

FLOCULACIÓN DE ROJO CONGO POR MEDIO DE EXTRACTOS DE *Sechium edule* Y *Cucurbita pepo*

FLOCCULATION OF CONGO RED BY EXTRACTS OF *Sechium edule* AND *Cucurbita pepo*

Maribel Cano^{1*}, Juanita Barajas¹, Agustín Moreno¹, Joel Díaz²

(1) Departamento de Ingenierías, Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, Km 7.5, Carr. San Martín Texmelucan-Tlaxcala S/N, San Diego Xocoyucan, México, C.P. 90122

(2) Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, IPN, Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5, Tepetitla, Tlaxcala - México

(e-mail: maribel_cano@hotmail.com)

Recibido: 17/07/2019 - Evaluado: 28/09/2019 - Aceptado: 26/11/2019

RESUMEN

La contaminación por colorantes tóxicos como el rojo congo presente en aguas residuales de diferentes industrias, causa severos daños al medio ambiente. En este trabajo se estudió una alternativa para la remoción de este tipo de colorante, utilizando extractos vegetales de *Sechium edule* y *Cucurbita pepo*. Se utilizaron soluciones modelo de rojo congo en una concentración de 100 ppm y a pH 4. Se monitoreó la conductividad eléctrica (C.E.), los sólidos disueltos totales (SDT), el potencial de oxidación-reducción, la turbidez, y el DQO. Para determinar el porcentaje de remoción se empleó un espectrofotómetro UV-Vis. Los resultados muestran una remoción del rojo congo de hasta un 80 % por medio de extractos provenientes de *Sechium edule* y de un 90 % utilizando *Cucurbita pepo* en concentraciones de hasta 100 ppm y en tiempos de hasta 15 minutos. La presencia de sólidos totales y el pH favorecen la remoción del rojo congo.

ABSTRACT

Contamination by toxic dyes such as congo red present in sewage from different industries causes severe damage to the environment. In this work an alternative for the removal of this type of dye was studied, using vegetable extracts of *Sechium edule* and *Cucurbita pepo*. Congo red model solutions were used at a concentration of 100 ppm and at pH 4. Electrical conductivity (C.E.), total dissolved solids (SDT), potential oxidation reduction, turbidity, and COD were monitored. A UV-Vis spectrophotometer was used to determine the removal percentage. The results show a removal of congo red of up to 80% by means of extracts from *Sechium edule* and 90% using *Cucurbita pepo* in concentrations of up to 100 ppm and in times of up to 15 minutes. The presence of total solids and pH favors the removal of congo red.

Palabras clave: Cucurbitáceas, Rojo congo, remoción de colorantes, extractos vegetales
Keywords: Cucurbitaceae, Congo red, dye removal, vegetable extracts

INTRODUCCIÓN

El incremento de sustancias químicas sintéticas como lo son los colorantes es cada vez más agravante, ya que, al ser utilizados en diferentes industrias de giro textil, papelería y de plásticos se afectan las aguas residuales al recibir este tipo de reactivos, que generalmente no son agotados completamente en el proceso, o bien los residuos de los mismos pueden ser procedentes de lavados; esto ha ocasionado un impacto ambiental a los diferentes cuerpos acuíferos. El Rojo Congo (ácido naftilensulfónico 3,3'-(4,4'-bifenileno)bis (4 amino)) es un colorante completamente soluble en el agua y es altamente tóxico, puede causar cáncer, hay posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto (Ficha de datos de seguridad Labkem, 2012). El rojo Congo (RC) es utilizado en el teñido de prendas, de papel y como indicador de pH; es un colorante diazónico, en cuya estructura química se encuentra la bencidina (Figura 1). La recalcitrancia de este compuesto es debido a los anillos aromáticos y a los enlaces covalentes que le dan estabilidad a la molécula por lo que es difícil de degradar. Los tratamientos para la decoloración y degradación del RC consisten en el uso de enzimas de *Schizophyllum* sp. F17, utilizando un reactor de lecho fluidizado (Li & Jia, 2008), degradación electroquímica (Shetti *et al.*, 2019) y fotocatalítica (Erdemoğlu *et al.*, 2008), o bien la combinación de la oxidación electroquímica y biológica (Sathishkumar *et al.*, 2019); los cuales tienen como desventaja altos costos de operación. La adsorción en MgO/SiO₂ (Hu *et al.*, 2018), con sílice (Soltani *et al.*, 2019), en adsorbentes sintetizados basados en zirconio (Farhadi *et al.*, 2019) o de compuestos orgánicos (Arslan & Günay, 2018), son otra alternativa de elevado costo. Así como también los adsorbentes de origen natural como la bentonita o el quitosano (Bulut *et al.*, 2008). En este tipo de tratamientos solo hay una separación del colorante de un medio acuoso a un medio sólido sin que exista una degradación del colorante. La degradación enzimática con lacasas de *Oudemansiella canarii* (Iark *et al.*, 2019) y el tratamiento con pellets de *Trametes versicolor* (Binupriya *et al.*, 2008) también ha sido investigado. Otros métodos se basan en la descomposición fotocatalítica con catalizadores de sales de titanio (Ma *et al.*, 2017), o bien la adsorción con quitosano y zeolitas (Li *et al.*, 2016; Habiba *et al.*, 2017), así como con carbón activado a partir de *Aloe vera* (Khaniabadi *et al.*, 2017). Vairavel & Murty (2018), estudiaron el empleo de biomasa fúngica; sin embargo, para que pueda llevarse la decoloración se requiere de un control de nutrientes para el crecimiento del hongo.

