

Evaluación del proceso de biosorción con cáscaras de naranja para la eliminación del colorante comercial *Lanasol Navy CE* en aguas residuales de la industria textil

Vargas Rodríguez, M.¹, Cabañas Vargas, D²., Gamboa Marrufo, M.³ y Domínguez Benetton, X.⁴

Fecha de recepción: 29 de julio de 2009 - Fecha de aceptación: 26 de noviembre de 2009

RESUMEN

Las aguas residuales provenientes de la industria textil han sido estudiadas por mucho tiempo debido a los problemas ambientales que ocasiona su vertido a cuerpos de aguas naturales. Tradicionalmente, estas aguas han sido tratadas con procesos físicos y químicos que resultan costosos para remover los colorantes presentes. Actualmente se han desarrollado bioprocesos, como la biosorción, como una alternativa económica para este tipo de residuales. En este trabajo se utilizaron cáscaras de naranja como medio de biosorción en el tratamiento de aguas residuales de la industria textil. Las cáscaras de naranja fueron secadas, trituradas y tamizadas. Se evaluó el impacto de diferentes tamaños de partícula, tiempos de contacto y concentración de material biosorbente (cáscara de naranja). La mayor remoción de colorante se obtuvo con partículas de 1mm de diámetro y durante los primeros 60 min de contacto. Se observó también que la relación entre las cantidades de biosorbente y de la concentración de colorante removido fue de comportamiento lineal.

Palabras clave: biosorción, remoción de colorantes, cáscaras de naranja, aguas residuales textiles

Evaluation process of biosorption with orange peels to obtain dye (*Lanasol Navy CE*) removal from textile industry waste waters

ABSTRACT

Wastewater produced by textile industry has been extensively known as an environmental threat to water reservoirs, where it is finally disposed. Usually, this water has been treated by expensive physical and chemical processes for removing the dyes. Nowadays, bioprocesses, such as biosorption, have been developed as an economic alternative for their treatment. In this work, orange peels were used as a biosorption media for the treatment of wastewater of textile-industry. The orange peels were preconditioned, crushed and meshed. The effect of different- particle size was evaluated, as well as residence times and volume of the biosorption material (orange peels). The largest amount of dye removal was obtained using 1mm-diameter particles and during the first 60 minutes of contact. Also, it was found that the behaviour of the ratio between the biosorbent quantity and the concentration of the dye removed was linear.

Keywords: biosorption, dye removal, orange peels, textile waste water

¹ Estudiante de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán.

² Profesora Investigadora de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán. E-mail: cvargas@uady.mx

³ Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán.

⁴ Profesora Investigadora de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán.

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales provenientes de las industrias textiles son, desde hace muchos años, tema de estudio debido a la problemática ambiental que representan por sus altas demandas de oxígeno y la forma en que afectan la actividad biológica en cuerpos receptores de agua, por la limitación en la penetración de la luz que ocasionan. Entre los medios tradicionales para tratar estas aguas se encuentran la adsorción con carbón activado, sistemas de tratamiento de agua con oxigenación inducida, electrólisis y digestión anaerobia (Aguilar et al., 2007), dichos procesos incurren en gastos de operación y mantenimiento que la mayoría de las pequeñas industrias no pueden absorber. Debido a esto la biosorción surge como un proceso alternativo, económico y con impacto ambiental aceptable.

El término biosorción se refiere a la captación de compuestos por medio de una biomasa (viva o muerta), a través de mecanismos físicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico, involucrando una fase sólida (adsorbente) y una fase líquida (disolvente) que contiene las especies que van a ser adsorbidas (adsorbato). Existen variables que ejercen influencia en la capacidad de adsorción durante el proceso, entre las que se deben mencionar: la relación adsorbente/disolución, el tamaño de partícula y el pH (Aguilar et al., 2007).

