



Revista CENIC. Ciencias Biológicas

ISSN: 0253-5688

editorial.cenic@cnic.edu.cu

Centro Nacional de Investigaciones Científicas  
Cuba

Rodríguez Pérez, Suyén; Bermúdez Savón, Rosa Catalina; Giardina, Paola; Fernández Boizán, Maikel  
Tratamiento Combinado (anaerobio-aerobio) para la Decoloración de la Vinaza de Destilería.

Revista CENIC. Ciencias Biológicas, vol. 36, 2005

Centro Nacional de Investigaciones Científicas

Ciudad de La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220525098>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## **Tratamiento Combinado (anaerobio-aerobio) para la Decoloración de la Vinaza de Destilería.**

**Suyén Rodríguez Pérez<sup>1</sup>, Rosa Catalina Bermúdez Savón<sup>1</sup>, Paola Giardina<sup>2</sup>, Maikel Fernández Boizán<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Estudios de Biotecnología Industrial, Fac. Ciencias Naturales, Universidad de Oriente. Patricio Lumumba s/n 90500. Cuba. suyen@cebi.uo.edu.cu

<sup>2</sup> Grupo de Biotecnología Ambiental y Molecular, Departamento de Química Orgánica y Bioquímica, Universidad "Federico II", Via Cynthia 4, 80126 Nápoles. Italia. giardina@unina.it

**RESUMEN:** Durante el tratamiento de un residual coloreado se debe prestar atención a la reducción o eliminación del color, contribuyendo de esta forma a reducir el impacto sobre los ecosistemas donde son vertidos. En Cuba se tienen numerosas experiencias del tratamiento de la vinaza de destilería por vía anaerobia, obteniéndose buenos valores de remoción de la carga orgánica, pero permanecen inalterables compuestos de difícil biodegradabilidad-biodisponibilidad y el color. En el presente trabajo se estudia el tratamiento anaerobio metanogénico, empleando un lodo granular y posterior tratamiento aerobio, con el hongo *Pleurotus sp.*; para la reducción del color y de la DQO de este residual agresivo. Para el desarrollo experimental se utilizó un reactor anaerobio UASB de 1,5 L y los ensayos aerobios se realizaron en erlenmeyer de 500 mL. Se estudió la influencia de la adición de los componentes nutricionales de un medio sintético, para propiciar la decoloración de la vinaza. Se siguió la remoción del color mediante la determinación de la luminancia, además de determinarse los valores de DQO al inicio y final de cada tratamiento. Como resultado del estudio se obtuvo que el tratamiento anaerobio es efectivo para remover mas del 80 % de la carga orgánica de la vinaza, aun cuando esta se trata sin diluir, pero no reduce de manera significativa el color el cual se mantiene más del 95 %. Sin embargo, si se acopla un tratamiento aerobio con el hongo *Pleurotus spp.* el color se reduce por encima del 80 % y disminuye aun más el valor de DQO, a valores por debajo de los 5 g/l. Para el tratamiento con el hongo se requiere la adición de una fuente carbonada externa para favorecer la decoloración. Como resultado del trabajo se concluye que se requiere de la combinación de un tratamiento aerobio, además de la digestión anaerobia, para lograr la decoloración de la vinaza favoreciendo la remoción de la DQO, siendo el tratamiento con *Pleurotus* una alternativa apropiada.

**ABSTRACT:** During the treatment of a coloured wastewater should be paid attention to the reduction or elimination of the colour, contributing this way to reduce its impact on the ecosystems where it is poured. In Cuba some experiences for the anaerobic treatment to vinasse were carried out, being obtained good values of removal of the organic load (COD) but colour remained. In the present work is studied the anaerobic treatment to vinasse, using a granular sludge and later aerobic treatment, with the mushroom *Pleurotus sp.*; to diminish the colour and the high COD of this residual one. For the experimental development a UASB anaerobic reactor of 1,5 L was used and the aerobic assays were carried out in erlenmeyer of 500 mL. The influence of glucose and components of a synthetic medium were studied, to propitiate the colorless of the vinasse.. The removal of the colour was followed by means of the determination of the luminance, also being determined the values final and initial of the COD to each treatment. As a result of the study was obtained that the anaerobic treatment is effective to remove 80% of the organic load of the vinasse, even when this it is without diluting, but it doesn't reduce in a significant values the colour which stays more than 95%. However, if an aerobic treatment is coupled using the mushroom *Pleurotus spp.* the colour decreases above 80% and it even diminishes more COD values, below the 5 g/l. For the treatment with the mushroom the addition of a external carbonaceous source is required to favour the decolourisation. As a result of the work is concludes that it is required of the combination of an aerobic treatment, besides of the anaerobic digestion, to achieve the depollution of the vinasse favoring the removal of the COD and colour, being the treatment with *Pleurotus* an appropriate alternative.