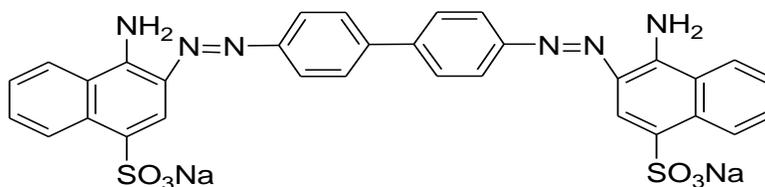


Fig. 1: Estructura química de Rojo Congo

Una alternativa que se propone para la remoción de este tipo de contaminantes es la utilización de chayote sin espinas (*Sechium edule*); el cual es un fruto comestible, que presenta características especiales que lo han convertido en un fruto con importancia agrícola, nutrimental y tradicional. El presente trabajo tiene como objetivo principal estudiar el efecto del extracto vegetal de *Sechium edule* y de *Cucurbita pepo* en la remoción de rojo Congo en soluciones acuosas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

El colorante rojo Congo y HCl fueron grado reactivo, el agua que se empleó en toda la experimentación fue tipo I. Las cucúrbitas (*Sechium edule* y *Cucurbita pepo*) se adquirieron en el mercado de Tlaxcala. Se lavaron y se mantuvieron en refrigeración (Figura 2). Posteriormente se separó la cáscara de cada una de ellas; los extractos acuosos se obtuvieron solo de la pulpa, a través de un extractor de jugos Breville de acero inoxidable.