Una amplia gama de materiales de bajo costo y con potencial de ser utilizados en la biosorción han sido estudiados; estos incluyen madera, arcilla, cenizas, lodos activados, cáscaras de naranja y de plátano (Namasivayam et al., 1996). Annadurai et al (2002) reportaron resultados positivos en el uso de cáscaras de plátano y de naranja para la remoción de colorantes como azul de metileno, naranja y violeta de metilo de aguas residuales. En otros experimentos, residuos de olivas mezclados con carbón fueron utilizados como medio de adsorción en columnas para la remoción de azul de metileno en agua residuales, alcanzando hasta un 80% de remoción del colorante (Banat et. al, 2007). También se ha logrado eliminar colorante azul de metileno y otros colorantes catiónicos utilizando cáscaras de “fruta de la pasión” (Paván et al 2008).

En el estado de Yucatán la naranja (*Citrus sinensis*) ocupa el segundo lugar en producción agrícola. Se producen anualmente un total de 168 412 toneladas de naranja que, después de su uso industrial o doméstico, generan una gran cantidad de residuos orgánicos con potencial de explotación (INEGI 2005). Entre los residuos de este producto, se encuentra mayoritariamente su cáscara que está

formada por celulosa, hemi-celulosa, sustancias de pectina, pigmentos de clorofila, ente otros elementos de bajo peso molecular, que la hacen apropiada para la adsorción de colorantes (Xuan et al. 2006).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el impacto de la variación del tamaño de partícula, tiempo de contacto y concentración de adsorbente en el proceso de biosorción del colorante *Reactive Black*, identificado en el Índice de Colores (Colour Index) con categoría azo y estructura diazo de tipo básico, utilizando cáscaras de naranja como adsorbente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procesamiento del biosorbente. Se utilizaron cáscaras de naranja dulce (*Citrus sinensis*) obtenidas de una microempresa juguera de la ciudad de Mérida, Yucatán. Las cáscaras fueron cortadas en trozos medianos (correspondientes a aproximadamente ¼ de la superficie total de la cáscara), lavadas con abundante agua y secadas durante 24 horas a 60° C en un horno *Imperial V. Laboratory Hoven de la marca Lab Line*. Posteriormente, las cáscaras secas fueron molidas en un molino de aspas marca *Wiley*, a tres tamaños de partícula, < 0.5 mm, < 1 mm y < 2 mm.

Preparación del colorante. Para el desarrollo de los experimentos se preparó una solución matriz utilizando el colorante comercial *Lanasol Navy CE* de la marca *CIBA* (Número CAS 17095-24-8; peso molecular 995.88 g/mol). Se disolvieron 0.5 gramos de colorante en 100 mililitros de agua destilada. El colorante utilizado es el mismo que se emplea en una industria de teñido textil tradicional ubicada en la ciudad de Mérida, Yucatán.

Evaluación de parámetros de biosorción. Se llevaron a cabo experimentos en lote para determinar el efecto del tamaño de partícula, del tiempo de contacto y la variación de la concentración de adsorbente en la remoción de colorante.

Para evaluar el **impacto del tamaño de partícula** se elaboraron 3 soluciones de 50ml con 80 ppm de colorante. A cada solución se le adicionó 1g de cáscara de naranja de diferentes tamaños de partícula (< 0.5mm, < 1mm y < 2mm, respectivamente). Las soluciones se sometieron a agitación por un período de tres horas utilizando un agitador orbital *Environ Shaker* a 25°C y 150 rpm. Se tomaron muestras cada veinte minutos durante un período de 3 horas para evaluar la evolución de la remoción del colorante. Las lecturas de las concentraciones de colorante se hicieron con un espectrofotómetro *Termo electrom* marca *Genesys 10*, en el espectro visible a 598nm.

Evaluación de datos. La capacidad de adsorción del colorante (q , $\text{mg}_{\text{colorante}}/\text{g}_{\text{biosorbente}}$), entendida como la cantidad de colorante removida por material adsorbente al alcanzar el equilibrio, se calculó utilizando la ecuación 1 (Pérez et al., 2007, Wang et al., 2008). El equilibrio es alcanzado en el momento en que la reacción deja de cambiar de forma significativa (menor al 5%) al acercarse a la saturación del adsorbente (Aguilar et al. 2007).

$$q = (C_0V_0 - C_fV_f)/m \quad (1)$$

Donde:

C_0 y C_f son la concentración inicial y final de colorante (ppm ó mg/L) respectivamente,
 V_0 y V_f son los volúmenes iniciales y finales respectivamente (L), y
 m es la masa del biosorbente usado (g).

