



## Efecto de la adición de NaCl en la mezcla de proteína-polisacárido para la obtención de nanofibras

J. Colín Orozco<sup>1</sup>, G. Rodríguez Gattorno<sup>1</sup>, R. Pedroza Islas<sup>2</sup> y M. Zapata Torres<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Legaria 694. Colonia Irrigación, 11500 México D. F.

<sup>2</sup> Universidad Iberoamericana. Prolongación Paseo de la Reforma 880. Lomas de Santa Fe, D.F

### Resumen

Se prepararon soluciones de pectina de bajo metoxilo con proteína aislada de suero lácteo al 7% en una proporción de 2.5:1 y 1:2.5, a las soluciones se les agregó NaCl en una concentración de 0.35-1.05g. Se evaluó la conductividad y la viscosidad, observando que ambas aumentaron conforme se incrementó la concentración de NaCl. No se logró la formación de fibras bajo las condiciones de prueba.

### Introducción

La investigación de la aplicación de la nanotecnología en la ciencia y tecnología de alimentos ha venido creciendo en los últimos años, con un gran potencial para el transporte y protección de ingredientes funcionales. La encapsulación y liberación de los ingredientes funcionales usando nanoestructuras, ofrecen mayores ventajas en comparación con los métodos tradicionales, se ha buscado formar nanofibras de biopolímeros usando electrospinning, ya que los biopolímeros, al ser naturales tienen mejor biocompatibilidad y biodegradabilidad y son más disponibles para el organismo en comparación con los materiales sintéticos [4].

Entre los biomateriales que se han utilizado para este propósito se encuentran algunos polisacáridos y proteínas. No obstante algunos de estos biopolímeros ensayados, por sí solos no han mostrado la propiedad de poder generar nanofibras tal es el caso de alginato de sodio y albúmina de huevo que han debido ser combinados con polímeros sintéticos, para desarrollar fibras de aplicación en materiales de empaque con propiedades mecánicas mejoradas. También se han realizado nanofibras de proteínas como sistemas de encapsulación que sirven como acarreadores de sustancias activas [6].

Se busca entonces incrementar el conocimiento de las propiedades de formación de fibra de otro tipo de biopolímeros, como se pretende en este trabajo con el uso de pectina de bajo metoxilo (LMP) que es una molécula lineal con regiones que comprenden  $\alpha$ -1,4 de ácido galacturónico parcialmente esterificado y regiones ramificadas que contienen principalmente ramnosa, galactosa, xilosa, arabinosa y ácido galacturónico en una estructura ramificada. Las pectinas en general, son extraídas de la pared celular de frutos cítricos como lima, limón y naranja; o de manzana. Tienen un peso molecular que varía entre 50 a 100 KDa. Otro biopolímero de interés por su gran aplicación en los alimentos, es la proteína aislada de suero lácteo, subproducto de la fabricación de

queso. Está integrado por cuatro proteínas globulares:  $\alpha$ -Lactoalbúminas (20%) (14,437 Da),  $\beta$ -Lactoglobulinas (50%)(18,400 Da), albúminas (7%), inmunoglobulinas (10%) y polipeptidos (3%) [1].

La producción de nanofibras de polímeros naturales mediante electrospinning ha encontrado su mayor dificultad en el manejo más difícil en comparación con los polímeros sintéticos [4]. Existen investigaciones que han reportado que la técnica de electrospinning de polímeros parece ser una vía sencilla y fácilmente controlable. Sin embargo, para su aplicación en biopolímeros, el proceso es sumamente complejo ya que depende de una gran cantidad de parámetros entre los que se encuentran: aspectos termodinámicos del solvente y del biopolímero, tales como la presión de vapor, temperatura de cristalización y de transición vítrea, solubilidad de biopolímero en el solvente o mezcla de solventes, peso molecular y distribución de pesos moleculares; propiedades intrínsecas de la solución: viscosidad intrínseca, concentración, conductividad eléctrica y tensión superficial y variables de proceso como intensidad de campo eléctrico aplicado, distancia entre la aguja y el colector, velocidad de flujo de la solución; finalmente los parámetros ambientales: temperatura de la solución y humedad en la cámara de electrospinning [3,5]. Atendiendo uno de los parámetros importantes en la elaboración de nanofibras, la capacidad de conducir energía eléctrica, se planteó como objetivo: estudiar el efecto de la adición de NaCl en la mezcla de proteína aislada de suero lácteo (WPI) y de pectina de bajo metoxilo sobre la conductividad y la viscosidad para la obtención de nanofibras.

