



Comparación en la decoloración del efluente proveniente de la industria textil de un municipio antioqueño empleando extracto de alcachofa con actividad peroxidasa y peróxido de hidrógeno

Adriana María Soto¹ / Miriam Janet Gil Garzón² / Teresa de Jesús Jiménez³ / Jorge Iván Usma⁴ / Omar Darío Gutiérrez⁵ / Guillermo León Sánchez Sánchez⁶

Comparación en la decoloración del efluente proveniente de la industria textil de un municipio antioqueño empleando extracto de alcachofa con actividad peroxidasa y peróxido de hidrógeno

Comparison in the decoloration of an effluent's sample from a textile industry located in an antioquian municipality by the use of an artichoke extract with peroxidase activity

Comparação na decoloração de uma mostra de efluente de uma indústria têxtil de um município antioqueño empregando um extrato de alcachofra com atividade peroxidasa e peróxido de hidrógeno

1Licenciada en Biología y Química, Magíster en Ciencias-Química. Docente Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM. 2Química. Magíster en Ciencia-Química. Docente Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM. 3Química. Candidata a Magíster en Gestión Energética Industrial. Docente Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM. 4Ingeniero Químico. Candidato a Magíster en Ciencias-Química. Docente Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM. 5Ingeniero Químico. Magíster en Ciencias-Química. Docente Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM. 6Químico. Candidato a Magíster en Ciencias-Química. Docente Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM.

Correspondencia: Adriana María Soto. e-mail: adrianasoto@itm.edu.co

Artículo recibido: 08/10/2010; Artículo aprobado: 17/12/2010

RESUMEN

Introducción. La contaminación ambiental producida por la disposición de efluentes en la industria textil, motiva a los investigadores a la continua búsqueda de la remoción de estos colorantes en las aguas residuales. **Objetivo.** Comparar el efecto que tuvo el empleo de un extracto de alcachofa con actividad peroxidasa y un método convencional, peróxido de hidrogeno, para la decoloración de un efluente textil. **Materiales y Métodos.** Se usó como muestra una mezcla de colorantes directos, dispersos y ácidos, proveniente de una empresa textil ubicada en un municipio Antioqueño, El extracto de alcachofa y el peróxido de hidrógeno y una mezcla de ellos en proporción 1:1 se usaron como agentes degradantes. Las mediciones de absorbancia se hicieron en un espectrómetro UV-Vis. **Resultados.** Para el tratamiento de decoloración de la muestra con extracto de alcachofa, peróxido y la combinación de ambos, se presenta una disminución en la absorbancia del 21.03%, 12.32%, 22.70% respectivamente, a 486 nm y de 17.13 %, 16.43%, 28.54% a 598 nm. **Conclusión.** Se evidenció que el uso del extracto de alcachofa permite lograr una decoloración similar a la del peróxido de hidrogeno, convirtiéndose en una alternativa frente al uso de métodos convencionales los cuales generan residuos causantes de problemas ambientales.

Palabras clave: alcachofa, peroxidasa, degradación, colorantes, efluentes textiles

ABSTRACT

Introduction. Environmental contamination produced by the disposal of effluents from textile industries, encourages researchers to continue their search for the removal of this dyes in waste water. **Objective.** To compare the effect both an artchoke extract with peroxidase activity and a conventional method, hydrogen peroxide, had in the discoloration of an effluent from a textile industry. **Materials and Methods.** As a sample, a mixture of direct, disperse and acid dyes was used. They were all from a textile industry located in an Antioquian municipality. The artchoke's extract and the hydrogen peroxide, and a mixture of both 1:1 were used as degradation agents. Absorbance measures were made by the use of a UV-Vis spectrophotometer. **Results.** For the treatment of the sample with artchoke extract, peroxide and the mixture of both, there is an absorbance reduction of 21.03%, 12.32%, 22.70%, respectively, at 486 nm and of 17.13 %, 16.43%, 28.54% at 598 nm. **Conclusion.** The artchoke extract provides a discoloration similar to that of the hydrogen peroxide, becoming an alternative in comparison to the use of conventional methods that bring environmental problems.

