

## ESFERAS DE QUITOSANA EN MATRICES POLIMERICAS MICROESTRUCTURADAS DE POLIACRILAMIDA-XANTANA

P. Ortega-Gudiño<sup>1</sup>, A. Martínez-Ruvalcaba<sup>1</sup>, A. González-Álvarez<sup>1</sup> y J.C. Sánchez-Díaz<sup>1\*</sup>

*Depto. de Ingeniería Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara  
Boul. M. García Barragán # 1451, Guadalajara, Jal. 44430 México  
Tel: (33) 36-50-34-01, FAX: (33) 36-19-40-28.  
E-mail: [sanchezdiaz@gmail.com](mailto:sanchezdiaz@gmail.com)*

**Abstract-** En este trabajo se reportan los resultados obtenidos en cuanto a la síntesis y módulos de Young para hidrogeles microestructurados de poliacrilamida-quitosana/xantana (AM-Q/X). Los hidrogeles microestructurados de AM-Q/X son preparados por un proceso de polimerización en dos etapas. La primera etapa consiste en la síntesis de partículas poliméricas entrecruzadas del orden nanométrico por una polimerización inversa de acrilamida. En la segunda etapa, las partículas son secadas y redispersadas en una solución acuosa ácida de acrilamida, xantana y quitosana, y polimerizadas en presencia de un agente entrecruzante. Las propiedades de hinchamiento de los hidrogeles microestructurados aumentan considerablemente al incrementarse el contenido de nanopartículas en la red (Puig, et al., 2001). Por otra parte, el módulo de Young evaluado en el estado de hinchamiento en equilibrio, se incrementa al aumentar el contenido de partículas y éste se mantiene constante a pesar de la elevada capacidad de hinchamiento de los hidrogeles. Además, al aumentar la concentración de nanopartículas en la red, las cinéticas de hinchamiento de los hidrogeles microestructurados son más rápidas y el hinchamiento en equilibrio es alcanzado en un mayor tiempo que en los hidrogeles convensionales con igual cantidad de acrilamida, quitosana, xantana y agente entrecruzante.

### Introducción

Los hidrogeles son redes poliméricas hidrofílicas que en presencia de agua se hinchan considerablemente, pero mantienen su forma hasta alcanzar un equilibrio fisicoquímico. Poseen las siguientes características: son blandos, elásticos e insolubles en agua, esto último debido a la existencia de una red tridimensional formada con un agente entrecruzante (Pedley et al., 1980)). La quitosana es un biopolímero catiónico que recientemente ha recibido mucha atención por parte de científicos debido a su uso como un material funcional biodegradable (Francis et al., 2000, Li et al., 1992). Debido a la presencia de grupos amino, es soluble en un medio ácido acuoso formando soluciones viscosas que pueden ser utilizadas para producir geles en diversas formas. La quitosana es un material que ofrece un número de características especiales como: biocompatibilidad, biodegradabilidad, y propiedades antibacteriales (Hudson et al., 1998). Es biológicamente inerte, seguro para el uso humano y ambientalmente estable. Estas características lo convierten en un material de uso para aplicaciones biomédicas, que incluyen, piel artificial, regeneración de tejidos y como sistemas de liberación controlada de fármacos (Francis et al., 2000, Lipatova et al., 2000). Sin embargo para estas aplicaciones, se requiere que los hidrogeles posean una gran capacidad de hinchamiento con propiedades mecánicas satisfactorias en su estado hinchado (Gutowska et al., 1995). Pero un hidrogel hinchado se transforma en un material blando y presenta baja resistencia a la tracción y al desgarre (Ratner et al., 1976). Investigaciones recientes (Alexeev et al., 2000) han intentado mejorar las propiedades mecánicas de la quitosana. Para mejorar sus propiedades físicas en numerosas aplicaciones prácticas, se

han realizado modificaciones de la quitosana a través de mezclas con otros polímeros (Zhang et al., 1997) y por medio de su entrecruzamiento (Goissis et al., 1999).