### Procedimiento Experimental

Se prepararon soluciones de WPI-LPM en proporciones de 1:2.5 y 2.5:1 al 7%. La proteína se desnaturizó a 80 °C durante 30 min. Se utilizó un diseño estadístico de una vía en el que se varió la concentración de NaCl de 0.35-1.05 g. Se determinó la conductividad en un Conductímetro Modelo 33 y la viscosidad mediante el método de Ostwald, así como el pH con un potenciómetro Conductronic pH120. Las soluciones se sometieron a prueba en el equipo de electrospinning variando el voltaje de 10-30 kV, 10 -20 cm de distancia entre el colector y la aguja a una velocidad constante de 8mL/h.

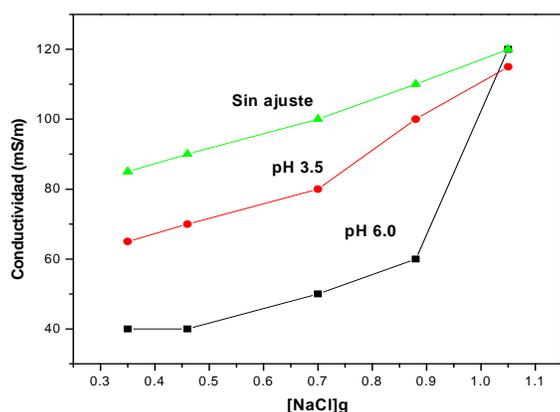
### Resultados y Análisis

La conductividad de la solución está determinada principalmente por el tipo de polímero, el solvente utilizado



Memorias en extenso

ya la disponibilidad de sales ionizables [3]. En la grafica 1, se muestra el comportamiento de las soluciones de LMP-WPI en una proporción de 2.5:1 a pH de 6.0, 3.5 y sin ajuste de pH, al agregar NaCl a la solución, en todos los casos hubo un incremento en la conductividad de la solución por la presencia de los iones añadidos y también se observaron diferencias por efecto del pH. Así, con una concentración de 0.35g de NaCl se tuvo una conductividad de 40 mS/m a pH de 6.0 y 65 mS/m a pH de 3.5, mientras que las soluciones donde el pH no se ajustó, fue de 85 mS/m. Cuando se incrementó la concentración a 1.05 g de NaCl, la conductividad coincidió en de aproximadamente 120 mS/m para todas las soluciones Liu, *et al.* (2010) reporta que la conductividad de la solución refleja el nivel de elongación del flujo cargado por la fuerza eléctrica durante el proceso de electrospinning.

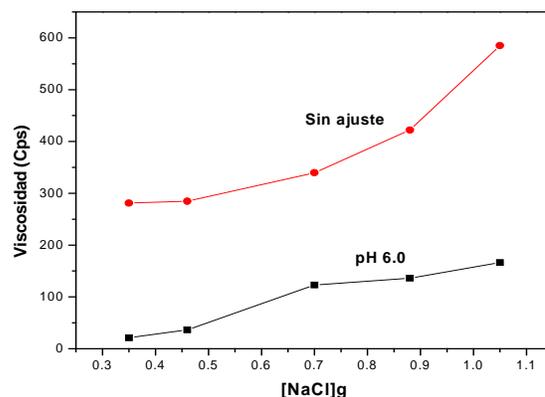


Grafica 1. Efecto de la adición de NaCl sobre la conductividad de soluciones de WPI-LMP a diferente pH.