Key words: artchoke, peroxidase, degradation, dyes, textile effluents.

RESUMO

Introdução: A contaminação ambiental produzida pela disposição de efluentes na indústria têxtil, motiva aos pesquisadores à contínua busca da remoção destes corantes nas águas residuais. **Objetivo.** Comparar o efeito que teve o emprego de um extrato de alcachofra com atividade peroxidasa e um método convencional, peróxido de hidrogeno, para a descoloração de um efluente têxtil. **Materiais e Métodos.** Usou-se como mostra uma mistura de corantes diretos, dispersos e ácidos, proveniente de uma empresa têxtil localizada num município Antioqueño, O extrato de alcachofra e o peróxido de hidrogênio e uma mistura deles em proporção 1:1 se usaram como agentes degradantes. As medições de absorbância se fizeram num espectrômetro UV-Vis. **Resultados.** Para o tratamento de descoloração da mostra com extrato de alcachofra, peróxido e a combinação de ambos, apresenta-se uma diminuição na

absorbância do 21.03%, 12.32%, 22.70% respectivamente, a 486 nm e de 17.13 %, 16.43%, 28.54% a 598 nm. **Conclusão.** Evidenciou-se que o uso do extrato de alcachofra permite conseguir uma descoloração similar à do peróxido de hidrogeno, convertendo-se numa alternativa frente ao uso de métodos convencionais os quais geram resíduos causadores de problemas ambientais.

Palavras Importantes: alcachofra, peroxidasa, degradação, corantes, efluentes têxteis.

INTRODUCCIÓN

Durante los procesos de producción y decoloración de telas, del 10% al 15% de la cantidad de colorantes utilizada en la industria textil no se fija a la fibra y es vertida en los efluentes o alcantarillas como desechos contaminantes¹. Además de la contaminación visual existe el impacto adverso de altas demandas de oxígeno químico (DQO), elevada toxicidad, efecto carcinogénico y efectos genotóxicos, los cuales han hecho de la industria textil una de las principales fuentes de problemas ambientales a nivel mundial^{2,3}.

Estos colorantes textiles se caracterizan por ser sustancias recalcitrantes y tóxicas, resistentes a la degradación biológica, y por tanto no se eliminan fácilmente en plantas de tratamiento de aguas residuales⁴. Actualmente, la remoción de estos colorantes se lleva a cabo a través de procesos, tales como adsorción, precipitación, degradación química, electroquímica, fotodegradación, filtración por membranas, entre otros^{2,5}. Algunas de estas técnicas presentan serias restricciones por no ser consideradas métodos económicamente factibles por sus altos costos, generando residuos acumulados en forma de lodos concentrados, lo que representa un problema posterior.

Recientemente se ha propuesto el empleo de enzimas con actividad peroxidasa para ser utilizada en la degradación oxidativa de compuestos coloreados. Estas enzimas pueden actuar sobre determinados contaminantes y transformarlos en otros menos nocivos^{2,5,6,7}.

La peroxidasa es una enzima que cataliza la oxidación de un amplio número de sustratos orgánicos e inorgánicos, la cual se puede extraer de varias plantas incluyendo rábano (*Armoracia rusticana*), melocotón (*Prunus persica*), el ñame (*Macrorhiza Alocasia*), yuca (*Manihot utilissima*), alcachofa (*Cynara scolymus L.*), batata (*Ipomoea batatas ex L.Lam*), nabo (*Brassica campestre rapifera*), el calabacín (*Cucurbita pepo*) y otros^{8,9,10}

Además de su interés académico y fisiológico estas enzimas son ampliamente utilizadas en laboratorios clínicos, en la industria y en aplicaciones medioambientales^{11,12}. Un ejemplo de ello es la utilización de la peroxidasa obtenida de plantas y microorganismos para catalizar la polimerización y la precipitación acuosa de fenoles.

