atadashi, M.K. Aroua, A.R. Abdul, N.M. Sulaiman. 2012. High quality biodiesel obtained through membrane technology. J. Membr. Sci. 421-422:154-164.
- M.J. Alves, I.G. Pereira, V.L. Cardoso, M.H.M. Reis. 2012. Biodiesel purification using ultrafiltration ceramic membrane. Procedia Eng. 44:2045-2047.
- M.J. Alves, S.M. Nascimento, I.G. Pereira, M.I. Martins, V.L. Cardoso, M. Reis. 2013. Biodiesel purification using micro and ultrafiltration membranes. Renew. Energ. 58:15-20.
- K. Nelson. 2009. ASTM establece normas para el biodiésel. ASTM international.
- M.C. Sérgio, P.A. Arroyo, N. Curvelo. 2015. Influence of oil quality on biodiesel purification by ultrafiltration. J. Membr. Sci. 496:242-249.





Polipropileno-almidón como soporte de puntos cuánticos de carbono

D.B. Morales-Almaraz, K.B. Peña-Sauza, J.I. Mendoza-Pichardo, K.E. Zárate-Rodríguez, R.M. Gómez-Espinosa.

Centro de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Facultad de Química UAEM. Carretera Toluca-Atlaquilco km 14.5, C.P. 50200, San Cayetano, Toluca, Estado de México.

Palabras clave: Polipropileno, puntos cuánticos carbono, soporte.

Introducción

Los puntos cuánticos de carbono ofrecen una gama de aplicaciones en diversas áreas desde la computacional hasta la médica, es por ello que se buscan nuevas formas de obtenerlos y soportarlos en materiales que faciliten su manipulación potenciando su uso. Se propone al polipropileno funcionalizado con almidón y utilizado como soporte de puntos cuánticos de carbono.

Materiales y Métodos

Extracción del almidón de papa

Moler las papas con agua desionizada y filtrar el líquido amarillento, dejar reposar el fluido hasta la sedimentación del almidón. Posteriormente, enjuagar el almidón (polvo blanco) obtenido con etanol y filtrar a vacío. Secar a 75°C durante 30 minutos.

Funcionalización de la membrana

A una membrana de polipropileno isotáctico marca 3M se funcionaliza con ácido acrílico al 30%. Se adiciona a la membrana una solución de almidón preparada con agua desionizada y se coloca en el fotoreactor durante 3 horas. Lavar la membrana con acetona en un equipo Soxhlet y secar a vacío durante 1 h. Finalmente, se adicionan los puntos cuánticos (miel) y se caracteriza la membrana obtenida.

Resultados y Discusiones

En la Figura 1 podemos observar la presencia de una señal en 1715 cm^{-1} correspondiente a la presencia del carbonilo proveniente de la funcionalización y modificación con almidón.

En la Figura 2 se hace evidente la presencia de los puntos cuánticos al observar fluorescencia a la exposición con la luz ultravioleta, la membrana sin puntos cuánticos no emite fluorescencia y se observa en la membrana de color morado (izquierdo).

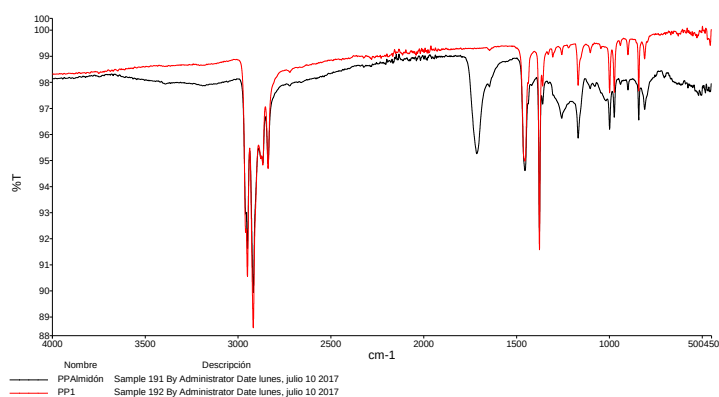
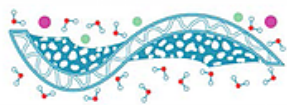


Figura 1. Modificación de la membrana de polipropileno con almidón.