En la grafica 2 se muestra el efecto de la adición de NaCl sobre la viscosidad de las soluciones de WPI-LMP en una proporción 2.5:1. Se observó un aumento en relación a la concentración de NaCl, efecto no tan pronunciado cuando en la solución se ajustó el pH a 6. A este pH y con una concentración de 0.35 g de NaCl la solución tuvo una viscosidad de 21.43 Cps y con una concentración de 1.05 g de NaCl aumento a 166.45 Cps, mientras que las soluciones a las que no se les ajustó el pH, con una concentración de 0.35g de NaCl la viscosidad fue de 284.77 Cps, y a una concentración de 10.5 g de NaCl fue de 584.86 Cps. Por otro lado, en las soluciones que se ajustaron a un pH de 3.5 no se pudo medir la viscosidad con el método propuesto, debido la formación de complejos insolubles ya que al combinar proteínas y polisacáridos en un medio acuoso, a un pH determinado, se puede presentar compatibilidad termodinámica, la cual se presenta cuando las moléculas tienen cargas opuestas [7].

Las soluciones a pH de 6.0 y sin ajuste de pH, se sometieron a prueba en el equipo de electrospinning en la

que se vario el voltaje de 10-30 kV, así como la distancia entre el colector entre 10-20 cm y la velocidad de inyección fue de constante de 8mL/h, no obteniendo nanofibras lo cual pudiera sugerir que las interacciones entre proteína-polisacárido surgen como resultado de interacciones débiles como enlaces iónicos, puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals e interacciones hidrofóbicas. Se ha reportado que las viscosidades de las soluciones poliméricas para la elaboración de fibras mediante la técnica de electrospinning, deben encontrarse entre 100 a 21500 centipoise, sin embargo hay que considerar el tipo de material y su estructura molecular.



Grafica 2. Efecto de la adición de NaCl sobre la viscosidad de soluciones de WPI-LMP

En cuanto a las soluciones en la que incrementó la proporción de proteína (LMP-WPI, 1:2.5), no se pudieron caracterizar debido a que se rebasó la concentración crítica de la proteína produciendo geles.

#### Conclusiones

En suma, se encontró que la presencia de iones incrementó la conductividad en la mezcla proteína-polisacárido, así como la viscosidad. A pH de 6.0 y sin ajuste se forman soluciones estables, mientras que a pH de 3.5 se formaron complejos insolubles. Los parámetros estudiados no fueron determinantes para la formación de nanofibras bajo las condiciones de prueba (voltaje 10-30 kV, 8mL/h, distancia entre el colector entre 10-20 cm).

**Agradecimientos:** Al CONACyT y a la M. en T.A. Nadia Cruz González.

#### Referencias

- [1] J. C. Cheftel. L. Cuq, y D. Lorient, *Proteínas alimentarias*. Acribia, S.A., Zaragoza, España. pp. 179-199 (1989)
- [2] Y. Liu, G. Ma, D. Fang, J. Xu, H. Zhang and J. Nie *Carbohydrate Polymers* (2010).
- [3] S. Ramakrishna, K. Fujihara, Wee-Eong Teo, Teik-cheng Lim and Z. Ma. *Electrospinning and Nanofibers*(World Scientific Publishing, 2005).
- [4] J. Li, A. He, J. Zheng and C. C. Han. *Biomacromolecules*. 7:2243-2247(2006)
- [5] T.J. Sill, H.A. von Recum. *Biomaterials*. 29:1989-2006 (2008)
- [6] A. Fernández, S. Torres-Giner, J.M. Lagaron. *Food Hydrocolloid*. 23:1427-1432 (2009)
- [7] C. Schmitt, C. Sanchez, S. Desobry-Banon and J. Hardy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 38(8):689-753(1998)