A pesar de la variedad de fuentes de obtención y aplicación de peroxidasa, no hay trabajos anteriores sobre la utilización de un extracto de alcachofa con actividad peroxidasa para la decoloración de efluentes textiles, ya que la mayoría de las investigaciones se han enfocado en la peroxidasa extraída del rábano picante^{13,14}. En este estudio se evaluó la eficiencia en la decoloración de un efluente textil usando un

extracto que tiene actividad peroxidasa obtenido de la alcachofa. Las variables que se tuvieron en cuenta fueron la concentración del colorante, la adición de extracto, adición de peróxido y el tiempo de residencia. El efecto de decoloración y por lo tanto el grado de descontaminación visual se correlacionó mediante las lecturas de absorbancia en el rango UV-Vis.

OBJETIVO

Evaluar la decoloración de una muestra de efluente proveniente de una industria textil localizada en un municipio antioqueño, mediante la comparación del empleo de un extracto de alcachofa con actividad peroxidasa y adición de peróxido de hidrógeno.

MATERIALES Y METODOS

Materiales:

La muestra coloreada (efluente) utilizada en este trabajo proviene de una empresa ubicada en un municipio Antioqueño. La muestra fue recogida directamente sin ningún tratamiento previo, a la salida de los tanques; ésta es una mezcla de colorantes directos, dispersos y ácidos, utilizados en los procesos de teñido de la empresa.

Los reactivos empleados para la obtención del extracto (sulfato de amonio, ácido ascórbico, EDTA, PVP, NaOH, L-30) son grado comercial.

Los agentes degradantes utilizados fueron: extracto de alcachofa, peróxido de hidrogeno y una mezcla 1:1 de éstos.

Las lecturas de absorbancia en la determinación de la decoloración, fueron medidas en un Espectrofotometro UV-Vis, serie 8453A con DAD, marca: Agilent Technologies.

Obtención del extracto de alcachofa tipo peroxidasa:

A 100 g del material vegetal de alcachofa, incluyendo hojas, tallos y flores, se le agrego una solución que contenía 500 ml de H₂O con: 2.5 g de sulfato de amonio, 2.5 g de ácido ascórbico, 2.5 g de EDTA, 0.5 g de PVP L-30, se homogenizo en una licuadora doméstica por 5 minutos, el pH de la solución resultante se neutralizo con NaOH diluido. El producto obtenido se filtró, centrifugó a 3500 rpm por 10 minutos y se concentró en un rotaevaporador a 60°C ¹¹.

Determinación de las lecturas de absorbancia en la decoloración de la muestra con agentes degradantes:

En la determinación de las absorbancias, se utilizaron diferentes concentraciones del efluente (3 ml/L, 5ml/L, 7ml/L, en sus 3 longitudes de onda más definidas, establecidas por el espectro de absorción del efluente a 5ml/L y de manera similar para cada

concentración) adicionando una cantidad constante de agente degradante preparados a 5ml/L (extracto de alcachofa, peróxido, mezcla extracto-peróxido 1:1), en una relación 1:0.3 y tiempos de residencia de 0, 10, 20 min para cada longitud de onda respectivamente. Cada medición se realizó por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de las longitudes de onda más definidas:

La figura 1 expone el espectro de absorción del efluente, antes del tratamiento, donde aparecen las longitudes de onda más representativas que son responsables de la coloración.

Logra observarse que las longitudes de onda de mayor absorción son 312, 486 y 598 nm, las cuales se consideraron como el parámetro bajo el cual se determinó el grado de decoloración de las muestras tratadas con el extracto y el peróxido de hidrógeno.

Tratamiento del efluente con diferentes agentes decolorantes:

Las tablas 1, 2 y 3, reportan los resultados de absorbancias del efluente con concentraciones de 3, 5, 7 ml/L respectivamente, al ser tratadas con agentes decolorantes en las longitudes de onda más definidas y a diferentes tiempos de residencia (0, 10 y 20 min).

Variación en el nivel de absorbancia con respecto a la concentración del efluente:

La figura 2 muestra los resultados experimentales obtenidos en la decoloración variando la concentración del efluente (3 ml/L, 5ml/L, 7ml/L) frente a 1.5 ml del agente degradante, ambos con concentración de 5ml/L y tiempo constante cero.