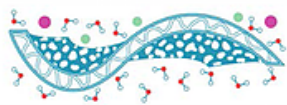
Figura 2. Membrana modificada polipropileno-almidón-puntos cuánticos.

Conclusiones

El polipropileno modificado con almidón de papa puede ser utilizado para soportar puntos cuánticos de carbono, proporcionando estabilidad a las partículas soportadas debido a los grupos funcionales presentes en el almidón.

Referencias

- E. Alia, H. Shawky, H. Abd El Rehim, E. Hegazy. 2003. Synthesis and characterization of PVP/AAC copolymer hydrogel and its applications in the removal of heavy metals from aqueous solution. *Eur. Polym. J.* 39:2337-2344.
- S. Cabaniss, F. McVey. 1995. Aqueous infrared carboxylate absorbances: aliphatic monocarboxylates. *Spectrochimica Acta Part A* 51:2385-2395.
- I. Khalil, G. Abdel-Halim. 2001. Preparation of anionic starch containing carboxyl groups and its utilization as chelating agent. *Starch* 53:35-41.



Separación selectiva de CO₂ mediante el uso de membranas inorgánicas densas

J.A. Fabián-Anguiano, J. Ortiz-Landeros

Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, IPN-ESIQIE, UPALM, Zacatenco, C.P. 07738, CDMX, México

Palabras clave: membranas densas; separación de CO₂; selectividad

Introducción

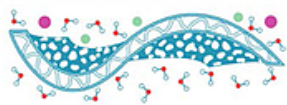
Las emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles y el cambio de uso de suelo han sido las principales causas que han provocado la disminución de la capacidad fotosintética del planeta tierra y los problemas medioambientales relacionados [1-3]. El crecimiento económico y el desarrollo de los países ha provocado que dentro de los diferentes sectores existentes a nivel mundial, el sector energético llegue a contribuir con el 64% de las emisiones de gases de efecto invernadero con más del 80% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), debido a que la generación de energía a través del uso de combustibles fósiles ha ocasionado que se alcancen niveles de emisiones de CO₂ de hasta 32.4Gt anualmente [3-6]. En respuesta a la problemática que afecta severamente al planeta, se ha ido realizando una intensa actividad de investigación enfocada al desarrollo de tecnologías para tratar de mitigar la problemática de los gases de efecto invernadero. Membranas selectivas con alta permeabilidad de CO₂ a altas temperaturas, pueden ser aplicadas a los procesos de pre-combustión y post-combustión para la captura de CO₂ [7-10]. Por tal motivo en el presente trabajo se estudia el desarrollo de membranas densas bifásicas cerámico-carbonato con formula Ce_{0.9}Pr_{0.1}O_{2-δ}/Pr_{0.6}Sr_{0.4}Fe_{0.5}Co_{0.5}O_{3-δ} (CP-PSFC) para la separación selectiva de CO₂ a altas temperaturas.

Materiales y Métodos

Se prepararon soportes cerámicos electro-iónicos (CP-PSFC) con relaciones en por ciento peso de 60:40, 50:50 y 40:60 a través de prensado uniaxial para posteriormente sinterizarlos parcialmente a 1050°C. Membranas densas bifásicas cerámico-carbonato fueron obtenidas a través de infiltrar soportes de manera directa en una mezcla de carbonatos fundidos de Li₂CO₃, Na₂CO₃ y K₂CO₃ dentro de un horno a 550°C. Pruebas de permeación de membranas fueron realizadas a altas temperaturas en intervalos de trabajo de entre 850°C a 950°C con atmosferas de 85% aire/15% CO₂.

