

DECOLORACIÓN DE ÍNDIGO USANDO EXTRACTOS VEGETALES

Daniela Sánchez Gálvez, Aida Solís Oba, Herminia I. Pérez, Norberto Manjarrez
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco
asolis@correo.xoc.uam.mx

RESUMEN

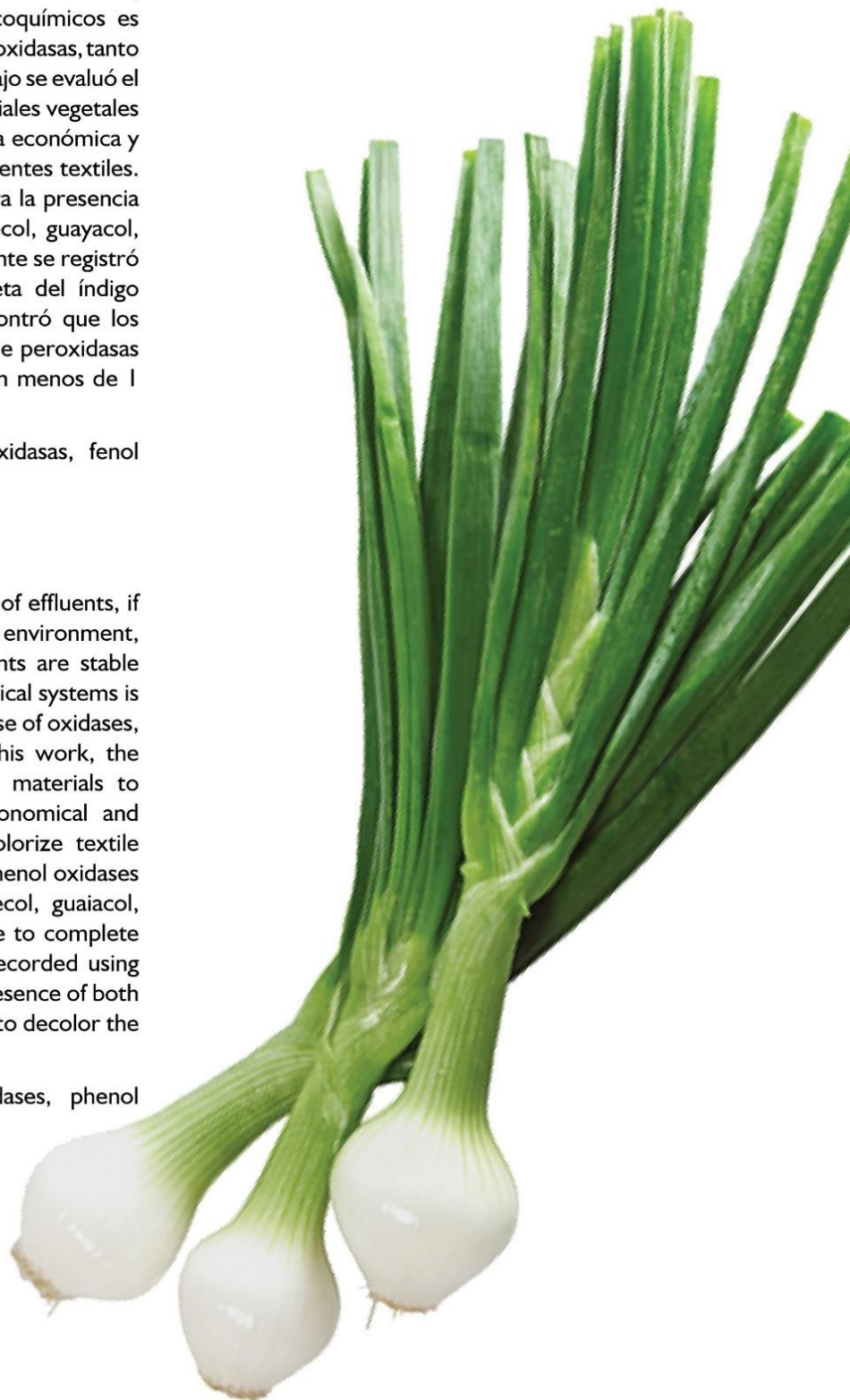
La industria textil genera cantidades importantes de efluentes, si estos contienen colorantes, afectan de manera importante al medio ambiente, ya que los colorantes pueden ser carcinogénicos. Los colorantes son moléculas estables, por lo que su tratamiento en sistemas fisicoquímicos es complejo y costoso; una alternativa es el uso de oxidasas, tanto peroxidasas como fenol oxidasas. En este trabajo se evaluó el uso de extractos acuosos de diferentes materiales vegetales para decolorar el índigo, como una alternativa económica y amigable con el ambiente para decolorar efluentes textiles. Primeramente se evaluó de manera cualitativa la presencia de peroxidasas y fenol oxidasas usando catecol, guayacol, ácido caféico y ácido pirogálico), posteriormente se registró el tiempo para lograr decoloración completa del índigo (100 mM) usando dichos extractos. Se encontró que los extractos que mostraron la presencia tanto de peroxidasas como fenol oxidasas decoloraron al índigo en menos de 1 hora.