**Palabras clave:** Vinaza, decolorización, digestión anaeróbica, *Pleurotus sp.*, tratamiento combinado.

**Key words:** vinasse, decolourisation, anaerobic digestion, *Pleurotus sp.*, combined treatment.

## **INTRODUCCIÓN**

Los efluentes industriales causan diferentes impactos sobre el medio ambiente, que están asociados a su contribución en cuanto a: sólidos en suspensión (SS), carga orgánica (DQO y DBO), toxicidad y color, entre otros. La presencia de color puede estar asociado a compuestos tóxicos con grupos cromóforos o polímeros de alto peso molecular como la lignina.

Los desechos industriales con un alto grado de color, tienen un gran poder de bioacumulación y una baja velocidad de depolimerización que supone su acumulación a largo plazo en los lagos y bahías, provocando una disminución de la luminosidad de las aguas al actuar como grupos que absorben la luz visible, lo que trae por consecuencia una disminución en la actividad fotosintética de los ecosistemas acuáticos, reduciendo el contenido de oxígeno disuelto. También estos residuales tienen un efecto tóxico sobre los peces y otros microorganismos de marinos.<sup>1</sup>

La vinaza de destilería es el efluente liberado durante la destilación de alcohol, cuyos volúmenes generados constituyen también un serio problema ambiental pues por cada litro de alcohol se desechan aproximadamente 15 L de este residual. Los residuales de la destilería (vinaza) han sido estudiados para su tratamiento y obtención de compuestos de interés como alimento animal, bioabonos, vitaminas.<sup>2</sup> También son variados los sistemas de tratamientos implementados para reducir el impacto que ocasiona la vinaza sobre los ecosistemas donde son vertidas.<sup>3, 4</sup> Por vía anaerobia se han logrado buenos valores de remoción de la carga orgánica, para la vinaza; sin embargo, permanecen inalterables compuestos de difícil biodegradabilidad-biodisponibilidad y el color.<sup>5, 6</sup>

Las vinazas se caracterizan por presentar color marrón muy oscuro, que se debe a la presencia de melanoidinas y caramelos. Las melanoidinas son polímeros de alto peso molecular formados al reaccionar, en condiciones alcalinas, azúcares y aminoácidos (reacción de Maillard), o de manera más general, por la reacción entre los grupos amino y carboxilo de las sustancias orgánicas (Reynolds, 1968).<sup>7</sup> Las melanoidinas tienen propiedades antioxidantes y frecuentemente son tóxicas para los microorganismos utilizados en el biotratamiento de efluentes,<sup>8</sup> lo que ha interferido en el desarrollo de métodos convencionales para el tratamiento de las vinazas de destilería y ha provocado la búsqueda de alternativas para la decoloración y la eliminación de la elevada carga orgánica de este tipo de efluentes.

El objetivo del presente trabajo consistió en el estudio de un sistema combinado anaerobio-aerobio que permita la reducción de la carga orgánica y la decoloración de la vinaza.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Tratamiento anaerobio**

Para el tratamiento de la vinaza se utilizó un reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodos UASB (Fig. 1) de 1,5 L de volumen útil y con recirculación de 1/3 de su volumen, el cual fue operado con TRH de 72 h. Dicho reactor fue inoculado con un lodo granular (cultivo mixto) proveniente de una planta industrial, con 12 gSSV/L y actividad metanonogénica de 0.71 gDQO-CH<sub>4</sub> \* gSSV<sup>-1</sup> \* d<sup>-1</sup>. El reactor fue mantenido en un cuarto con temperatura controlada de 28-30 °C.