Resultados y Discusiones

La exposición de los diferentes soportes CP-PSFC en atmosferas de 100% CO₂ por un tiempo de 20 horas a temperaturas de 700, 800 y 850°C revelan la no formación de nuevas especies a través de difracción de rayos-X. Análisis de cambios de dimensión a través de la técnica por TMA demuestran que el proceso de sinterización de los soportes es promovido a partir de 1000°C, revelando de esta manera que a 1050°C se obtiene una sinterización parcial de los soportes. Microscopía electrónica de barrido mostró la naturaleza que adquieren las membranas cerámico-carbonato de diferente composición.

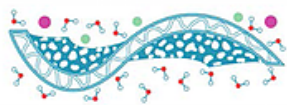


Conclusiones

Diferentes materiales base $\text{Ce}_{0.9}\text{Pr}_{0.1}\text{O}_{2-\delta}/\text{Pr}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{3-\delta}$ (CP-PSFC), mostraron cristalinidad de la fase CP-PSFC desde la etapa de síntesis sin presencia de fases secundarias cuando son tratados térmicamente hasta 1100°C. Soportes cerámicos porosos con configuración uniaxial sinterizados parcialmente a 1050°C, revelaron presentar excelentes propiedades de mojabilidad al entrar en contacto con la mezcla eutéctica de carbonatos fundidos de Li/Na/K, logrando obtener membranas densas bifásicas cerámico-carbonato. La exposición de los diferentes soportes CP-PSFC en atmósferas de 100%CO₂ por un tiempo de 20 horas a temperaturas de 700, 800 y 850°C, revelan una excelente tolerancia química hacia el CO₂ a altas temperaturas; haciéndolos viables para ser evaluados en atmósferas de 85% Aire/15% CO₂ a temperaturas de entre 850°C a 950°C donde los valores de permeación son de entre 3.18×10^{-8} a 2.25×10^{-7} molm²sPa.

Referencias

1. T.C. Merkel, H. Lin, X. Wei, R. Baker, Power plant post-combustion carbon dioxide capture: An opportunity for membranes, J. Membr. Sci. 359: 126-139, 2010.
2. J.D. Figueroa, T. Fout, S. Plasynski, H. McIlvried, R.D. Srivastava. 2008. Advances in CO₂ capture technology- The U.S. Department of Energy's Carbon Sequestration Program. Int. J. Greenh. Gas Control 2:9-20.
3. F. Birol. 2016. CO₂ emissions from fuel combustion. International Energy Agency p.9-155.
4. A. Raírez, M.A. Maldonado, G. Morales. 2016. Guía de Usuario: Registro Nacional de Emisiones (RENE). SEMARNAT, p. 6-44, 2016.
5. F.A. Rahman et al. 2017. Pollution to solution: Capture and sequestration of carbon dioxide (CO₂) and its utilization as a renewable energy source for a sustainable future. Renew. Sustain. Energy Rev. 71:112-126.
6. M.T. Gutiérrez. 2015. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del sector industrial de San Luis Potosí. Tesis doctoral. Pags. 265.
7. J.L. Wade, K.S. Lackner, A.C. West. 2007. Transport model for a high temperature, mixed conducting CO₂ separation membrane. Solid State Ionics 178:1530-1540.
8. T.T. Norton, Y.S. Lin. 2014. Ceramic-carbonate dual-phase membrane with improved chemical stability for carbon dioxide separation at high temperature. Solid State Ionics 263:172-179.
9. M. Anderson, Y.S. Lin. 2010. Carbonate-ceramic dual-phase membrane for carbon dioxide separation. J. Membr. Sci. 357:122-129.
10. Z. Rui, M. Anderson, L. Li, Y.S. Lin. 2012. Ionic conducting ceramic and carbonate dual phase membranes for carbon dioxide separation. J. Membr. Sci. 417-418: 174-182.



Producción y caracterización de membranas a base de quitosano para la liberación de fármacos

M.F. Manjarrez-Corral*, D.I. Sánchez-Machado, J. López-Cervantes

Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias, Instituto Tecnológico de Sonora
5 de Febrero 818 Sur, Ciudad Obregón, Sonora, México, CP 85000
*e-mail: fabiola.manjarrez@hotmail.com

Palabras clave: Membranas, quitosano, caracterización física, biopolímero.

