

Copolimerización por plasma de Etilenglicol y Alilamina

Gómez L.M.^{1,2}, Morales M.P.^{1,2}, Cruz G.J.^{1*}, Olayo M.G.¹, Palacios J.C.^{1,3}, Morales J.⁴

¹*Departamento de Física, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Apdo. Postal 18-1027, D.F., CP 11801, México.*

²*Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico s/n, Col. ExRancho La Virgen, Metepec, Mex., CP 52140, México.*

³*Universidad Politécnica del Valle de Toluca, Loma Real s/n, La Loma, Zinacantepec, Mex., CP 51355, México.*

⁴*Departamento de Física, Universidad Autónoma Metropolitana, Apdo. Postal 55-534, D.F., CP 09340, México.*

*gcc@nuclear.inin.mx

1. Resumen

Se presenta un estudio sobre la copolimerización por plasma de Etilenglicol y alilamina con el objetivo de sintetizar películas delgadas biocompatibles de polímeros aleatorios con grupos químicos N-H y O-H. Los polímeros individuales de ambos monómeros son biocompatibles y parcialmente solubles en agua; adicionalmente, la polialilamina esta siendo estudiada en la inmovilización de biomoléculas. En la síntesis se aplicaron descargas eléctricas de resplandor de mezclas de ambos monómeros a 13.56 MHz, 10^{-1} mbar y potencias entre 40 y 120 W durante 240 min. Los copolímeros muestran todos los grupos funcionales C=C, C-O, C-H, N-H, y O-H de los monómeros de partida. Se identificaron además grupos C=O que indican oxidación parcial en el material. El intervalo central de degradación térmica se encuentra entre 100 y 500 C. Los resultados indican que la conductividad eléctrica de los copolímeros es influenciada considerablemente por la humedad en el intervalo de 10^{-8} a 10^{-12} S/cm.

2. Introducción

La biocompatibilidad de polietilenglicol y polialilamina (PEG y PAI) se debe a que poseen grupos OH y NH, respectivamente, que pueden acoplarse a algunos grupos químicos en los seres vivos. El PEG tiene aplicación en materiales para implantes, biosensores, sistemas de administración de medicamentos, etc.; y combinado con otros polímeros, el PEG también se ha utilizado en la reconexión para la comunicación de células neuronales con resultados prometedores [1-5]. PAI es usada en aplicaciones biológicas para incrementar la biocompatibilidad de diferentes materiales y en la inmovilización de moléculas [6], ya que promueve la adhesión y crecimiento celular [7,8].

3. Condiciones experimentales

El copolímero polietilenglicol y polialilamina (PEG/PAI) fue sintetizado en un reactor tubular de vidrio de 9 cm de diámetro interno y 26 cm de longitud. El reactor tiene bridas de acero inoxidable en los extremos con tres entradas cada una. En la entrada central de cada lado se insertan electrodos de acero inoxidable con longitud de 21.5 cm, diámetro de 7 cm y separación de 6 cm entre ellos. Los electrodos se conectan a un generador de radiofrecuencia RFX-600 Advanced Energy. En las otras entradas se colocan un medidor de presión tipo Pirani y el sistema de vacío que consta de una bomba para vacío Alcatel Pascal 2015C1 y un condensador Alcatel LNT 25 S para gases residuales. Al condensador se le adiciona nitrógeno líquido para atrapar los gases residuales de la reacción.

Los monómeros utilizados en la polimerización fueron Etilenglicol (Tecsiquim, 99.5%) y Alilamina (Aldrich, 95%). Los monómeros fueron colocados en recipientes separados y conectados al reactor por algunos de sus accesos. El etilenglicol se mantuvo a una temperatura aproximada de 60°C. Mientras que la alilamina se introdujo en fase gaseosa a una temperatura aproximada de 15°C. El plasma fue producido por descargas de resplandor a 13.56 MHz, 10^{-1} mbar y potencias de 40, 60, 80, 100 y 120 W. El tiempo de polimerización fue de 240 minutos. El copolímero PEG/PAI se obtuvo como película delgada adherida a las paredes del reactor, la cual fue separada de las paredes aplicando acetona y agua caliente.