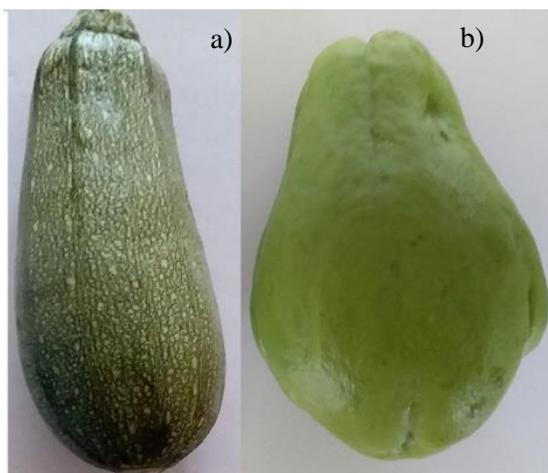


Fig. 2: a) *Cucurbita pepo* b) *Sechium edule*

Bioensayos con *Cucurbita pepo*

Se prepararon soluciones de Rojo congo, en concentraciones de 25, 50 y 100 ppm de cada uno de los colorantes. Los bioensayos se realizaron con extracto vegetal de *Cucurbita pepo* a una concentración del 20 % v/v. Se utilizaron probetas de 50 mL a las cuales se les adicionó el extracto y el colorante, después del tiempo de contacto (15 min), se tomaron muestras del sobrenadante para realizar la medición espectrofotométrica. Los bioensayos se realizaron por triplicado. El pH de la mezcla se ajustó a 4.0 con HCl al 0.1 N. Se utilizó un potenciómetro Hanna 212. El porcentaje de decoloración se determinó por medio de un espectrofotómetro UV-Vis a la longitud de onda de máxima absorbancia que fue de 500 nm (Figura 3) de cada uno de los colorantes. Se consideró un blanco con extracto vegetal y agua, mismo que se utilizó como línea base en las mediciones espectrofotométricas. Con la finalidad de descartar el efecto de pH en la remoción del colorante, se prepararon soluciones con agua y colorante, a la misma concentración del extracto vegetal.

Para determinar el porcentaje de remoción se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{(Abso - Absf)}{Abso} \quad (1)$$

Donde: Abso= Absorbancia del Rojo congo sin tratamiento

Absf= Absorbancia después del tratamiento.

Bioensayos con *Sechium edule*

Se prepararon soluciones de Rojo congo en una concentración de 100 ppm. Los bioensayos se realizaron con extracto vegetal de *Sechium edule* a una concentración del 20 % v/v. El pH de la mezcla se ajustó a 4.0 con HCl al 0.1 N. Se utilizó un potenciómetro Hanna 212. El porcentaje de decoloración se determinó por medio de un espectrofotómetro UV-Vis a la longitud de onda de máxima absorbancia (500 nm). Se consideró un blanco con extracto vegetal y agua, mismo que se utilizó como línea base en las mediciones espectrofotométricas. Con la finalidad de descartar el efecto de pH en la remoción del colorante, se prepararon soluciones con agua y colorante, a la misma concentración del extracto vegetal y aun pH de 4.0. Se realizó un monitoreo de las propiedades físicas del sistema a las 0.25, 0.5, 1.0, 1.30, 2.0, 4.0, 8.0 h.

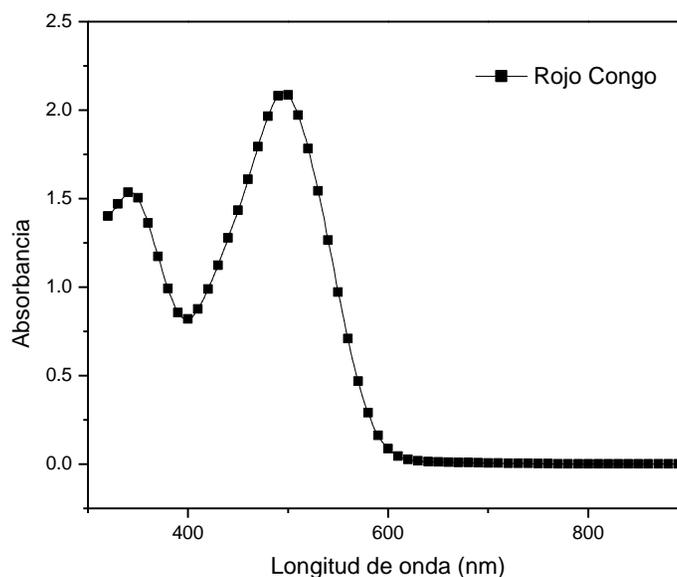


Fig. 3: Espectro de absorción del Rojo congo

Caracterización física *Sechium edule*

Las propiedades físicas que se determinaron en el extracto vegetal y en el rojo congo fueron: conductividad eléctrica (C.E.), sólidos disueltos totales (S.D.T), pH, potencial de óxido-reducción (ORP), DQO, análisis de color y turbidez. El pH y la C.E. se determinaron por medio de un pH-metro y conductímetro HANNA HI-255. Para la medición del ORP se utilizó un medidor pH/ORP modelo HI 98183. La demanda química de oxígeno se realizó a través de un termoreactor DRB200 y un espectrofotómetro HACH modelo DR 3800. La turbidez se determinó por medio de un turbidímetro HACH modelo 2100 N. El análisis de color se determinó utilizando la escala platino-cobalto.