De la figura 2A se puede apreciar que a longitudes de onda de 486 nm y 598 nm, hay una disminución de la absorbancia del 21.03%, 12.32%, 22.70% para el tratamiento de decoloración de la muestra con extracto de alcachofa, peróxido y la combinación de ambos, y 17.13 %, 16.43%, 28.54% respectivamente, esto puede explicarse porque el radical hidroxilo libre presente tanto en la peroxidasa como el peróxido interrumpen la conjugación de los grupos cromóforos del efluente, responsables de la coloración, fijándose a los átomos donde hay dicha conjugación, rompiéndola e inhibiendo la actividad coloreada. De los resultados obtenidos puede inferirse que el extracto tiene más radicales hidroxilos libres, que contribuyen a una mayor decoloración, para esta concentración del efluente.

Sin embargo en la longitud de onda de 312 nm se observa un comportamiento inverso, presentando un aumento en la absorbancia para todos los tratamientos 82.25%, 6.23% y 63.20% respectivamente. Esto se debe a que la conjugación existente en la molécula de peróxido, presenta una absorción en el ultravioleta que coincide con la absorción del efluente, compitiendo con éste e impidiendo evidenciar la decoloración a esta longitud de onda.

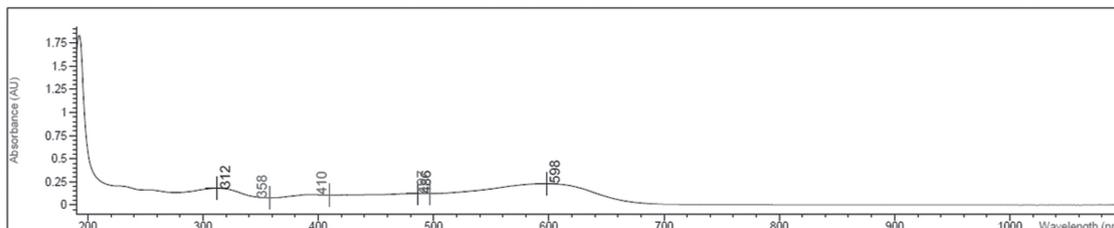


Figura 1. Espectro de absorción UV-Vis de una muestra del efluente textil. 5 ml/L

Tabla 1. Absorbancias a una concentración de efluente de 3mL/L a diferentes tiempos de residencia

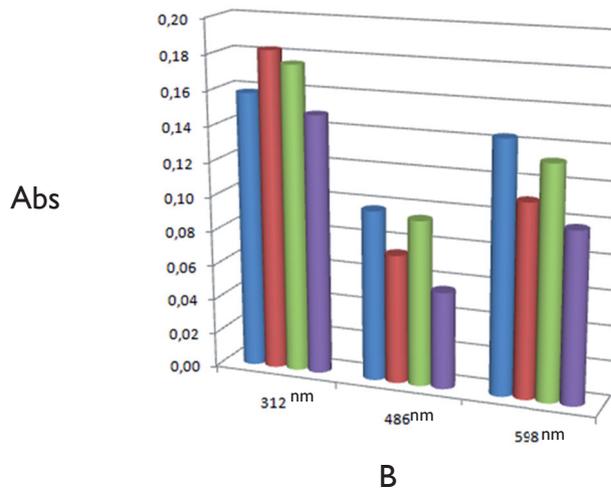
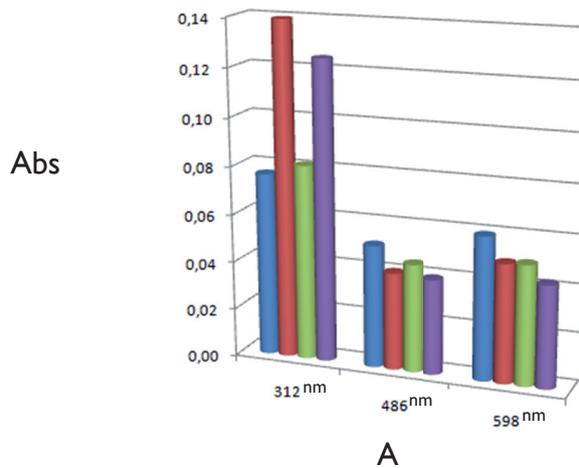
		Absorbancias a las tres longitudes de onda seleccionadas								
		Tiempo de residencia de 0 minutos			Tiempo de residencia de 10 minutos			Tiempo de residencia de 20 minutos		
		312 nm	486 nm	598 nm	312 nm	486 nm	598 nm	312 nm	486 nm	598 nm
Tratamiento	Colorante	0,0764	0,0510	0,0595	0,0764	0,0510	0,0595	0,0764	0,0510	0,0595
	Colorante + extracto	0,1393	0,0403	0,0493	0,1399	0,0404	0,0496	0,1399	0,0406	0,0500
	Colorante + peróxido	0,0812	0,0448	0,0497	0,0817	0,0454	0,0502	0,0808	0,0448	0,0494
	Colorante + mezcla	0,1247	0,0395	0,0425	0,1238	0,0391	0,0426	0,1237	0,0392	0,0429