Palabras clave: Decoloración, índigo, peroxidasas, fenol oxidasas

ABSTRACT

The textile industry generates large amounts of effluents, if they contain dyes, they significantly affect the environment, since the dyes can be carcinogenic. Colorants are stable molecules, so their treatment in physicochemical systems is complex and expensive; an alternative is the use of oxidases, both peroxidases and phenol oxidases. In this work, the use of aqueous extracts of different plant materials to decolorize indigo was evaluated as an economical and environmentally friendly alternative to decolorize textile effluents. The presence of peroxidases and phenol oxidases were first qualitatively evaluated using catechol, guaiacol, caffeic acid and pyrogallol (acid), and the time to complete indigo discoloration (100 ppm) was then recorded using these extracts. Extracts which showed the presence of both peroxidases and phenol oxidases were found to decolor the indigo in less than 1 hour.

Key words: discoloration, indigo, peroxidases, phenol oxidases



I. INTRODUCCIÓN

La industria textil consume millones de litros de agua al año en sus procesos de teñido, existen aproximadamente 10,000 diferentes tipos de colorantes y pigmentos usados en la industria textil, representando estos un consumo anual de 7X10⁵ toneladas alrededor del mundo. El tratamiento de dichas aguas suele ser costoso y con generación de subproductos que deterioran estéticamente los cuerpos de agua y causan daños a la flora y fauna, por lo que el tratamiento de aguas residuales y su recuperación es obligatoria (Pramparo, 2008)

La presencia de color en los colorantes se debe a los grupos cromóforos, los colorantes se definen como compuestos aromáticos con grupos funcionales que tienen la capacidad de deslocalizar electrones y absorber radiación electromagnética de distintas longitudes de onda dependiendo de la energía de las nubes electrónicas (Quintero and Cardona, 2010). En la actualidad los colorantes con grupos azóicos (R-N=N-R') son los más empleados en la industria textil.

El tratamiento de agua residual textil es uno de los más complejos, ya que muchos tintes son estables y pueden permanecer en el ambiente por largo tiempo, además algunos subproductos y tintes son carcinógenos y mutagénicos, deterioran estéticamente los cuerpos de agua, causan un gran impacto en la flora y fauna, causan fluctuaciones en parámetros como demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO), pH, color y composición de las aguas residuales (la cual depende de todas las sustancias químicas que implican el teñido y la preparación de la prenda) lo cual ha desarrollado costosos métodos efectivos de limpieza (Campos et al., 2001).

El agua residual contaminada con colorantes se puede tratar con métodos entre los cuales se encuentran los químicos, los físicos, los biológicos y los combinados como la floculación, floculación con flotación, electrofloculación, filtración por membranas, coagulación electrocinética, destrucción electroquímica, intercambio de iones, irradiación, precipitación, ozonización y método Katox, que incluye carbón activado y aire.. Los tratamientos biológicos son reconocidos por sus bajos costos, viabilidad para el tratamiento de efluentes y su capacidad para reducir DQO y DBO, de esta manera se mejora la calidad del agua tratada de los diferentes efluentes, evitando consecuencias en la flora y fauna (Quintero et al, 2010).