Caracterización morfológica de *Sechium edule*

De la región sur de Tlaxcala se realizó una colección de *S. edule*, y se determinaron sus características morfológicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización morfológica del *Sechium edule*

En la Tabla 1, se presentan las principales características morfológicas del fruto de *Sechium edule*, estos razgos son comunes para este tipo de cucúrbita, aunque existe una gran variedad de tamaños, colores, texturas y sabores, dada su diversidad genética (Cruz-Martínez *et al.*, 2017).

Remoción de RC

Como se puede observar en la figura 4, la C.E. y Los S.D.T. se mantienen constantes durante cuatro horas, en tanto que el ORP en los primeros minutos incrementa su valor, lo que podría indicar que hay una ligera oxidación dado que el sistema es abierto. En tanto que la turbidez disminuye a una velocidad de 49.14 NTU/h en la primera hora, tiempo en el cual se remueve el 35 % de sólidos totales y un 80 % de color a un pH controlado de 4.0. Es importante señalar que también se efectuó una serie de experimentos sin control de pH y la velocidad de

sedimentación fue de un 0.49 NTU/h y solo después de 24 h se removió un 33 % del colorante. Esto sugiere que el pH actúa en la polaridad de las moléculas del extracto provocando un incremento en la velocidad de sedimentación y de adsorción del RC, por lo que se ve favorecida su remoción. El análisis de color fue de 35 a 20 U.C., lo cual corrobora la remoción de color.

Tabla 1: Caracterización morfológica del fruto de *Sechium edule*

Característica	Medida
Diámetro	10.2 cm
Largo	11.7 cm
Peso	99.8 g
Color	Verde Claro
Longitud de espina	0.1 cm
Forma del fruto	Ovoide
Costillas	Prominente
Surcos	7
Peso semilla	12.26 g
Diámetro de semilla	3.7 cm
Longitud de semilla	3.7 cm

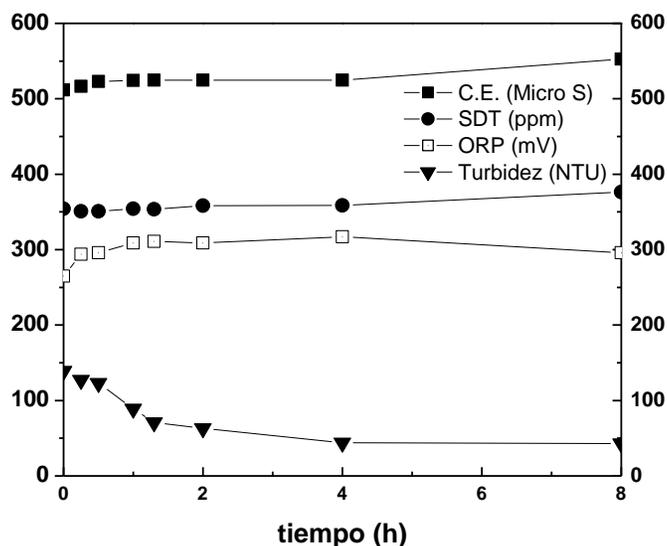


Fig. 4: Cambio de propiedades físicas de Rojo Congo tratado con *Sechium edule*

En el caso del tratamiento con *Cucurbita pepo* para las tres concentraciones se obtuvo un 90 % de remoción en 15 minutos (Figura 5).

El porcentaje de remoción es superior al obtenido por Iark *et al.* (2019), quienes lograron una decoloración del 80 % de una solución de rojo Congo con 50 ppm en 24 horas a 30 °C y pH de 5.5. Ravikumar *et al.* (2019), también utilizaron una concentración inicial de 50 ppm de rojo Congo y obtuvieron una remoción del 97.53 % en

un tiempo de 180 min. Aunque el porcentaje es 7.5 % mayor al obtenido en éste trabajo, el tiempo se incrementó diez veces; lo cual es una desventaja en una aplicación a nivel industrial. Roy & Mondal (2019), reportaron un 98 % de remoción de rojo congo, a partir de una solución de 5 ppm, en un tiempo de 40 min de contacto y a un pH de 9.0. A pesar de obtener una alta eficiencia en la remoción del colorante, la concentración inicial de RC es baja, esto representa un inconveniente dado que las descargas de este tipo de contaminante en las empresas textiles generalmente son superiores a esta concentración. Khan *et al.* (2018), emplearon té negro como adsorbente y alcanzaron un 73 % de remoción a partir de 10 ppm de rojo congo. Cano *et al.* (2017), reportaron un porcentaje máximo de 78.80 %, usando *Sechium edule* en forma deshidratada.