Tabla 2. Absorbancias a una concentración de efluente de 5mL/L a diferentes tiempos de residencia

		Absorbancias a las tres longitudes de onda seleccionadas								
		Tiempo de residencia de 0 minutos			Tiempo de residencia de 10 minutos			Tiempo de residencia de 20 minutos		
		312 nm	486 nm	598 nm	312 nm	486 nm	598 nm	312 nm	486 nm	598 nm
Tratamiento	Colorante	0,1582	0,0976	0,1438	0,1582	0,0976	0,1438	0,1582	0,0976	0,1438
	Colorante + extracto	0,1826	0,0737	0,1104	0,1828	0,0740	0,1108	0,1833	0,0746	0,1108
	Colorante + peróxido	0,1755	0,0946	0,1325	0,1764	0,0959	0,1334	0,1756	0,0957	0,1334
	Colorante + mezcla	0,1485	0,0555	0,0978	0,1486	0,0547	0,0972	0,1489	0,0547	0,0972

Tabla 3. Absorbancias a una concentración de efluente de 7mL/L a diferentes tiempos de residencia

		Absorbancias a las tres longitudes de onda seleccionadas								
		Tiempo de residencia de 0 minutos			Tiempo de residencia de 10 minutos			Tiempo de residencia de 20 minutos		
		312 nm	486 nm	598 nm	312 nm	486 nm	598 nm	312 nm	486 nm	598 nm
Tratamiento	Colorante	0,2214	0,1422	0,2345	0,2214	0,1422	0,2345	0,2214	0,1422	0,2345
	Colorante + extracto	0,2440	0,1132	0,1801	0,2438	0,1145	0,1819	0,2437	0,1152	0,1830
	Colorante + peróxido	0,1297	0,0848	0,1609	0,1290	0,0844	0,1593	0,1280	0,0836	0,1571
	Colorante + mezcla	0,2035	0,0868	0,1429	0,2031	0,0869	0,1431	0,2027	0,0872	0,1432