Introducción

Las membranas a base de polisacáridos han atraído la atención de investigadores debido a sus múltiples aplicaciones en alimentos, tratamiento de aguas, ciencias biomédicas y farmacéuticas. Algunos de estos polímeros poseen propiedades biológicas como actividad antibacteriana, curación de heridas y transportadores de medicamentos (Lago et al., 2014). Como sistemas para distribuir fármacos dentro del organismo actúan orientados a un órgano, tejido o grupo de células. Por lo cual, son un medio alternativo para regular la biodisponibilidad de diversos agentes terapéuticos. Específicamente, en los sistemas controlados de administración de fármacos se incorpora un agente terapéutico activo en la estructura de una red polimérica, de tal manera que el fármaco se libera del material en forma predefinida (Bhattarai et al., 2010).

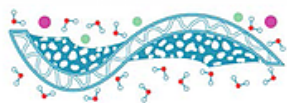
El quitosano es un polisacárido catiónico lineal compuesto de unidades de glucosamina y N-acetil glucosamina unidas por enlaces glucosídico $\beta(1-4)$. Se produce por desacetilación alcalina de la quitina, la cual es el componente principal de los caparazones de crustáceos. Este polímero exhibe características fisicoquímicas de notable interés, como son su elevada proporción de grupos amino libre, biocompatibilidad, biodegradabilidad y actividad antimicrobiana (Dash et al., 2011). Por lo anterior, el objetivo de este estudio es producir membranas a base de quitosano-fármaco y evaluar su espesor, circunferencia, capacidad de captación de agua, solubilidad y liberación de un fármaco.

Materiales y Métodos

Elaboración de membranas de quitosano-fármaco

Estas membranas se prepararon de acuerdo a la metodología propuesta por Escárcega-Galaz et al., (2018), con modificaciones. Específicamente, se preparó una solución de quitosano al 2% (p/v) en ácido acético al 1%. A par, se preparó una solución del fármaco atorvastatina a una concentración de 1 mg/ml. Se mezclaron ambas soluciones hasta formar una mezcla homogénea. Las membranas se prepararon por secado a 40°C durante 24 h. Para cada membrana se utilizaron 10 mL de la solución.

Liberación de Fármaco. Los ensayos de liberación del fármaco se realizaron utilizando como medio receptor etanol y buffer de fosfato (PBS). Una porción de la membrana se puso en contacto con el medio bajo condiciones de agitación magnética y temperatura ambiente. Se tomaron muestras de 3 mL de la solución en ciertos intervalos de tiempo y se analizaron a 245 nm usando un espectrofotómetro.



Resultados y Discusiones

En la Figura 1 se muestran las membranas obtenidas, las cuales presentaron una superficie lisa. En la Tabla 1 se presentan las características físicas como espesor, diámetro, capacidad de captación de agua y solubilidad en PBS de las membranas de quitosano-fármaco. El espesor fue medido en cinco puntos diferentes de la membrana y las medidas fueron promediadas. El espesor es similar a los reportados por Escárcega-Galaz et al., (2018), la diferencia se debe a la concentración y volumen de la solución de quitosano a que fue utilizado.

Las membranas presentaron una alta capacidad de retención de agua aumentando su peso $1164 \pm 49.5\%$. La retención de agua de las membranas se atribuye principalmente a la naturaleza del quitosano, debido a que su molécula presenta grupos funcionales altamente hidrófilos (-OH) unidos por puentes de hidrógeno (Khan et al., 2012). Los ensayos de liberación mostraron que el medio idóneo para la liberación del compuesto es el PBS ya que en este la concentración del fármaco fue mayor.