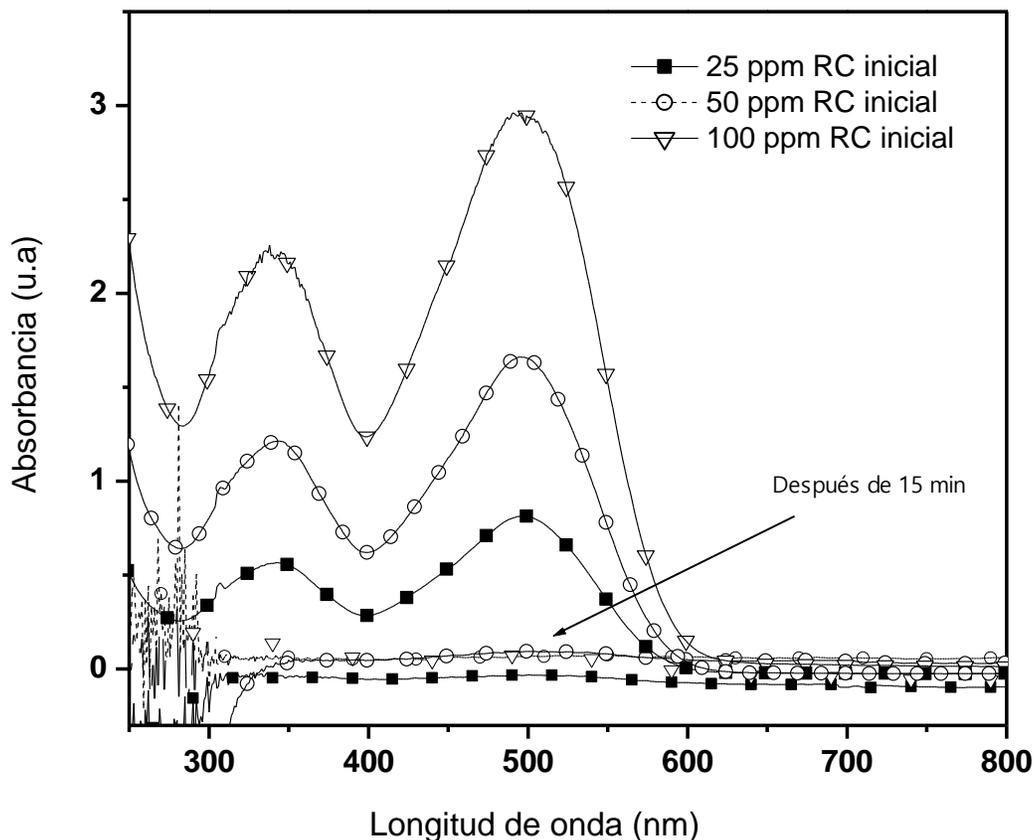


Fig. 5: Tratamiento con *Cucurbita pepo* después de 15 minutos

Los resultados obtenidos también son superiores al reportado por Wang y Wang (2008), quienes reportaron un 60 % de remoción de RC, utilizando cascarilla de arroz con *Schizophyllum* sp. F17. Tang, *et al.* (2011) y Zhang *et al.* (2007), reportaron un 86 % utilizando irradiación de microondas y polvo de carbón activado 2g/L a 3.6 g/L. En estudios de adsorción utilizando acrilamida sulfonada han determinado hasta 50 mg/g (Sasmal *et al.*, 2017) y con nanopartículas de quitosano se logra remover hasta un 98 % (Alver *et al.*, 2017) y un 94 % por medio de zeolita PVA (Habiba *et al.*, 2017). La remoción con cucurbitáceas es una alternativa que además de ser eficiente por los tiempos cortos de remoción y de los costos económicos de las cucurbitáceas. También se contribuye al fomento del cultivo de este tipo de cucurbitácea.