4. Resultados y discusión

4.1 Espesor de la película

El espesor de las películas se obtuvo con un micrómetro Mitutoyo realizando 10 mediciones en diferentes zonas de las películas para calcular el promedio. El espesor total de los polímeros sintetizados depende de la densidad de los monómeros y sus derivados en el reactor, los cuales son a su vez dependientes de la presión y de la energía aplicada durante la síntesis. El espesor promedio de los polímeros con respecto a la potencia de síntesis se muestra en la Fig. 1. El espe-

sor presenta una tendencia lineal en el intervalo de 40 a 120 W donde varía de 5.7 a 21 μm con una tasa de crecimiento de 191 nm/W.

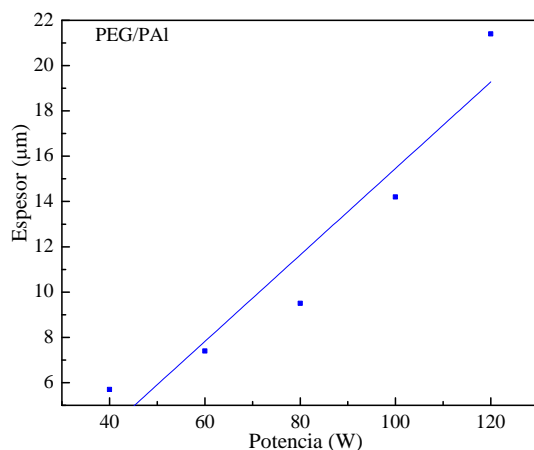


Fig. 1. Evolución del espesor del PEG/PAI.

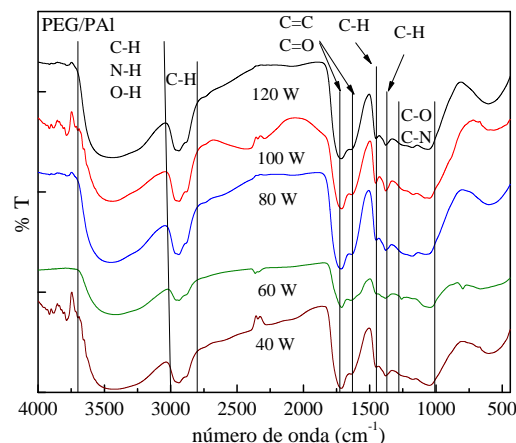


Fig. 2. Espectro Infrarrojo del PEG/PAI.

4.2 Análisis FT-IR

El análisis de la estructura del copolímero se realizó con un Espectrofotómetro Infrarrojo Perkin-Elmer Spectrum FT-IR 2000 usando 32 barridos. El espectro de la Fig. 2 contiene la absorción IR del PEG/PAI. Los resultados del análisis IR muestran una banda entre 3700 y 3000 cm^{-1} correspondiente a los enlaces C-H, N-H y O-H de los monómeros participantes. Entre 3000 y 2800 cm^{-1} se localiza una absorción característica del C-H. En 1725 y en 1630 cm^{-1} se presentan las absorciones características de los grupos C=C y C=O. En 1450 cm^{-1} y 1370 cm^{-1} se encuentran las vibraciones C-H. En la región comprendida de 1285 a 1010 cm^{-1} vibran los enlaces de C-O, C-N. La biocompatibilidad del PEG y la PAI se pueden atribuir a la presencia de los grupos OH y NH de los materiales. Estos grupos se pueden apreciar en el espectro del copolímero PEG/PAI.

4.3 Análisis térmico

TGN-P

El equipo empleado en las mediciones termogravimétricas fue un DuPont 2000 Thermal Analysis. La degradación térmica del copolímero de PEG/PAI a las diferentes potencias de reacción se presenta en la Fig. 3(a) y muestra dos intervalos de degradación térmica. La primera pérdida de masa corresponde a la humedad del copolímero y sucede en el intervalo de aproximadamente 16 a 100 C y. La segunda pérdida de masa, y la primera degradación del material, se desarrolla entre 100 y 500 C. La siguiente y última sucede a partir de 500 C. En la Fig. 3(b) se puede observar que la pérdida de agua tiene su centro en 47°C aproximadamente para todas las potencias. Mientras que la primera degradación tiene sus centros de degradación entre 360 y 430 C. En este intervalo los copolímeros sintetizados a bajas potencias presentan una mayor degradación.