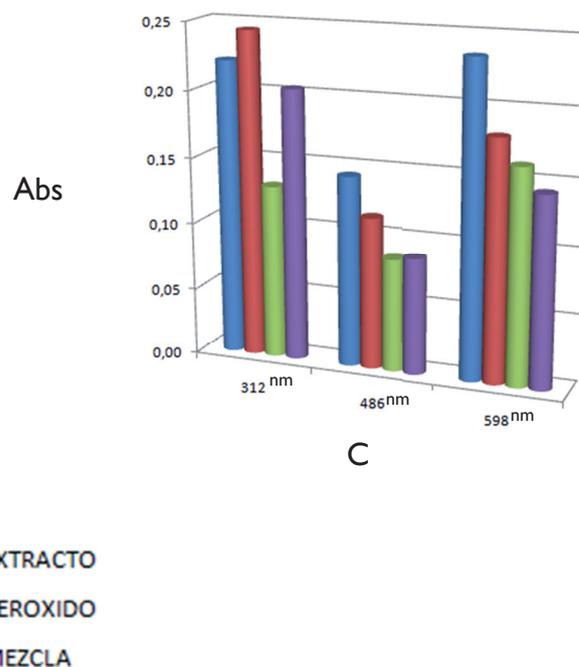


Figura 2. Comportamiento de la absorbancia para un tiempo de residencia de 0 minutos. A) Concentración del efluente 3 mL/L, B) Concentración del efluente 5 mL/L y C) Concentración del efluente 7 mL/L

De manera similar en la figura 2B se observa que a la longitud de 486 nm hay una disminución en el color del efluente de 24.46%, 3.01%, 43.14% respectivamente para cada agente decolorante, mientras que a 598 nm la disminución es de 23.25%, 7.85%, 32.03% respectivamente. Es importante resaltar que la degradación del color con la mezcla de los agentes decolorantes, se ve favorecida con la presencia del extracto.

En la longitud de onda de 312 nm, el aumento en la absorbancia es menos significativo 15.44 % para el extracto y 10.92% para el peróxido, con respecto al tratamiento I (figura 2A). Esto se atribuye al aumento de la concentración del efluente, el cual reporta absorbancias más altas que las de los agentes decolorantes (que absorben a la misma longitud de onda) presentándose una competencia entre ellos.

En la figura 2C se muestra que al aumentar la concentración del efluente, sigue presentándose disminución en la decoloración de 20.37%, 40.35%, 38.96 % para 486 nm y 23.22%, 31.37%, 39.08% para 598 nm, con porcentajes muy similares en la acción de los dos agentes degradantes, reafirmando así que el extracto es una alternativa con buenas características descontaminantes en la decoloración visual de efluentes textiles.

Variación en el nivel de absorbancia con respecto al tiempo del efluente a concentración constante de 5ml/L:

Las tablas 4 y 5 muestran los resultados experimentales obtenidos en la variación de la decoloración, modificando el tiempo de residencia (0, 10, 20 min) del agente decolorante, frente a una concentración de efluente constante 5 ml/L.

En la decoloración del efluente a diferentes tiempos de residencia el porcentaje es muy similar, a 486 nm la decoloración media con los tres agentes degradantes fue de 24.06%, 2.20%, 43.65% y a una longitud de onda de 598 nm es de 22.92%, 7.79%, 32.24% para el extracto, peróxido y mezcla respectivamente; esto se explica porque la variación en el tiempo es exponencial y el tiempo de residencia evaluado no fue suficiente para determinar una modificación en la decoloración con respecto a esta variable. Esta puede ser observada aumentando el tiempo de residencia o modificando otra variable en tiempo corto (concentración de agente decolorante, temperatura, pH, etc).

Tabla 4. Porcentajes en la disminución de absorbancia para la decoloración del efluente con respecto al tiempo a 486 nm

Longitud 486 nm	0 min	10 min	20 min	%Promedio
Colorante + extracto	24,46	24,13	23,58	24,06
Colorante + peróxido	3,01	1,66	1,93	2,20
Colorante + mezcla	43,14	43,91	43,9	43,65

Tabla 5. Porcentajes en la disminución de absorbancia para la decoloración del efluente con respecto al tiempo a 598 nm

Longitud 598 nm	0 min	10 min	20 min	% Promedio
Colorante + extracto	23,25	22,95	22,57	22,92
Colorante + peróxido	7,85	7,23	8,28	7,79
Colorante + mezcla	32,03	32,38	32,32	32,24

CONCLUSIONES

El empleo del extracto de alcachofa es apropiado para la decoloración de efluentes textiles, porque mediante este proceso se logran porcentajes de decoloración prometedores con reactivos de bajo costo.

La utilización del extracto de alcachofa en la decoloración de estos efluentes tiene un rendimiento similar al obtenido con el peróxido de hidrógeno, con la ventaja de que se evita la utilización de productos químicos nocivos que aumentan la contaminación en las aguas residuales.