Tabla 1. Características físicas de las membrana de quitosano con fármacos

Parámetro	Resultados	
Grosor (mm)	0.047 ± 0.01	
Diámetro (cm)	8.2 ± 0.05	
Capacidad de captación de agua (%)	1164 ± 49.5	
Solubilidad (g)	0.08 ± 0.03	
*Valores promedio de 10 repeticiones		

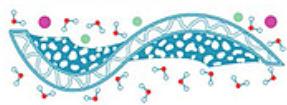
Figura 1. Membrana de quitosano con fármacos

Conclusión

La metodología optimizada permitió la producción de membranas a base de quitosano para la liberación de fármacos. Las características físicas de las membranas como la transparencia y espesor facilitan su aplicación durante la curación de heridas. La preparación de estas las membranas es simple y en pocas investigaciones las han utilizado como sistemas de liberación de fármacos.

Referencias

- N. Bhattarai, J. Gunn, M. Zhang. 2010. Chitosan-based hydrogels for controlled, localized drug delivery. Adv. Drug Deliver. Rev. 62:83-99.
- M. Dash, F. Chiellini, R. Ottenbrite, E. Chiellini. 2011. Chitosan-A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications. Prog. Polym. Sci. 36:981-1014.
- A.A. Escárcega-Galaz, J.L. de la Cruz-Mercado, J. López-Cervantes, D.I. Sánchez-Machado, O.R. Brito-Zurita, O. R., J.M. Ornelas-Aguirre. 2018. Chitosan treatment for skin ulcers associated with diabetes. Saudi J. Biol. Sci. 25:130-135.
- A. Khan, R.A. Khan, S. Salmieri, C. Le Tien, B. Riedl, J. Bouchard, M. Lacroix. 2012. Mechanical and barrier properties of nanocrystalline cellulose reinforced chitosan based nanocomposite films. Carbohydr. Polym. 90:1601-1608.
- M.A. Lago, S. Sendón, A.R.B. de Quirós, A. Sanchez-Silva, H.S. Costa, D.I. Sánchez-Machado, J. López-Cervantes. 2014. Preparation and characterization of antimicrobial films based on chitosan for active food packaging applications. Food Bioprocess. Tech. 7:2932-2941.



Propiedades mecánicas de las esponjas de colágeno de piel de tilapia (*Oreochromis aureus*)

R.D Valenzuela-Rojo*, D.I. Sánchez-Machado, J. López-Cervantes, Olga N. Campas-Baypoli

Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias, Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de Febrero 818 Sur C.P. 85000 Colonia Centro, Cd. Obregón, Sonora.

*autor de correspondencia: davidvalenzuelarojo@gmail.com

Palabras clave: Colágeno soluble en ácido, subproductos marinos, úlceras cutáneas

Introducción

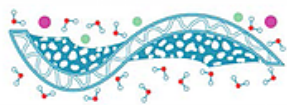
La aplicación de una esponja o membrana es una alternativa adecuada para la absorción de exudados provenientes de heridas cutáneas. Sin embargo, una esponja ideal debe cumplir con ciertas características, entre ellas actuar como soporte estructural, proteger a la herida de contaminantes ambientales, biocompatibilidad, estructura porosa, permeabilidad al intercambio gaseoso, flexibilidad, alta capacidad de absorción de exudados, biodegradables y resistencia mecánica (Muthukumar et al., 2014). Los biomateriales de colágeno presentan propiedades biológicas y funcionales apropiadas para el tratamiento de úlceras cutáneas. Es un material prometedor para los procesos de cicatrización debido a su biocompatibilidad, biodegradabilidad, débil toxicidad, adhesión y proliferación celular, estructura porosa y una alta capacidad de absorción de exudados. La piel de tilapia es fuente de colágeno, el cual es materia prima para la elaboración de esponjas para el tratamiento de heridas (Sun et al., 2017). Este trabajo tiene por objetivo producir y evaluar las propiedades mecánicas de las esponjas de colágeno extraído de las pieles generadas durante el procesamiento de tilapia.