Todos los experimentos fueron llevados a cabo en triplicado presentándose un coeficiente de variación máximo de 0.03 (Figura 1).

Para medir el efecto de la **concentración de adsorbente** se elaboraron 16 soluciones de 50ml a 500 ppm y se les adicionaron diferentes cantidades de cáscara de naranja, desde de 1 a 100 g/litro de colorante. Las soluciones se sometieron a agitación

utilizando un agitador de orbita Environ Shaker a 25°C y 150 rpm y posteriormente, pasado el tiempo de remoción (2h) se tomaron muestras de los sistemas y se midieron en el espectrofotómetro a 598nm.

Los mejores **tiempos de contacto** se determinaron de acuerdo con aquellos en los que se había removido al menos 60% del colorante total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Impacto del tamaño de partícula. En la Figura 1 se presentan las remociones obtenidas con los tamaños de partícula utilizados. Se observó que la mayor remoción alcanzada fue de $2.4\text{mg}/\text{g}$ y se obtuvo con partículas de 1mm. Estos datos contrastan con lo reportado por Pérez et al. (2007), para un experimento similar con metales pesados, en el que reportan que la capacidad de adsorción de la cáscara de naranja como biosorbente de metales pesados no varía significativamente entre diferentes tamaños de partícula. Sin embargo, los resultados del porcentaje de remoción concuerdan con los obtenidos por Annadurai et al. (2002) para la remoción del colorante *Amido Black 10B*. Paván et al (2008) reportaron una capacidad de adsorción de $2.87\text{mg}/\text{g}$ en un estudio utilizando cáscaras de “fruta de la pasión” y azul de metileno, en el cual se obtuvo un comportamiento similar al de las cáscaras de naranja utilizadas en el presente trabajo.

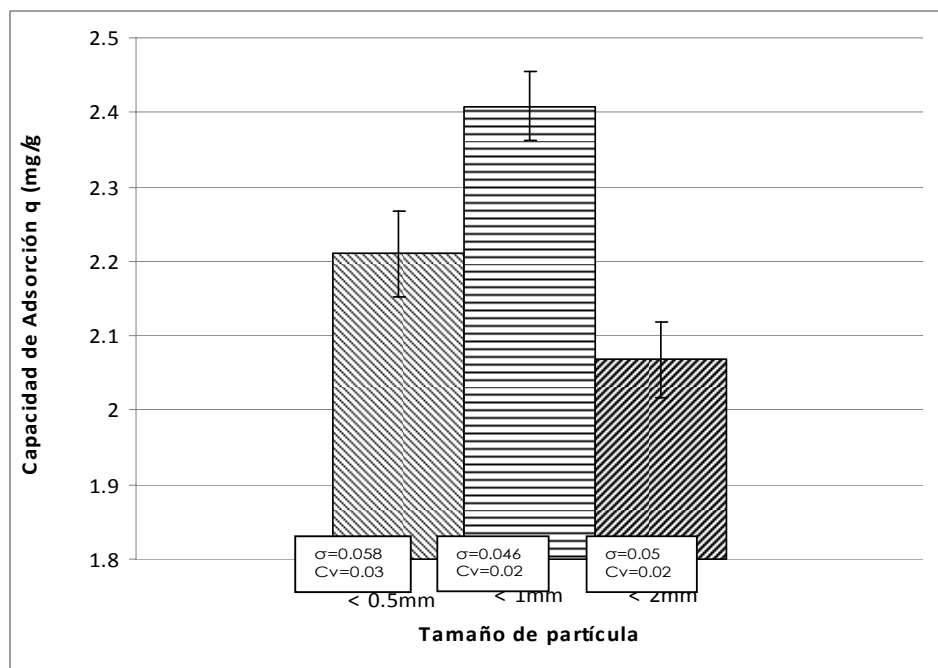


Figura 1. Capacidad de remoción de la cáscara de naranja para los tres tamaños de partícula manejados