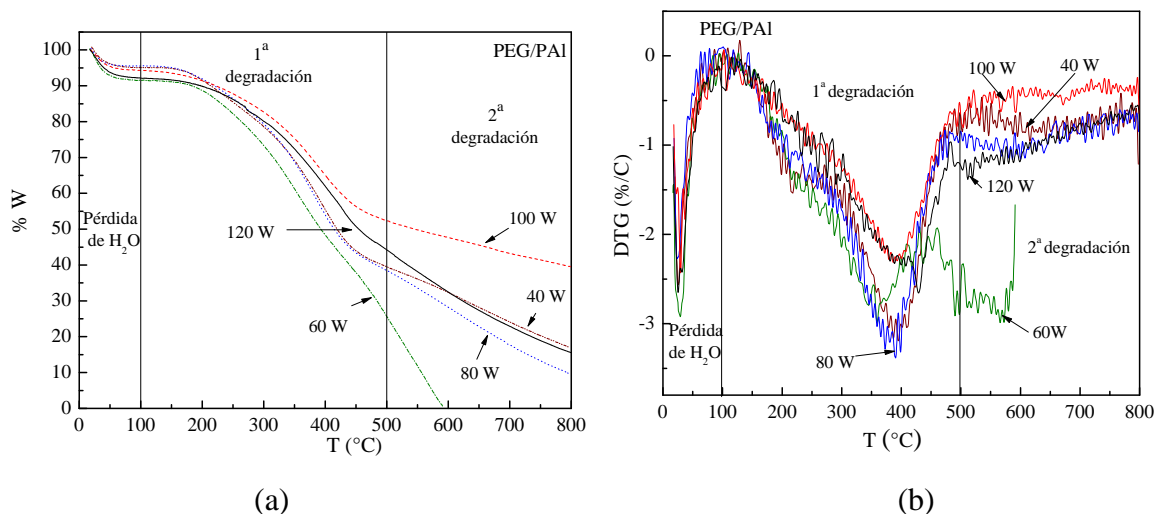


Fig. 3. Degradación térmica de PEG/PAI (a) Termogravimetría y (b) Termogravimetría Diferencial.

Referencias

1. R. Olayo, C. Ríos, H. Salgado-Ceballos, G.J. Cruz, J. Morales, M.G. Olayo, M. Alcaraz-Zubeldia, A.L. Álvarez, R. Mondragón, A. Morales, A. Díaz-Ruíz, *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 19(2), 817-826, 2008.

TGN-P

2. P. Wang, K.L. Tan, F. Zhang, E.T. Kang, K.G. Neoh, American Chemical Society, 13, 581-587, 2001.
3. J. Luo, R. Borgens, R. Shi, Journal of Neurochemistry, 83, 471-480, 2002.
4. R. Shi, R. Borgens, The American Physiological Society, 2406-2414, 1999.
5. J. Wang, C.J. Pan, N. Huang, H. Sun, P. Yang, Y.X. Leng, J.Y. Chen, G.J. Wan, P.K. Chu, Surface & Coatings Technology, 196, 307-311, 2005.
6. A. Choukourov, H. Biederman, D. Slavinska, L. Hanley, A. Grinevich, H. Boldyryeva, A. Mackova, American Chemical Society, 109, 48, 23086-23095, 2005.
7. P. Hamerli, T. Weigel, T. Groth, D. Paul, Biomaterials, 24, 3989-3999, 2003.
8. G. Oye, V. Roucoules, A. M. Cameron, L. J. Oates, N. R. Cameron, P. G. Steel, J. P. S. Bayal, American Chemical Society, 18, 23, 8996-8999, 2002.