

Los residuos de crustáceos como adsorbentes para contaminantes de aguas contaminadas. Una solución de bajo costo

Crustacean residues as adsorbents of pollutants in contaminated water. A low-cost solution

Aranys del Carmen Borja-Urzola, Tania Campos-Rodríguez, Martha De la Cruz-Ochoa, María-del-Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa

Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. Departamento de Ingeniería Química. Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental. Conjunto E. Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México, México. Teléfono: 55 5622 5300 al 04

Palabras clave: Residuos de crustáceos, quitina, quitosana, adsorbentes, contaminantes de aguas contaminadas

Keywords: Crustacean residues, chitin, chitosan, adsorbents, contaminated water pollutants

INTRODUCCIÓN

Los residuos de crustáceos, en especial los camarones, cangrejos y jaibas, están constituidos principalmente de proteínas, minerales, pigmentos y quitina. La quitina es el segundo polisacárido más abundante en la naturaleza y al desacetilarse con NaOH concentrado se obtiene su principal derivado, la quitosana. La quitina y la quitosana son dos biopolímeros constituidos estructuralmente por grupos $-NH_2$, $-OH$ y $-NHCOCH_3$ capaces de interactuar con diversos tipos de contaminantes presentes en los cuerpos de agua (metales pesados, colorantes, medicamentos, plaguicidas) por medio de interacciones de complejación, puentes de hidrógeno o por interacciones electrostáticas. Esta característica en particular hace de los residuos de crustáceos una opción económica y ecológica para remover contaminantes desde matrices acuosas. En esta investigación el objetivo fue probar esta cualidad en la adsorción de tres herbicidas triazínicos (metribuzina, prometrina y terbutilazina) desde matrices acuosas. Las triazinas exhiben toxicidad hacia organismos acuáticos y son consideradas disruptores endocrinos. Los tratamientos primarios y

secundarios en los procesos de potabilización del agua no las eliminan. Por ello, un proceso terciario basado en la adsorción podría resolver esta problemática.

METODOLOGÍA

Se obtuvieron quitina y su derivado desacetilado quitosana a partir de desechos de camarón por medio de métodos de extracción simplificados y con disolventes menos agresivos que el NaOH concentrado. Este método de separación que aplica la química verde fue objeto de una patente (Flores-Ortega et al., 2004). En esta investigación se obtuvo la quitosana usando un sistema de cloruro de calcio, metanol y agua, adicionado con ultrasonido y agitación para inducir la reacción de desacetilación (Fig. 1). Las triazinas, herbicidas encontrados con frecuencia en agua superficial y subterránea, se determinaron por cromatografía. Asimismo, se obtuvieron las isothermas de adsorción correspondientes.