Materiales y Métodos

Para la remoción de las proteínas no colágeno, las pieles fueron sumergidas en una solución 0.1 N NaOH durante 48 h cambiando la solución cada 24 h. Mientras que el desengrasado se llevó a cabo con butanol al 10% durante 48 h, con un cambio de butanol a las 24 h. Las pieles previamente tratadas fueron sumergidas en ácido acético 0.5 M (1:50 p/v) durante 3 días con agitación suave. Posteriormente, el colágeno soluble fue filtrado, liofilizado y almacenado. Se prepararon soluciones de colágeno al 1% (p/v) en ácido acético 0.5 M. Diez ml de solución fueron liofilizados a -50°C con un vacío máximo de 0.5 mBar para producir las esponjas

Propiedades mecánicas

El espesor de las esponjas fue medido con un micrómetro Digimatic (Mitutoyo model MDC-1 PX). Tensión máxima, alargamiento a la rotura (%), el módulo de elasticidad y compresión fueron evaluados utilizando un texturómetro TA-X2 (New York, EE.UU.) Las pruebas de tensión y módulo de elasticidad se llevaron a cabo a una velocidad de 0.1 mm/s a distancia de 60 mm. Para el módulo de compresión se prepararon cinco discos de cada tratamiento de 15 mm de diámetro y un espesor promedio de 0.77 mm, el ensayo se realizó a una velocidad de 0.1 mm/s y a un 50 % de compresión.



Resultados y Discusiones

Los esponjas de colágeno (Fig. 1) son blancas, suaves, su diámetro promedio es de 40.15 mm y su espesor es de 1.10 mm. En la Tabla 1 se muestran los valores de las propiedades mecánicas de las esponjas de colágeno aislado de piel de tilapia. El esfuerzo máximo presentado por las esponjas de colágeno fue similar a los reportados por Kim et al., (2011) para materiales elaborados con colágeno comercial aislado de piel porcina con un esfuerzo máximo de 0.18 MPa. Wang et al., (2015), reportaron un porcentaje de elongación a la ruptura de 1.6 % para colágeno a partir de tendón de bovino. Los valores para el módulo de elasticidad fueron similares a los presentados por Mcbane et al., (2013) para hidrogeles de colágeno. En referencia al esfuerzo de compresión al 50%, los biomateriales de colágeno mostraron valores mayores a los reportados por Kane et al., (2015) para biomateriales de colágeno de tendón de bovino, con valores de 0.1 MPa para esfuerzo máximo de compresión.

Tabla 1. Propiedades mecánicas de las esponjas de colágeno

Propiedades mecánicas	Colágeno
Esfuerzo máximo (MPa)	0.14 ± 0.01
Elongación a la ruptura (%)	4.36 ± 0.11
Modulo Elástico (KPa)	0.5 ± 0.005
Esfuerzo Máximo compresión (MPa)	0.31 ± 0.02



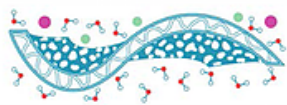
Figura 1. Esponja de colágeno

Conclusiones

El colágeno de fuentes marinas posee características apropiadas para la elaboración de esponjas, siendo ésta la proteína de elección para la preparación de biomateriales. Sin embargo, su aplicación se ve limitada debido a su naturaleza fibrosa, baja elasticidad y alta deformación, siendo necesario el entrecruzamiento con diferentes polímeros para mejorar sus propiedades mecánicas.