Los resultados mostraron un efecto sinérgico con la mezcla extracto-peróxido, sin embargo el extracto individualmente puede optimizarse a mayores concentraciones y proporcionar iguales o mejores resultados que la mezcla.

Se considera pertinente para la empresa textil hacer un estudio sobre la decoloración a concentraciones de extracto mayores, para lograr una mejor decoloración en tiempos de residencia cortos que permitan la evacuación rápida de las aguas residuales en la planta de tratamiento.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorista Fernando García, de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, por su apoyo incondicional para la ejecución experimental de este proyecto.

Al laboratorio de Química, campus Fraternidad y a la laboratorista Carolina Yepes, del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA-AWWA-WPFC. Standard methods for examination of water and wastewater. 16th ed. Washington: American Public Health Association, 1985. 1268 p.
2. SARATALE, R.G; et al. Decolorization and biodegradation of textile dye Navy blue HER by *Trichosporon beigelii* NCIM-3326. *En: Journal of Hazardous Materials*. July 2009. Vol. 166, no. 2-3, p. 1421–1428.
3. GUARATINI, C.I. y ZANONI M.V.B.. Corantes têxteis. *En: Química Nova*. 2008. Vol. 23, no. 1, p. 71–78.
4. LIU, Jian-Zhong; WANG, Teng-Li and JI, Liang-Nian. Enhanced dye decolorization efficiency by citraconic anhydride-modified horseradish peroxidase. *En: Journal of Molecular Catalysis. B, Enzymatic*. January 2006. Vol. 41, no. 3, p. 81.
5. KUNZ, Airton; et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *En: Química Nova*. Enero – febrero 2002. Vol. 25, no. 1, p. 78–82.
6. KARIMINIAAE-HAMEDAANI, H. R.; SAKURAI, A., and SAKAKIBARA, M. Decolorization of synthetic dyes by a new manganese peroxidase-producing white rot fungus. *En: Dyes Pigments*. January 2007. Vol. 72, no. 2, p. 157–162.
7. KARAM, Jean and NICELL, James A. Potential application of enzymes in waste treatment. *En: Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. June 1997. Vol. 69, no. 2, p. 141–153.
8. VAN HUYSTEE, R. B. Some molecular aspects of plant peroxidase biosynthetic studies. *En: Journal of Plant Physiology*. 1987. Vol. 38, p. 205-219.
9. OUNIGPIPAT, W.; ALEXANDER, P. W.; SOUTHWELL-KEELY, P. T. *En: Anal. Chim. Acta*. 1995. p. 309-35.

10. FLORIS, G.; MEDDA, R. y RINALDI, A.. Peroxidase from Euphorbia characias latex: purification and properties. En: Phytochemistry. 1984. N°23, p. 953 – 956.
11. UNIVERSIDAD DE MURCIA. Enzima con actividad peroxidasa aislada de la alcachofa (Cynara Scolymus, L), Procedimiento para su aislamiento, purificación y aplicaciones. Inventor RODRIGUEZ LÓPEZ, José Neptuno. Int. CL.: C12N 9/08. Fecha de solicitud 24, octubre, 2001. España, patente de investigación. EPI 336 653 A I. 20, agosto, 2003.
12. JENG, Fang-Yi and LIN, Sung-Chyr. Characterization and application of PEGylated horseradish peroxidase for the synthesis of poly(2-naphthol). En: Process Biochemistry, July 2006. Vol. 41, no. 7, p. 1566-1573.
13. WRIGHT, H. and NICELL, James A. Characterization of soybean peroxidase for wastewater treatment. En: Bioresource Technology. 1999. Vol. 70, no. 1, p. 69-79.
14. DRIESSEL, B. V.; CHRISTOV, L. Decolorization of bleach plant effluent by mucoralean and white-rot fungi in a rotating biological contactor reactor. En: Journal of Bioscience and Bioengineering. 2001. Vol. 92, no. 3, p. 271-276.