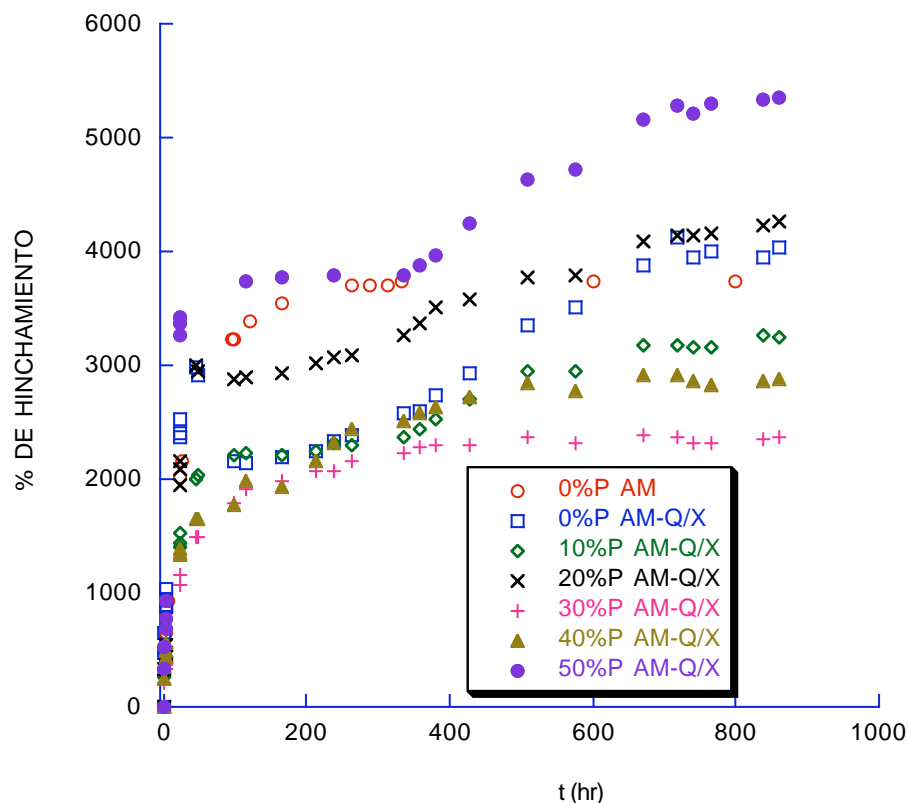
Recientemente hemos reportado la síntesis de hidrogeles microestructurados con altas capacidades de hinchamiento y mejores propiedades mecánicas con la incorporación de nanopartículas entrecruzadas en la red (Puig et al., 2004). En este trabajo se reporta la síntesis y caracterización de hidrogeles microestructurados de poli(acrilamida)-quitosan/xantana, preparados por un proceso de polimerización en dos etapas (Puig et al., 2004). Estos materiales exhiben una gran capacidad de hinchamiento con buenas propiedades mecánicas.

### **Sección Experimental**

El hidrogel convencional (sin nanopartículas) se preparó por un proceso de polimerización en solución utilizando las siguientes cantidades en porcentaje en peso (wt%): 94.05 agua, 4.5 AM, 0.5 quitosana/xantana, 0.95 ácido acrílico. Además, se utilizó 1% de NMBA como agente entrecruzante y 1 % de V-50 como iniciador con respecto a la AM. La reacción de polimerización se llevo a cabo durante 24 horas a una temperatura de 50°C. Los hidrogeles microestructurados (hidrogeles con nanopartículas) fueron sintetizados por un proceso de polimerización en dos etapas. En la primera etapa se sintetizaron nanopartículas entrecruzadas con 1% de poliAM por medio de una polimerización en microemulsión inversa, utilizando las siguientes composiciones en wt%: 68.44 tolueno como fase continua, 17.04 de Aerosol-OT como surfactante, 7.65 agua, 6.87 de AM y 1 % de AIBN y NMBA como iniciador y entrecruzante con respecto al monómero respectivamente. La reacción se llevo a cabo a 50°C durante dos horas en atmósfera de nitrógeno y agitación constante. En la segunda etapa, las nanopartículas fueron añadidas y redispersadas en una solución con la misma composición que se utilizó en la preparación de los hidrogeles convencionales. La concentración en %wt de las nanopartículas adicionada con respecto a la AM fue la siguiente: 10, 20, 30, 40 y 50. Los hidrogeles preparados fueron cortados en forma de discos y lavados en agua destilada. Posteriormente fueron secados a temperatura ambiente y estandarizados a un diámetro y espesor dados. Después, fueron sumergidos en agua y se les midió el hinchamiento en función del tiempo.