Referencias

- R.J. Kane, H.E. Weiss-Bilka, M.J. Meagher, Y. Liu, J.A. Gargac, G.L. Niebur, R.K. Roeder. 2015. Hydroxyapatite reinforced collagen scaffolds with improved architecture and mechanical properties. *Acta Biomater.* 17:16-25.
- G. Kim, S. Ahn, Y. Kim, Y. Cho, W. Chun. 2011. Coaxial structured collagen–alginate scaffolds: fabrication, physical properties, and biomedical application for skin tissue regeneration. *J. Mater. Chem.* 21(17):6165-6172.
- J.E. McBane, B. Vulesevic, D.T. Padavan, K.A. McEwan, G.S. Korbutt, E.J. Suuronen. 2013. Evaluation of a collagen-chitosan hydrogel for potential use as a pro-angiogenic site for islet transplantation. *PLOS One* 8(10):e77538.
- T. Muthukumar, A. Aravinthan, J. Sharmila, N.S. Kim, J.H. Kim. 2016. Collagen/chitosan porous bone tissue engineering composite scaffold incorporated with Ginseng compound K. *Carbohydr. Polym.* 152:566-574.
- L. Sun, B. Li, D. Jiang, H. Hou. Nile tilapia skin collagen sponge modified with chemical cross-linkers as a biomedical hemostatic material. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.* 159 (2017) 89-96
- F. Wang, M. Wang, Z. She, K. Fan, C. Xu, B. Chu, R. Tan. 2015. Collagen/chitosan based two-compartment and bi-functional dermal scaffolds for skin regeneration. *Mater. Sci. Eng. C.* 52:155-162.



Permeación de hidrógeno en una membrana Pd-Ag a partir de una mezcla binaria CO₂-H₂.

M.X. Cordero-García, S.A. Gómez-Torres, E.M. Salinas- Rodríguez*, M.E Hernández-Terán

Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Ciudad de México, México. *e-mail: sabe@xanum.uam.mx

Palabras clave: Hidrógeno, membranas de Pd-Ag, spillover, permeación

Introducción

Una alta selectividad en la separación de H₂ permite aplicaciones potenciales en el campo de nuevos combustibles, ya que se crea la posibilidad de establecer procesos rentables para la producción de H₂ de alta pureza a partir de gas natural y líquidos renovables. El proceso de obtención de H₂ puro requiere la separación del gas del efluente de la reacción; por esta razón la separación de H₂ usando membranas es una alternativa a los métodos utilizados actualmente a nivel industrial [1]. La separación de H₂ mediante membranas metálicas es una tecnología en progreso desde principios de 1960 [2-4] especialmente con membranas de Pd, bien o de aleaciones de Pd [2-5] debido su selectividad. En este trabajo se estudió experimentalmente la permeación de H₂ a partir de una mezcla H₂ y CO₂ en razones iguales o menores que la de los productos de la reacción de desplazamiento de gas de agua (WGS por sus siglas en inglés), en membrana metálica de Pd-Ag [1-5]. Los resultados indican que la permeación de H₂ en la membrana depende principalmente de la temperatura de operación de la membrana y de la relación inicial de flujo de H₂ a CO₂ en la mezcla de alimentación, pues proporcionan concentraciones CO₂ mucho más bajas en el lado del permeado, incluso a condiciones normales (25°C, 1 atm).

Materiales y Métodos

Se diseñó un sistema de permeación; la mezcla gaseosa se alimentó de forma continua mediante un controlador de flujo másico (AALBORG) variando la relación inicial de flujo (RIF_{H₂/CO₂}) de 0.1 a 1.5, hacia la membrana (Pd-Ag de 1/8" de pared revestida con Pd-Cu REB Research & Consulting), del tal manera que se operó como un sistema continuo (reacción-permeación). El flujo de salida de la membrana se analizó en línea por cromatografía de gases (AGILENT 6890 N, con una columna capilar, Carboxen 1006). La temperatura de operación de la membrana se varió desde 100 a 200°C. Se estudiaron los coeficientes de transporte en membranas como la Difusión superficial (**D**) y la Permeancia (**P**) del H₂ en la aleación Pd-Ag.

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos a diferentes temperaturas de operación de la membrana, a RIF_{H₂/CO₂} de 1.5 y presión de 82.73 kPa. Entre 150 y 200°C, se alcanza un flujo permeado de H₂ normalizado al alimentado y en estado estacionario, $F_{H_2}^N = 0.33 \pm 0.17$, desde los 25 min de operación, mientras que a 100°C se logra flujo estacionario, $F_{H_2}^N = 0.21 \pm 0.12$ a 40 min. Esto indica, además, que bajo estas condiciones el flujo permeado se incrementa con la temperatura. Para la obtención de la permeabilidad y la difusividad en la membrana de Pd-Ag, utilizamos el mecanismo de solución-difusión [4,5]. En la Figura 2 se observa que la mayor permeabilidad de la membrana se obtiene a 200°C y RIF_{H₂/CO₂} de 0.72. Bajo estas condiciones la selectividad hacia H₂ es 100%.