El enfoque general de la biorremediación es mejorar la capacidad de los microorganismos nativos para degradar los contaminantes, como es para llevar a cabo decoloraciones de efluentes textiles (Rajeswari et.al., 2011). Se pueden emplear diversos microorganismos, los más comunes son los microorganismos como algas, bacterias y hongos y en menor proporción las plantas en procesos llamados fitoremediación. Esta remoción de contaminantes se

hace en gran medida gracias a las enzimas, las cuales son catalizadores biológicos que reducen la energía de activación de las reacciones y aceleran las mismas. Las enzimas de las plantas se usan para degradar contaminantes orgánicos e inorgánicos y realizar biotransformaciones, además como biocatalizadores muestran una alta tolerancia de sustratos además de ser compatibles con otras enzimas (Tortora, 2007). Muchas enzimas oxidativas como las peroxidasas y las polifenoloxidasas obtenidas de bacterias, hongos e incluso plantas han sido usadas para decolorar de manera eficiente, tintes textiles como el índigo carmín utilizado mayormente en la industria de la mezclilla para teñir los pantalones azules, además de emplearse en pequeñas cantidades para teñir seda y lana.

Dentro de las seis clases principales de enzimas, se encuentran las oxidoreductasas que como su nombre lo dice, llevan a cabo reacciones de oxidación y reducción. Una clase de oxidoreductasas es la peroxidasa, cuya función es convertir el peróxido de hidrógeno producido en ciertas reacciones metabólicas en agua y oxígeno. Esta enzima se encuentra en animales, hongos, bacterias y plantas. La Comisión Científica de la Unión Europea definió a las peroxidasas como una de las proteínas con mayor interés biotecnológico del siglo XXI por su aplicación en la conservación del ambiente (Gil et al., 2011).

La peroxidasa es una enzima que puede catalizar la oxidación de ciertos compuestos donadores de hidrógeno, como fenoles (guayacol, pirogalol) y aminas aromáticas (o-fenilendiamina) por medio de peróxido (H₂O₂). El sustrato oxidable de esta enzima más usado es el guayacol, el cual es oxidado a un complejo de tetraguayacol (Hiraga, 2001)

La enzima catecolasa contenida en algunas frutas y vegetales, es la causante de que frutas golpeadas o magulladas, se tornen cafés cuando son expuestas al aire, debido a que la catecolasa facilita una reacción entre el catecol y el oxígeno. En presencia de oxígeno, el catecol es oxidado por la remoción de dos átomos de hidrógeno. El catecol es así convertido en benzoquinona, y el oxígeno es reducido por la adición de dos átomos de hidrógeno para formar agua. Las moléculas de benzoquinona se unen luego para formar cadenas largas y ramificadas. Estas cadenas son la base estructural de los pigmentos melanoides rojo y café que causan el oscurecimiento. El ácido caféico es otro compuesto fenólico que en presencia de una polifenol oxidasa se convierte en una quinona, esta reacción es típica del oscurecimiento de frutas como la papa o el plátano (Cosio y Dunand, 2009).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar de manera cualitativa la presencia de oxidasas en extractos acuosos de diferentes vegetales y determinar la efectividad de dichos extractos en la decoloración de índigo carmín.

2. METODOLOGÍA

2.1 Material vegetal

Los materiales vegetales que se utilizaron son: Cebolla (*Allium cepa*), col común (*Brassica oleracea* var. *viridis*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), nabo (*Brassica napus* var. *rapifera*), chícharo y su cáscara (*Pisum Sativum*), cáscara de chayote (*Sechium edule*), cáscara de pepino (*Cucumis sativus*). Todos estos materiales se compraron en el mercado ubicado frente a la UAM-X sobre Calzada del Hueso, en Ciudad de México.