Se determinó la remoción de DQO, color y la producción de metano durante la experimentación. Se siguió el pH de salida del reactor y se calculó la relación de alcalinidad (R.A) como parámetros de control del proceso.

### **Tratamiento aerobio**

Se empleó como organismo biodegradador la cepa de *Pleurotus sp.* CCEBI-3024, procedente de la Colección de Cultivos del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. Fue ensayado el efluente del tratamiento anaerobio de la vinaza, como medio de cultivo; suplementado con glucosa. Se evaluó la necesidad de suplementación con un medio sintético para hongos (MSH) constituido por (g/L): extracto de levadura 0.5, L-asparagina 0.65, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1, KCl 0.5, MgSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O 0.5..

Previamente fue crecido el microorganismo en placas Petri con APD por 7 días y posteriormente el micelio fue raspado y adicionado en 50 mL de NaCl (1%), agitado vigorosamente e inoculado 15 mL a un erlemeyer con 150 mL del medio.

El cultivo fue sumergido con agitación en zaranda (120 r.p.m) en la oscuridad y con temperatura de 27–30 °C. Se emplearon 5 réplicas en cada tratamiento.

Se determinaron los mismos parámetros que en el tratamiento anaerobio, excepto la producción de metano, incluyendo la determinación de fenoles.

### **Métodos analíticos**

La determinación del peso seco para la evaluación de la biomasa, la DQO, el pH. y la luminancia (L) como medida del color, se realizaron según describe el Standard Method.<sup>8</sup> La remoción del color se determinó según las ecuaciones:<sup>9</sup>

$$R = (A_i - A_f) / A_i \quad (1)$$

$$A = 2 - \log L \quad (2)$$

La concentración de fenoles fue cuantificada usando una modificación del método de Folin-Denis.<sup>10</sup>

La relación de alcalinidad calculada consiste en una doble valoración de 20 mL de muestra en agitación, hasta pH 5.75 y luego pH 4.3, con una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.02 N. Para el cálculo de la relación de R.A se emplearon los volúmenes de ácido consumidos en cada caso según refiere la siguiente ecuación:

$$R.A = V_{5.75} / V_{4.5} \quad (3)$$

Para la determinación del metano en el biogás producido se tomaron muestras de la fase gaseosa y fueron analizadas en un cromatógrafo de gases Gow-Mac con detector de conductividad térmica y con una columna de acero inoxidable empacada con carbosphere.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para la selección de tecnologías adecuadas para el tratamiento de un agua residual dada, se debe tener en cuenta como primer aspecto su caracterización. Esta información permitirá evaluar las tecnologías disponibles en base a la presencia de compuestos químicos, presencia de tóxicos, parámetros químico-físicos, etc.; promoviendo la selección de tecnologías adecuadas en base a las experiencias que se tienen.

La vinaza es un residual agresivo por los bajos pH, la temperatura a la cual es liberada (80-90 °C) y su alta carga orgánica (Tabla 1). A esto se suma el fuerte color oscuro que presenta que se debe fundamentalmente a la presencia de melanoidinas, lo cual es avalado por los bajos valores de luminancia (54,4 %) aún a diluciones de 1/20. Por lo que para su liberación requiere de tratamientos que reduzcan el impacto sobre los ecosistemas donde son vertidos. La relación DBO/DQO por encima de 0,5 permite optar por la aplicación de métodos biológicos para su tratamiento, pues la mayoría de la contaminación orgánica puede ser biodegradada.

La digestión anaerobia mediante un reactor metanogénico con incremento gradual de la concentración de vinaza, permitió la remoción de la DQO por encima del 70 % para la vinaza sin diluir (Fig. 1) demostrando las potencialidades de este tratamiento en la remoción de la carga orgánica contaminante.. No obstante, con este único proceso el efluente obtenido no cumple con las normativas de vertidos para ríos y mares, siendo de 120 mg/L y 300 mg/L los valores máximos permitidos, respectivamente.<sup>11</sup>

La producción de metano no sobrepasa el 60 % cuando se alimenta el reactor con vinaza al 100 % (Fig. 2), afectando la capacidad combustible del biogás producido. Esto podría deberse a que la vinaza es un residual que tiende a acidificarse y además presenta cantidades apreciables de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, lo que a medida que se incrementa la concentración de la misma (no se diluye) se producen otros compuestos (ácidos grasos volátiles, sulfuro de hidrógeno) que emproiben la calidad del biogás.

