

## PROPIEDADES REOLÓGICAS DE SOLUCIONES CONCENTRADAS DE QUITOSAN

\*AGUSTÍN MARTÍNEZ-RUVALCABA(1), DENIS RODRIGUE(2), ESTEBAN CHORNET(3)

- (1) Departamento de. Ingeniería Química, CUCEI - Universidad de Guadalajara  
Blvd. Marcelino García Barragán y Calzada Olímpica. Guadalajara, Jal., MÉXICO, 44480
- (2) Dept. Ingeniería Química, Université Laval, Québec, Qc., CANADA, G1K 7P4
- (3) Dept. Ingeniería Química, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, CANADA, J1K 2R1

### INTRODUCCIÓN

El quitosán es un biopolímero muy versátil que muestra no solo capacidad para formar geles sino también resistencia mecánica, es biodegradable y biocompatible [1]. Debido al hecho de que el quitosán tiene alto peso molecular y se comporta como un polielectrolito, ha sido utilizado a nivel industrial ya sea en soluciones o asociado con polianiones como hidrogel [2]. En este estudio fueron investigadas las propiedades reológicas en corte de soluciones concentradas de quitosán como una función de la temperatura (25°C - 45°C), la concentración de quitosán (0.5% - 2.0%), el tipo de ácido (acético, clorhídrico y láctico), así como la fuerza iónica (0 y 0.2M NaCl). La viscosidad y la primera diferencia de esfuerzos normales han sido determinadas para un rango muy amplio de velocidades de corte ( $10^{-3} - 10^3 \text{ s}^{-1}$ ). Los resultados son presentados utilizando curvas maestras.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El quitosán utilizado fue producido a partir de la cáscara de camarón por Kemestrie Inc., (Sherbrooke, Qc). El peso molecular promedio del quitosán ( $M_w$ ) fue determinado por el método GPC y fue de  $1.08 \times 10^6 \text{ g/mol}$  con una polidispersidad  $M_w/M_n = 3.0$ . El quitosán tuvo un grado de deacetilación del 25%. Las medidas reológicas de las soluciones se hicieron en dos reómetros: un reómetro que trabaja a velocidad de corte constante con geometría Couette (Contraves Low Shear) y un reómetro que trabaja con esfuerzo controlado y con una geometría de cono y plato (Bohlin CVO).

### RESULTADOS

**Efecto de la Temperatura y la Concentración del Quitosán:** Las pruebas de corte en estado estacionario fueron llevadas a cabo a cuatro diferentes temperaturas: 25, 30, 37 y 45°C. Como se esperaba, el aumento de la temperatura en las soluciones produce una disminución de la viscosidad Newtoniana (a bajas velocidades de corte). Al disminuir la temperatura también se incrementa la velocidad de corte crítica a la cual la solución no se comporta más como un fluido Newtoniano (se tiene una zona Newtoniana más amplia). En la Figura 1 se muestra un ejemplo que corresponde al caso de una solución de quitosán al 2% disuelto en una solución acuosa al 1% en ácido láctico. A velocidades de corte altas, se observa una región no-Newtoniana que es casi independiente de la temperatura. Para concentraciones de quitosán altas, la viscosidad muestra dos regiones: la primera a bajas velocidades de corte donde la viscosidad del material se mantiene constante (una región Newtoniana) y una segunda región en donde el incremento de la velocidad de corte provoca que la viscosidad de las soluciones disminuya (región que sigue la ley de la potencia). También se puede observar que la viscosidad de las soluciones se incrementa más rápido que la concentración.

**Efecto del Ácido Utilizado en la Disolución del Quitosán:** Las soluciones de quitosán se formaron utilizando tres diferentes soluciones ácidas que fueron soluciones acuosas al 1.0% de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), ácido láctico ( $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ ) y ácido clorhídrico (HCl). Las pruebas reológicas de corte muestran que la viscosidad y las primera diferencia de esfuerzos normales para las soluciones disueltas en un ácido débil tienen valores similares. Por otro lado, la viscosidad a cualquier velocidad de corte fue mayor para las soluciones disueltas en un ácido débil que para las disueltas en el ácido fuerte; mientras mayor sea la fuerza ácida de la solución utilizada, menor será la viscosidad.