Los vegetales se lavaron previamente con agua y jabón, se cortaron y molieron en proporción de 1 g de vegetal por cada mL de Buffer fosfatos; se centrifugaron, filtraron.

2.2 Presencia de oxidasas

En un tubo de ensaye se agregaron 1 mL de Buffer fosfatos, 100 μ L de solución ya sea de guayacol ácido caféico, catecol o ácido pirogálico al 0.5%; 1 ml del extracto acuoso vegetal y finalmente 40 μ L de solución de H₂O₂ al 0.1%. Agitar y observar cambio de coloración característico que indique la presencia de peroxidasas. Las lecturas se hicieron a las longitudes de onda indicadas en la tabla 1

Tabla 1. Longitudes de onda para detectar oxidación de los reactivos utilizados

Material	Longitud de onda (nm)
Guayacol	470
Catecol	410
Ácido Caféico	420
Ácido Pirogálico	575

2.3 Decoloración de índigo carmín

Las reacciones de decoloración se llevaron a cabo en una celda para el espectrofotómetro UV Génesis 20, a la cual se le adicionaron en partes iguales, el extracto acuoso vegetal y solución de índigo carmín 200 ppm, así como 40 μ L de una solución de peróxido de hidrógeno al 0.1%. La absorbancia se determinó a 610 nm y se registró el tiempo en que se obtuvo decoloración completa, es decir que no se observara señal en el espectrofotómetro.

3. Resultados

En la tabla 2 se observa la evaluación cualitativa de la presencia de peroxidasas y polifenol oxidasas, las cruces indican la intensidad de color que se obtuvo para cada mezcla de reacción. Se observa que todos los materiales vegetales mostraron altas cantidades de guayacol oxidasa. Los extractos de la cáscara de chayote, así como de la cáscara y fruto del chícharo, tuvieron la capacidad de oxidar al catecol, al ácido caféico y al ácido pirogálico; mientras

que en los extractos de la cebolla y el nabo solo se registró la peroxidasa que oxida al guayacol, el extracto de dichos materiales no pudo oxidar al catecol, al ácido caféico ni al ácido pirogálico.

Tabla 2. Presencia cualitativa de peroxidasas y polifenol oxidasas

Vegetal	Catecol	Ac. Caféico	Ac. Pirogálico	Guayacol
Cáscara de chícharo	++	++	+	++++
Chícharo	++	++	+	++++
Cáscara de chayote	++	+	+	++++
Coliflor	+	---	+	++++
Cáscara de pepino	---	+	+	++++
Col	---	---	+	++++
Nabo	---	---	---	++++
Cebolla	---	---	---	++++

Intensa++++, Moderada+++ , ++Leve, +Pobre, ---Nula

En la tabla 3 se muestra el tiempo para que los diferentes extracto evaluados decoloraran completamente al índigo.

Tabla 3. Tiempo transcurrido para decoloración completa del índigo (100 ppm)

Vegetal	Tiempo
Cáscara de chayote	10 min
Cáscara de chícharo	30 min
Cáscara de pepino	30 min
Coliflor	30 min
Nabo	2 h
Chícharo	3 h
Col	24 h
Cebolla	24 h

Se observa que los extractos donde se observó de manera cualitativa la presencia de varias peroxidasas, que oxidaron a 3 o 4 de los sustratos mostrados en la tabla 2 (catecol, guayacol, ácido caféico y ácido pirogálico) oxidaron en un menor tiempo al índigo, observándose la decoloración completa en menos de una hora. En el caso del nabo, se logró la decoloración completa del colorante a las 2 horas y este material solo mostró presencia de guayacol peroxidasa, por lo que se puede inferir que contiene algún otro tipo de peroxidasa. La col y la cebolla fueron los materiales que tardaron más en decolorar de manera completa al índigo y coincide con que los extractos de estos vegetales presentaron sólo actividad guayacol oxidasa y, en el caso de la col además una ligera presencia de enzimas que oxidan al ácido pirogálico.