El pH tan ácido que presenta este residual requiere de una neutralización aún cuando se implemente el sistema en dos etapas. Esto se logró con la adición de NaHCO<sub>3</sub> en el influente y la implementación de la recirculación. Los valores de pH se comportaron dentro del rango apropiado para la metanogénesis, aunque la relación de alcalinidad se vio afectada por el incremento de la concentración de vinaza (Fig. 3). Un pH de 7 – 8, es apropiado para la producción de metano, siendo el óptimo de 6,8-7,2..<sup>12</sup> El establecimiento de la recirculación resultó ser apropiada para asegurar la capacidad de tamponamiento del reactor pues la relación de alcalinidad estuvo entre 0,4-0,6 durante todo el tratamiento.. Por debajo de 0,4 se evidencian fallas inmediatas del sistema por acidificación.

El hecho de que se mantenga la capacidad buffer del reactor puede estar influenciado por el efecto de la recirculación del efluente del reactor metanogénico. La recirculación del efluente en un reactor UASB se recomienda cuando se tienen aguas residuales con altas concentraciones y el objetivo es la dilución del nivel de DQO a valores por debajo de 15 g/L. Otra importante ventaja de la recirculación es que se aprovecha en la corriente de entrada la alcalinidad producida por el mismo reactor, lo que contribuye a una mayor estabilidad del proceso, resistencia a choques de pH y de carga orgánica, además de reducir los posibles consumo de reactivos alcalinos..<sup>13</sup>

Aún cuando se logran eficiencias de remoción altas, por las elevadas cargas que presenta este residual el efluente de salida tiene valores de DQO entre 15 – 25 g/L; por lo que la digestión anaerobia por sí sola no alcanzará la calidad del efluente que exigen las normas ambientales. En este caso podría ser necesario valorar

un postratamiento aerobio. Se ha probado que la integración de procesos anaerobios-aerobios es la solución técnico y económica más conveniente para el tratamiento de aguas residuales de alta carga y con compuestos recalcitrantes.<sup>14</sup> Con esta combinación de procesos el tratamiento anaerobio removerá aproximadamente el 70 % de la DQO biodegradable, con bajos requerimientos energéticos y producción de lodos; dejando el resto al pulido aerobio, que requerirá menos energía para la aireación y producirá menor cantidad de lodos que un proceso totalmente aerobio.

Aunque resulta efectivo el tratamiento anaerobio para reducir la carga orgánica contaminante, no se obtienen valores de remoción del color por encima del 5%. Lo que aporta a la necesidad de emplear otro tratamiento que facilite la disminución del color oscuro de la vinaza y mejore la calidad del efluente.

Para asegurar la ocurrencia de la decoloración de la vinaza con la cepa del hongo *Pleurotus sp.* seleccionada, se evaluó el crecimiento del mismo a diferentes concentraciones de glucosa como fuente carbonada y la necesidad de suplementar con un medio sintético (Tabla 2)..

Se requiere de una suplementación con una fuente carbonácea para asegurar el crecimiento del hongo pues el efluente del tratamiento anaerobio se encuentra agotado en estos elementos y además, cuando la glucosa es usada como sustrato para el crecimiento una concentración mínima de 2 g/L es necesaria para que el hongo mantenga su habilidad de decoloración; obteniéndose los niveles más altos de remoción a concentraciones altas de glucosa, concentraciones mayores de 10 g/L.<sup>15</sup> La adición de otros elementos del MSH no favorecen la decoloración, aunque si el crecimiento. Se conoce que el complejo enzimático ligninolítico, característico de estos hongos de pudrición blanca como *Pleurotus* se activa en condiciones limitantes de nitrógeno, azufre y carbono..<sup>16</sup>

Se ensayó el tratamiento del efluente por el hongo ligninolítico *Pleurotus sp.* obteniéndose los resultados mostrados en la Fig. 4.. Como se observa el tratamiento con este organismo favorece la reducción del color y de compuestos tóxicos como los fenoles presentes en esta agua residual, llevando estos últimos a valores por debajo según lo permisible por la Norma Cubana.<sup>11</sup> La DQO se reduce a 5 g/L en 10 días de experimentación, favoreciendo el establecimiento de otras estrategias de tratamiento para el pulido final del residual.