Trabajo a futuro

Se pretende en trabajos futuros estudiar el efecto de cambio de pH y de concentración tanto del extracto vegetal como del rojo congo.

CONCLUSIONES

Se llevó a cabo la remoción del rojo congo de hasta un 80 % por medio de extractos provenientes de *Sechium edule* y de un 90 % utilizando *Cucurbita pepo* en concentraciones de hasta 100 ppm y en tiempos de hasta 15 minutos. La presencia de sólidos totales en los extractos vegetales pueden ser los que influyen en la sedimentación del colorante, así como la influencia de un medio ácido favorecen la remoción del colorante. Los resultados obtenidos fueron superiores a los reportados por varios autores, lo que indica una alternativa novedosa para el tratamiento de colorantes.

REFERENCIAS

- Alver, E., Bulut, M., Metin, A.U. & Çiftçi, H. (2017). One Step Effective Removal of Congo Red in Chitosan Nanoparticles by Encapsulation. *Spectrochimica Acta-Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 171 (15), 132–38.
- Arslan, M. & Günay, K. (2018). Synthesis of amine-functionalized methacrylic acid-g-poly(ethylene terephthalate) fiber and its Congo red removal ability. *Polymer Bulletin*, 75 (4), 1701-1713.
- Binupriya, A.R., Sathishkumar, M., Swaminathan, K., Ku, C.S. & Yun, S.E. (2008). Comparative studies on removal of Congo red by native and modified mycelial pellets of *Trametes versicolor* in various reactor modes. *Bioresource Technology*, 99 (5), 1080–1088.
- Bulut, E., Mahmut, Ö. & Şengil, I.A. (2008). Equilibrium and Kinetic Data and Process Design for Adsorption of Congo Red onto Bentonite. *Journal of Hazardous Materials*, 154 (1–3), 613–22.
- Cano, M., Castorena, J.H., Santiago, V., Ariza, J.A. & Cervante, L.A. (2017). Estudio Comparativo de la Remoción de Verde de Bromocresol y Rojo Congo entre *Sechium edule* y *Trametes versicolor*. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 8(1), 1-7
- Cruz-Martínez, V., Castellanos-Hernández, O.A., Acevedo-Hernández, G.J., Torres-Morán, M.I., Guitérrez-Lomelí, L., Ruvalcaba-Ruiz, D., *et al.* (2017). Genetic Fidelity Assessment in Plants of *Sechium Edule* Regenerated via Organogenesis. *South African Journal of Botany*, 112, 118–122.
- Erdemoğlu, S., Aksub, S. K., Sayikanc, F., Izgib, B., Asiltürk, M., Sayilkan, H., *et al.* (2008). Photocatalytic Degradation of Congo Red by Hydrothermally Synthesized Nanocrystalline TiO₂ and Identification of Degradation Products by LC-MS. *Journal of Hazardous Materials*, 155 (3), 469–76.
- Ficha de datos de seguridad rojo congo C.I. 22120 (2012) Ph Eur. Labkem
- Farhadi, S., Manteghi, F. & Tondfekr, R. (2019). Removal of Congo red by two new zirconium metal–organic frameworks: kinetics and isotherm study, *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly*, 150 (2), 193-205.
- Habiba, U., Siddique, T.A., Joo, T.Ch., Salleh, A., Ang, B.Ch. & Afifi, A.M. (2017). Synthesis of Chitosan/polyvinyl Alcohol/zeolite Composite for Removal of Methyl Orange, Congo Red and chromium(VI) by Flocculation/adsorption. *Carbohydrate Polymers*, 157 (10), 1568–1576.