Efecto del tiempo de contacto. En la figura 2 se presentan los comportamientos de los perfiles de

remoción del colorante con los tres tamaños de partícula, los cuales tienen una tendencia similar con

respecto al tiempo. Se observó que el mayor porcentaje de remoción del colorante (50%) se dio en los primeros 60 minutos de contacto con tamaños de partícula < 1mm. Posteriormente el sistema se comporta de forma asintótica y a los 120 minutos de contacto, se alcanza el 95% de la capacidad de adsorción de la cáscara de naranja para los tres tamaños de partícula. Se puede decir entonces que el

sistema alcanzó la concentración de equilibrio en cada caso. El mismo comportamiento es reportado por Annudarai et al. (2002), en cuyo trabajo explican que al tener una sola, larga, suave y continua tendencia, el mecanismo de remoción ocurre por la formación de una capa de adsorbato sobre la superficie del adsorbente, en este caso, colorante y cáscara de naranja, respectivamente.

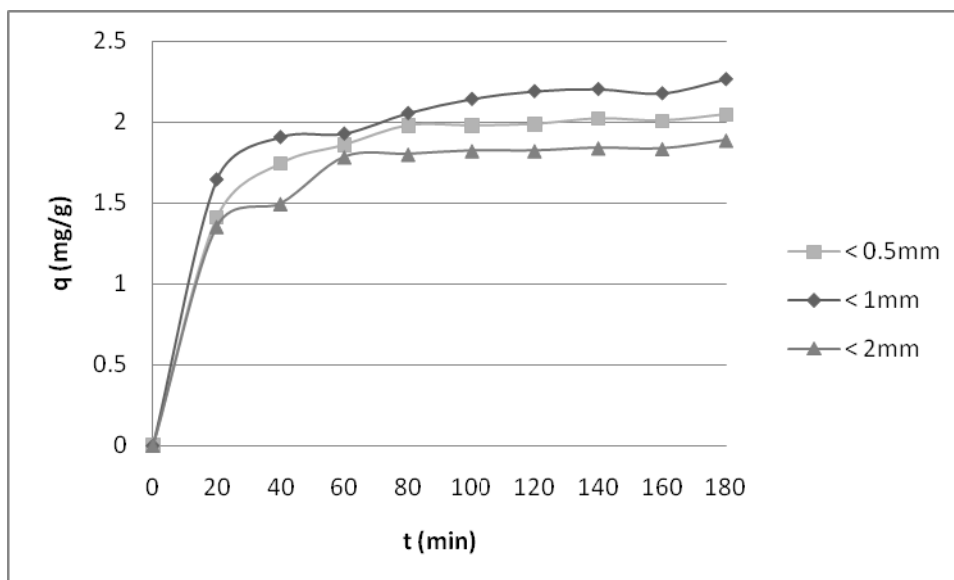


Figura 2. Perfil de tiempo de la remoción de colorante, con los tres tamaños de partícula a una $C_0=500$ mg/l.

Efecto de la concentración de biosorbente (cama de biosorción). En la Figura 3 se muestran los porcentajes de remoción obtenidos utilizando diferentes cantidades de cáscara de naranja. Se observa que por debajo de los 8 g/l de cáscara las remociones tienden a cero. A partir de 10 g/l las remociones son notorias y la máxima obtenida (74.5%) se logró al usar el empaque de 100 g/l. Cabe mencionar que a esta concentración de adsorbente,

con el volumen de la solución de colorante utilizado, la recuperación de la solución se torna compleja, debido a la hidratación de la cáscara de naranja.

El comportamiento de la remoción de colorante en función de la concentración de adsorbente para este sistema se comportó de forma aproximadamente lineal para cantidades de adsorbente de 20 g/L a 100 g/L ($r^2=0.9821$).