### **Resultados y Discusión**

Las cinéticas de hinchamiento de todos los hidrogeles microestructurados son más rápidas que la del hidrogel convencional conteniendo las mismas concentraciones de acrilamida, quitosan, xantana y agente entrecruzante. Así mismo la velocidad de hinchamiento aumenta en función de la concentración de nanopartículas. Por otra parte, el hinchamiento en equilibrio de los hidrogeles microestructurados es mayor que la del hidrogel convencional y es alcanzado en mayor tiempo (figura 1).



*Figura 1.- Cinética de hinchamiento para los hidrogeles microestructurados cargados con diferentes cantidades de nanopartículas (%P indica el porcentaje de nanopartículas en función de la cantidad de AM)*

La capacidad de hinchamiento de algunos hidrogeles (convencional y microestructurados) se favoreció al mezclar la quitosana y xantana durante la polimerización de la acrilamida, formando una mezcla homogénea entre los dos polímeros; ya que el grado de hinchamiento del hidrogel convencional de poliAM/Q-X fue mayor que el del hidrogel convencional de poliAM.

Finalmente, se logró obtener las esferas de quitosana en la matriz de AM-X cuya apariencia se muestra en la figura 2.



Figura 2 Fotografía esferas de quitosana en un hidrogel de AM-X

## Conclusiones

Algunos hidrogeles microestructurados exhiben una mayor capacidad de hinchamiento que los hidrogeles convencionales a la misma concentración de AM, quitosana, xanatana y agente entrecruzante. Esto es debido a que las nanopartículas actúan como nodos reforzantes en la estructura reticulada del gel proporcionándole resistencia al formar uniones de entrecruzamiento. Además, las nanopartículas proporcionan una capacidad de hinchamiento superior al hidrogel ya que estas forman sitios entre las partículas en donde las moléculas de agua pueden ser albergadas.

## Referencias

- 1- G. Pedley, P. J. Skelley y B. J. Tighe, Brit. Polym. J., 12,99 (1980)
- 2- Francis, S. J. K.; Matthew, H. W. T. Biomaterials 2000, 21, 2589.
- 3- Li, Q.; Dum, E. T.; Grandmaison, E. W.; Goodman, M. F. A. J Bioact.Compat. Polym. 1992, 7, 370
- 4- Hudson, S. M.; Smith, C. In Biopolymers from Renewable Resources; Kaplan, D. L., Ed.; Springer: Berlin, 1998; p 96.
- 5- Lipatova, T. E.; Lipatov, Y. S. Macromol. Symp. 2000, 152, 139.
- 6- Gutowska A, Bae YH, Jacobs H, Mohammad F, Mix D, Feijen J, Kim SW. J Biomed Mater Res 1995; 29:811.
- 7- Ratner, B. D. and Hoffman, A.S., en "Hydrogels for Medical and Related Applications" (J.D. Andrade, Ed.), ACS Symp. Ser. Vol. 31, pp. 1-36, Am. Chem. Soc., Washington, DC, 1976.
- 8- Alexeev, V. L.; Keberg, E. A.; Evmenenko, G. A. Polym. Eng. Sci. 2000, 40, 1211.
- 9- Zhang, Q.; Liu, L.; Ren, L.; Wang, F. J. Appl. Polym. Sci. 1997, 64,212.
- 10- Goissis, G.; Junior, E. M.; Marcantonio, R. A. C.; Lia, R. C. C.;Cancian; D. C. J.; De Caevallho, W. M. Biomaterials 1999, 20, 27.
- 11- S.M. Nuño-Donlucas; J.C. Sánchez-Días; M.Rabelero; J.Cortés-Ortega; C.C. LuhrsOlmos; V.V.Fernández-Escamilla; E. Mendizábal and J.E.Puig. Journal of Colloid and Interface Science 2004, 270, 94-98