**Efecto de las Cargas Electrostáticas:** También se hicieron experimentos para determinar el efecto de la adición una sal a las soluciones de quitosán. Para soluciones de quitosán al 2% los parámetros reológicos prácticamente son independientes de la presencia o no de una sal (NaCl 0.2M). Cuando la

concentración de quitosan disminuye, por ejemplo a 0.5%, la diferencia entre las viscosidad de la solución sin sal y la solución con sal es significativa. En el caso cuando se utiliza ácido láctico para disolver el quitosan los efectos observados son similares a cuando el quitosan fue disuelto en ácido acético, otro ácido de los llamados débiles. Para el caso del ácido clorhídrico, prácticamente no hay un efecto de la presencia de la sal independientemente de la concentración de quitosan en la solución.

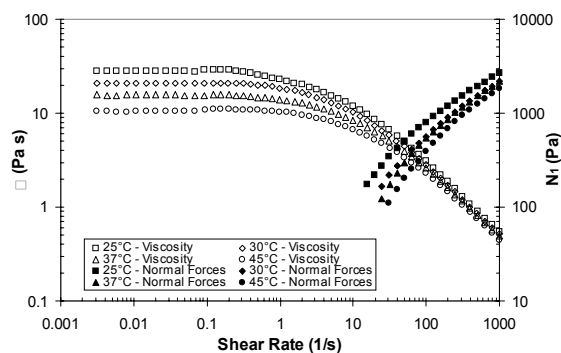
**Curvas Maestras:** Para los resultados en corte fue posible obtener curvas maestras para los efectos de la temperatura y la concentración. Se calculó un factor de normalización para los efectos de la temperatura ( $a_T$ ) utilizando la viscosidad cero ( $\eta_0$ ) calculada con el modelo de Cross a partir de los datos experimentales; se eligió 25°C como la temperatura de referencia ( $T_0$ ). La viscosidad cero ( $\eta_0$ ) y el tiempo característico ( $t_1$ ) obtenido también del modelo de Cross fueron utilizados para normalizar el efecto de la concentración; la temperatura y la concentración de referencia fueron 25°C y 2.0% respectivamente. Un ejemplo de esas curvas está dado en la Figura 2 para quitosan al 1.0% en ácido láctico con y sin sal. En esta gráfica cada curva corresponde a un concentración de quitosan (0.5, 1.0, 1.5 y 2.0%).

## CONCLUSIONES

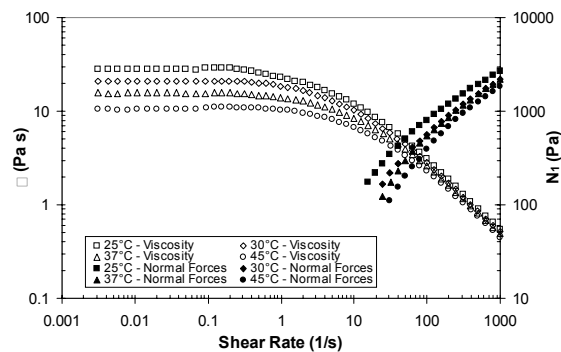
Se encontró que las soluciones de quitosan se comportan como un fluido no-Newtoniano, mostrando una región Newtoniana a bajas velocidades de corte y una región no-Newtoniana a altas velocidades de corte. Con las ayuda de los parámetros obtenidos con el modelo de Cross fue posible la construcción de curvas maestras al graficar ( $\eta / \eta_0$ ) contra ( $\dot{\gamma} t_1$ ). Finalmente, fue posible medir las fuerzas normales para estas soluciones las cuales nos indican la presencia de efectos elásticos dentro del rango de parámetros que cubrió este estudio.

## REFERENCIAS

1. Hon D. N. S., Chitin and chitosan: Medical applications. In: Polysaccharides in medicinal applications (1996) 631-649.
2. Illum L., Chitosan and its use as a pharmaceutical excipient. *Pharmaceutical Research* **15** (1998) 1326-1331.



**Figura 1.** Viscosidad y esfuerzos normales para una solución de quitosan al 2% en ácido láctico.



**Figura 2.** Efecto de una sal sobre la viscosidad de una solución al 1% en quitosan en ácido láctico a 30°C.