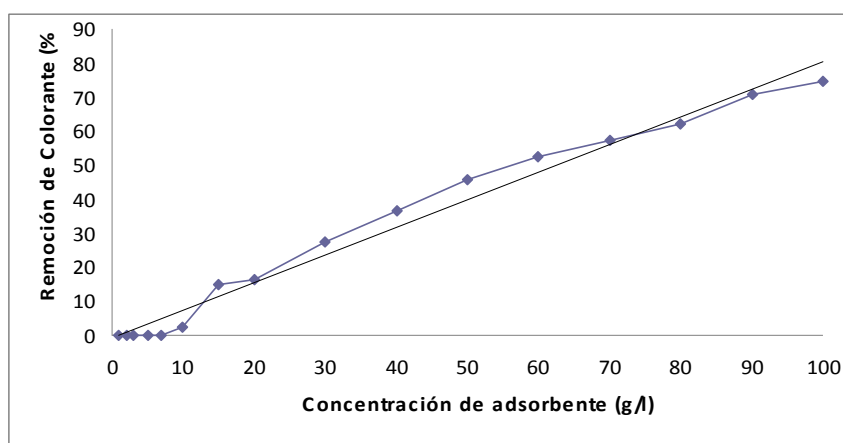


Figura 3. Porcentaje de remoción de colorante utilizando diferentes cantidades de biosorbente

CONCLUSIONES

- Se logró la remoción del colorante *Reactive Black* utilizando cáscaras de naranjas secas y molidas.
- El mejor porcentaje de remoción de colorante se logró con partículas de < 1mm
- La mayor remoción de colorante se alcanzó en la primera hora de contacto.
- La relación entre la concentración de biosorbente y el colorante removido se comportó en forma lineal para altas concentraciones de adsorbente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar M. I., Llorens M., Meseguer V., Ortuño J.F., Pérez Marín A.B., Saez J. (2007). Tratamiento de Aguas Residuales. Aplicación de la Biosorción para la eliminación de Metales Pesados y Colorantes. En Importancia del Binomio “Suelo Materia Orgánica” en el desarrollo Sostenible. Mérida Yucatán 2007.

Annudarai G., Shin Juang R, Duu-Jong L. (2002). Use of cellulose-based wastes for adsorption of dyes from aqueous solutions *Journal of Hazardous Materials B92* (2002) 263-274.

Banat F., Al-Asheh S., Al-Ahmad R., Bni-Khalid F. (2007). Bench-scale and packed bed sorption of methylene blue using treated olive pomace and charcoal. *Biosource Technology* 98 (2007) 3017 – 3025.

INEGI. Anuario Estadístico de Yucatán. 2005.

Namasivayam C., Muniasamy N., Gayatri K., Rani M. and Ranganathan K. (1996) Removal of dyes from aqueous solutions by cellulosic waste orange peel. *Bioresource Technology* 57 (1996) 37-43.

Paván F.A.,Mazzocato A.C.,Gushikem Y. (2008). Removal of methylene blue dye from aqueous solutions by using yellow passion fruit peel as adsorbent. *Biosource Technology* 99(2008) 3162-3165.

Pérez Marín A.B., Meseguer Zapata V., Ortuño J.F., Aguilar M., Sáez J., Llórens M. (2007). Removal of Cadmiun from aqueous solutions by adsorption onto orange waste. *Journal of Hazardous Materials B139* (2007) 122-131.

Song Wang X., Zhou Y., Jiang Y., Cheng Sun. (2008), The removal of basic dyes from aqueous solutions using agricultural by-products. *Journal of Hazardous Materials*, (2008).

Xuan Zhexian, Tang Yanru, Li Xiaoming, Liu Yinghui, Luo Fang. (2006) Study of the equilibrium, kinetics and isotherm of biosorption of lead ions onto pretreated chemically modified orange peel. *Biochemical Engineering Journal* (2006).

Este documento se debe citar como:

Vargas Rodríguez, M., Cabañas Vargas, D., Gamboa Marrufo, M. y Domínguez Benetton, X. (2009). **Evaluación del proceso de biosorción con cáscaras de naranja para la eliminación del colorante comercial *Lanasol Navy CE* en aguas residuales de la industria textil.** *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 13-3, pp. 39-43, ISSN: 1665-529X.