- Hu, M., Yan, X., Hu, X., Zhang, J., Feng, R. & Zhou, M. (2018). Ultra-high adsorption capacity of MgO/SiO₂ composites with rough surfaces for Congo red removal from water. *Journal of Colloid and Interface Science*, 510 (15), 111-117.
- Iark, D., dos Reis Buzzo, A. J. Andrade, J. A., Gesser, V., Vieira, C., Gomes, R. C., *et al.* (2019). Enzymatic degradation and detoxification of azo dye Congo red by a new laccase from *Oudemansiella canarii*. *Bioresource Technology*, 289, 121655.
- Khan, R.J., Saqib, A.N.S., Farooq, R., Khan, R. & Siddique, M. (2018). Removal of Congo Red from Aqueous Solutions by Spent Black Tea as Adsorbent. *Journal of Water Chemistry and Technology*, 40 (4), 206–212.
- Khaniabadi, Y.O., Mohammadi M.J., Shegerd, M., Sadeghi, S., Saeedi, S. & Basiri, H. (2017). Removal of Congo red dye from aqueous solutions by a low-cost adsorbent: activated carbon prepared from Aloe vera leaves shell. *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 4 (1), 29–35.
- Li, M., Wang, Z. & Li. B. (2016). Adsorption behaviour of congo red by cellulose/chitosan hydrogel beads regenerated from ionic liquid. *Desalination and Water Treatment*, 57(36), 16970-16980.
- Li, X. & Jia R. (2008). Decolorization and biosorption for Congo red by system rice hull- *Schizophyllum* sp. F17 under solid-state condition in a continuous flow packed-bed bioreactor. *Bioresource Technology*, 99 (15), 6885-6892.
- Ma, Ch., Wang, F., Zhang, Ch., Yu, Z., Wei, J., Yang, Z., *et al.* (2017). Photocatalytic Decomposition of Congo Red under Visible Light Irradiation Using MgZnCr-TiO₂ Layered Double Hydroxide. *Chemosphere*, 168, 80–90.
- Ravikumar, K., Soupam, D., Jabez, W. O., Chandrasekaran, N. & Amitava, M. (2019). Novel nano-bio (Nano Zerovalent Iron and Klebsiella sp.) composite beads for congo red removal using response surface methodology. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(5), 103413
- Roy, T.K. & Mondal N.K. (2019). Potentiality of *Eichhornia shoots* ash towards removal of Congo red from aqueous solution: Isotherms, kinetics, thermodynamics and optimization studies. *Groundwater for Sustainable Development*, 9, 100269.
- Sasmal, D., Maity, J., Kolya, H. & Tripathy, T. (2017). Study of Congo Red Dye Removal from Its Aqueous Solution Using Sulfated Acrylamide and N, N- Dimethyl Acrylamide Grafted Amylopectin. *Journal of Water Process Engineering*, 18, 7–19.
- Sathishkumar, K., AlSalhi, M.S., Sanganyado, E., Devanesan, S. & Rajasekar, A. (2019). Sequential electrochemical oxidation and bio-treatment of the azo dye congo red and textile effluent. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 200, 111655.
- Shetti, N.P., Malode, S.J., Malladi, R.S., Nargund, S.L., Shukla, S.S. & Aminabhavi, T.M.N. (2019). Electrochemical detection and degradation of textile dye Congo red at graphene oxide modified electrode. *Microchemical Journal*, 146 (Mayo), 387-392.
- Soltani, R., Marjani, A., Moguei, M.R.S., Rostami, B. & Shirazian, S. (2019). Novel diamino-functionalized fibrous silica submicro-spheres with a bimodal-micro-mesoporous network: Ultrasonic-assisted fabrication, characterization, and their application for superior uptake of Congo red. *Journal of Molecular Liquids*, 294, 111617.
- Tang, W., Jia, R. & Zhang, D. (2011). Decolorization and Degradation of Synthetic Dyes by *Schizophyllum* Sp. F17 in a Novel System. *Desalination*, 265 (1–3), 22–27.

Vairavel, P. & Murty, V.R. (2018). Optimization of batch process parameters for congo red color removal by *neurospora crassa* live fungal biomass with wheat bran dual adsorbent using response surface methodology. *Desalination and Water Treatment*, 103, 84-101.

Wang, L. & Wang, A. (2008). Adsorption Properties of Congo Red from Aqueous Solution onto N,O-Carboxymethyl-Chitosan. *Bioresource Technology*, 99(5), 1403–1408.

Zhang, Z., Shan, Y., Wang, J., Ling, H., Zang, S., Gao, W., *et al.* (2007). Investigation on the Rapid Degradation of Congo Red Catalyzed by Activated Carbon Powder under Microwave Irradiation. *Journal of Hazardous Materials*, 147(1–2), 325–33.