En la figura 1 se muestra el espectro UV del índigo Camín y en la figura 2 el espectro de la mezcla de reacción del índigo con el extracto de cáscara de pepino, donde se aprecia la decoloración completa por la desaparición de la señal a 610 nm. En todos los casos se registró el tiempo hasta que no se observó la señal del colorante.

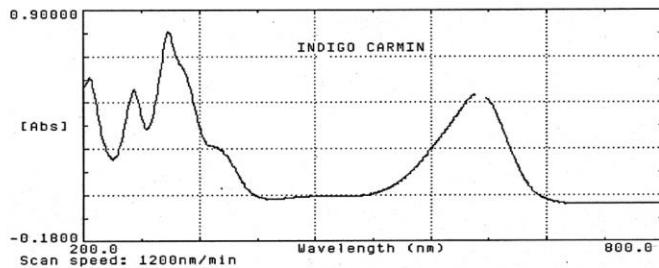


Figura 1. Espectro UV-Vis del índigo carmín, señal con máximo de absorbancia a 610 nm

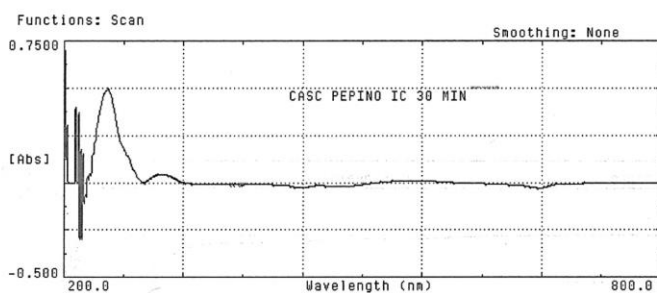


Figura 2. Espectro UV-Vis del índigo carmín, señal con máximo de absorbancia a 610 nm

CONCLUSIONES

Los extractos vegetales tienen enzimas peroxidasas y fenoloxidasas que pueden usarse para decolorar colorantes textiles, como es el índigo carmín, aunque

no se sabe con exactitud cuál enzima es la responsable de ello, se puede aplicar íntegramente el extracto acuoso con buenos resultados, sin necesidad de purificar las enzimas, lo cual trae un beneficio en el costo y simplifica el método, además de aprovechar los residuos vegetales.

REFERENCIAS

- Campos, R., Kandelbauer, A., Robra, H.A., Cavaco-Paulo, A. and Gubitz, M.G. 2001. Indigo degradation with purified laccases from *Trametes hirsuta* y *Sclerotium rolfsii*. *J Biotechnol.* 98:131-139.
- Cosio, C. and Dunand, Ch. 2009. Specific functions of individual class III peroxidase genes. *J Exp Bot.* 60(2):391-408.
- Gil, G.M.J., Usma, G.J.I., Soto, Z.A.M., Gutiérrez, F.O.D., León, S.S. and Jiménez, T. 2011. Decoloración de Efluentes Textiles que contienen colorantes reactivos empleando extracto de alcachofa. *Producción + Limpia.* 6(2):19-31.
- Hiraga, S., Sasaki, K., Ito, H., Ohashi, Y. and Matsui, H. 2001. A Large Family of Class III Plant Peroxidases. *Plant Cell Physiol.* 42(5):462-468.
- Pramparo, L. 2008. Tesis: Study of a torus bioreactor for the enzymatic elimination of 3. Phenol, Universitat Rovira I Virgili. Extraída el 20 de Mayo del 2012, de <http://www.tdx.cat/TDX-1124108-100126>.
- Quintero, L. and Cardona, S. 2010. Tecnologías para la decoloración de tintes índigo e índigo carmín. *Dyna.* 77(162): 371-386.
- Rajeswari, K., Subashkumar, R. and Vijayaraman, K. 2011. Biodegradation of Mixed Textile Dyes by Bacterial Strains Isolated from Dyewaste Effluent. *Res J Environ Toxicol.* 5(2):97-107.
- Tortora, G.J., Funke, B.R. and Case, Ch.L. 2007. Introducción a la Microbiología, Ed. Médica Panamericana, Novena edición, 959 pps.