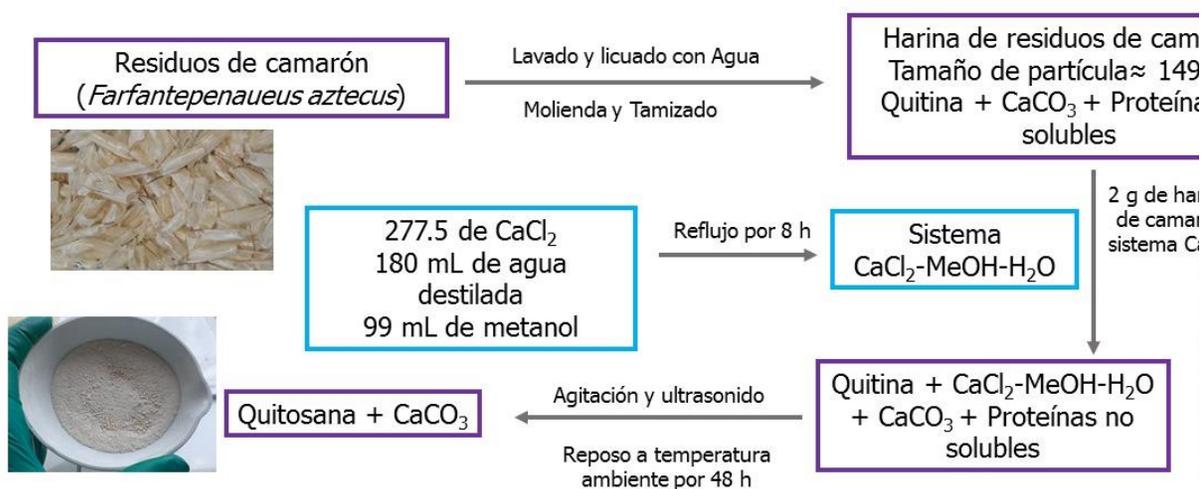


Figura 1. Metodología experimental del proceso de obtención de quitosana a partir de residuos de crustáceos

RESULTADOS y DISCUSIÓN

La evaluación de la capacidad de adsorción de la quitosana obtenida empleando el disolvente patentado frente a la metribuzina, prometrina y terbutilazina mostró que el proceso de adsorción quitosana-triazina se ajustó a la isoterma de Freundlich y a una cinética de pseudo segundo-orden. La interacción de cada analito con la quitosana ocurrió principalmente por la formación de puentes de hidrógeno y se obtuvo una q_e de 9.09 mg/g para la prometrina, 8.33 mg/g para la metribuzina y de 8.29 mg/g para la terbutilazina. La quitosana extraída con el sistema $CaCl_2$ -MeOH-H₂O es capaz de interactuar con la prometrina, metribuzina y terbutilazina principalmente por la formación de puentes de hidrógeno. El proceso de adsorción para todas las triazinas se ajusta a la isoterma de Freundlich y el estudio de los parámetros de esta isoterma indican que la adsorción ocurre de manera favorable, en especial, en la quitosana extraída (Figura 2). La cinética de

adsorción se ajustó a un modelo de pseudo segundo orden para todas las triazinas (Figura 3). Los tiempos en los que ocurre la adsorción son más rápidos en la quitosana Sigma-Aldrich. Sin embargo, esto no afecta la capacidad de adsorción de la quitosana extraída, ya que los valores de q_e calculados por este modelo son similares para ambas. El porcentaje de desacetilación de la quitina para convertirla en quitosana no afecta la capacidad de adsorción, ya que la adsorción no depende solamente de los grupos aminos de la quitosana, sino que también se ven involucrados los grupos $-OH$ del anillo de piranosa y los $-NHCOCH_3$ de la parte del polímero que sigue sin desacetilar. El carbonato de calcio presente en la quitosana tampoco afecta la adsorción y a su vez, favorece que el agua no compita con las triazinas por los sitios polares activos del polímero. La quitosana extraída promete ser un buen adsorbente alternativo para la extracción en fase sólida de estas triazinas en medio acuoso, ya que además de poseer una buena capacidad de adsorción, también es posible la desorción por medio de disolventes orgánicos.