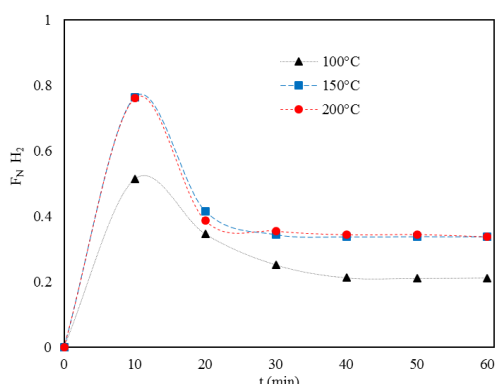
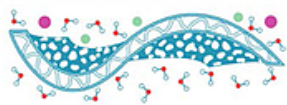


Figura 1. F_N de H_2 y CO_2 a $RIF_{H_2/CO_2}=1.5$, $PT=82.73kPa$ a diferentes temperaturas.

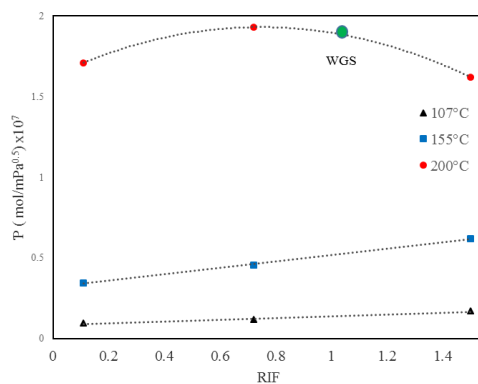


Figura 2. P_{H_2} a diferentes RIF_{H_2/CO_2} (0.11, 0.7 y 1.5) y temperatura.

Conclusiones

La membrana Pd/Ag es 100% selectiva al H_2 ; sin embargo, la cantidad obtenida de H_2 puro depende de la relación de flujo inicial, RIF_{H_2/CO_2} , de la temperatura de la membrana, y de la presión del sistema. A menor, RIF_{H_2/CO_2} , $F_N H_2$ es máximo. Sin embargo la mayor permeabilidad, $P=1.93 \times 10^{-7}$ mol/mPa^{0.5}s, se obtuvo a $RIF_{H_2/CO_2}=0.72$ y 200 °C, aunque la diferencia sólo es de 4.23% mayor que la obtenida a $RIF_{H_2/CO_2} = 0.11$ y 200°C. A partir de estas condiciones se obtuvo 90% del H_2 alimentado como H_2 puro en el efluente de la membrana, lo cual demuestra la factibilidad del uso de membranas de Pd-Ag para la obtención de H_2 puro en efluentes de reacciones como la WGS.

Referencias

1. S.C.A. Kluiters. 204. Status review on membrane systems for hydrogen separation. Energy Center of the Netherlands, Petten, The Netherlands.
2. A Basile, A. Iulianelli, T. Longo, S. Liguori, M. De Falco. 2011. Pd-based selective membrane state-of-the-art. En: Membrane reactors for hydrogen production processes. Springer London, pp. 21-55.
3. S.N Paglieri, J.D. Way. 2002. Innovations in palladium membrane research. Sep. Purif. Rev. 31(1):1-169.
4. T.L. Ward, T. Dao. 1999. Model of hydrogen permeation behavior in palladium membranes. J. Membr. Sci. 153(2):211-231.
5. C.G. Sonwane, J. Wilcox, Y. Hua Ma. 2006. Achieving optimum hydrogen permeability in Pd-Ag and Pd-Au alloys. J. Chem. Phys. 125:184714.