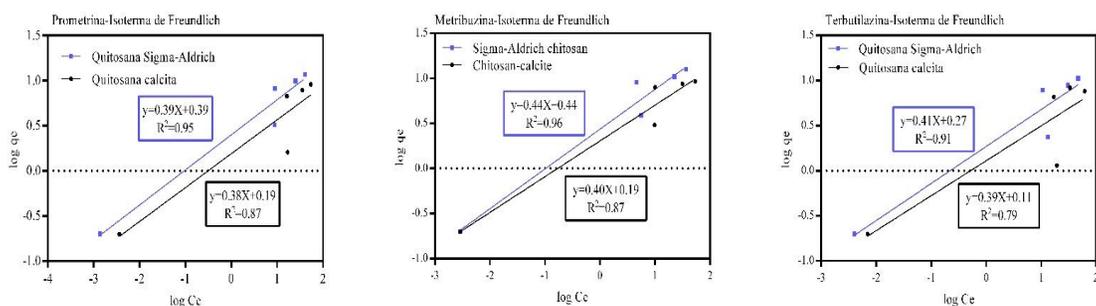


Figura 2. Isothermas del proceso de adsorción

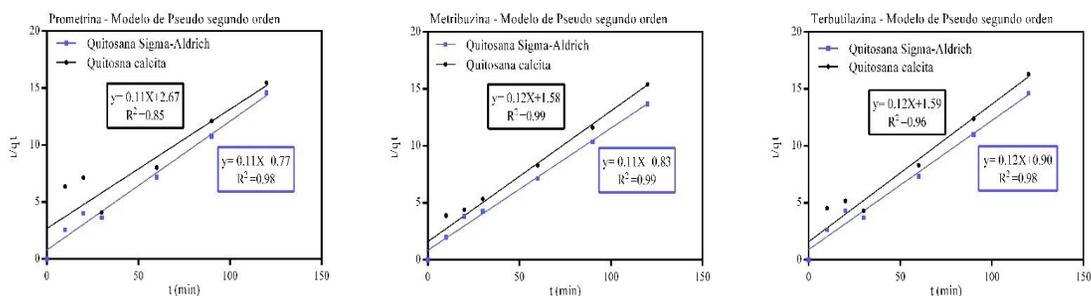


Figura 3. Cinética del proceso de adsorción

La aplicación de la quitosana como adsorbente en la extracción en fase sólida mostró que la quitosana extraída puede ser aplicada en procesos de extracción de la metribuzina, prometrina y terbutilazina con eficiencias de recobro cercanas al 100% y una eficiencia de adsorción cercana o mayor de 80% (Figura 4).

CONCLUSIONES

La metodología de obtención de quitosana presentó la ventaja de que se reducen las etapas del proceso de extracción convencional y se minimiza el uso de reactivos a altas

concentraciones. Además, el disolvente patentado tiene la ventaja de proveer calcio y el proceso para producir la quitosana hace que ésta tenga propiedades diferentes en comparación con las quitosanas tradicionales. Un proceso terciario, como la adsorción con materiales de bajo costo como los residuos de crustáceos, es una alternativa económica y ecológica.

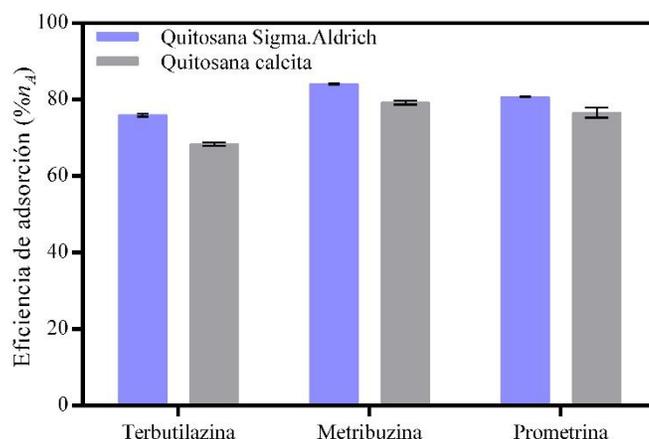


Figura 4. Eficiencia del proceso de adsorción. Condiciones del medio: 100 mg de adsorbente, 20 mL de una solución de triazinas a 50 mg/L, pH 7 y 120 min de tiempo de contacto

RECONOCIMIENTOS

La primera autora reconoce la beca doctoral del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Conacyt. Las autoras agradecen a la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, el apoyo brindado por los programas de apoyo a la investigación y el posgrado de la Facultad de Química, PAIP, claves 5000-9067 y 5000-9065, a los de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, DGAPA, PAPIIME claves EN103-704, PE101709 y PE100514 y PAPIIT claves IN112214 e IN115118.

BIBLIOGRAFÍA

- Borja-Urzola, A.d.C., García-Gómez, R.S., Flores-Ortega, R.A., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2020. Chitosan from shrimp residues with a saturated solution of calcium chloride in metanol and water. *Carbohydrate Research*. 497:108116. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2020.108116>
- Flores-Ortega, R.A., Barrera-Rodríguez, S., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2004. **Extracción ecológica de quitina y subproductos**. Solicitud de Registro: Octubre 1, 2004. Facultad de Química, UNAM. IMPI. PA/a/2004/009517. Patente Núm. 264482. Otorgada el 12 de febrero de 2009. Ciudad de México, México.