En la Tabla 3 se muestra un resumen de ambos tratamientos posibilitando la comparación de los mismos. Es necesario continuar estudiando las potencialidades del tratamiento con este hongo, pues se han obtenido muy buenos resultados en la degradación de tintes y otros residuales coloreados, hasta más del 90 % de remoción del color.<sup>17, 18</sup> De trabajos anteriores se conoce que es necesario la dilución de la vinaza para reducir el efecto de compuestos tóxicos a los microorganismos como furfurales, ácido gálico y vainillinico, que están presentes en este residual y se desconoce si son removidos por el tratamiento anaerobio, por lo que el tratamiento del efluente anaerobio sin diluir puede estar influenciado por la presencia de estos, sobre todo en lo referente a la remoción de DQO y color.<sup>19</sup>

## **CONCLUSIONES**

Como resultado del trabajo se concluye que se requiere de la combinación de un tratamiento aerobio, además de la digestión anaerobia, para lograr la decoloración de la vinaza favoreciendo la remoción de la DQO; siendo el tratamiento con *Pleurotus* una alternativa apropiada para los objetivos que se persiguen.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Verma I. Toxicity of distillery waste to *Puntius sophore* (Ham) and *Mystinvittatus* (Bloch) (*Piscu Cyprinidal Bagridal*). Part 3. Bioassay studies and TgLm determination. *Acta Hydrochims. Hydrobiol.*, **4**, 547, 1976.
2. GEPLACEA (eds). Manual de los derivados de la caña de azúcar. (2th edn). Serie Diversificación, GEPLACEA, PNUD, 1990.
3. Sirianuntapiboon S., Chairattanawan K. y Ohmomo S. Removal of coloured substances from molasses waste water by biological treatment system combined with chemical treatment. *Japan Agric. Res. Quarterly*, **32**, 1, 1998.
4. Fitzgibbon F., Nigam P., Singh D.. y Marchant R. Biological treatment of distillery waste for pollution-remediation. *J. Basic Microbiol.*, **35**, 293, 1995.
5. Valdés E., Obaya MC., García A., Reyes A. y Chivás M. Estudio del tratamiento anaeróbico de los residuales de la industria alcoholera. *Rev. ICIDCA*, **19**, 7, 1985.

6. Bermúdez RC., Hoyos J. y Rodríguez S. Evaluación de la disminución de la carga contaminante de la vinaza de destilería por tratamiento anaerobio. **Rev. Int. Contaminación Ambiental**, **16**, 23, 2000..
7. Reynolds TM. Chemistry of nonenzymic browning. I. The reaction between aldoses and amines. **Advan. Food Res.**, **12**, 1, 1968.
8. Kitts D., Wu C.H., Stich H. y Powrie W. Effects of glucose-glycine Maillard reaction products on bacterial and mammalian cell mutagenesis. **J. Agric. Food Chem.**, **41**, 2353, 1993.
9. Rodríguez S, Fernández M, Bermúdez R.C. y Morris H.. Tratamiento de efluentes industriales coloreados con *Pleurotus spp.* **Rev Iberoam Micol.**, **20**, 164, 2003.
10. Maestro D., Borja R., Martín A., Fiesta J.A. y Mendoza J. Biodegradación de los compuestos fenólicos presentes en el alpechín. **Fasc.**, **42**, 271, 1991.
11. Norma Cubana NC. 27. Vertimientos de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Oficina nacional de normalización. Ciudad de la Habana, 1999..
12. Speece, R.E. Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters. Archae Press, Tennessee, 296-394, 1996.
13. Monroy O., Gutiérrez M., Revah S. y Gómez J. Biotecnología Ambiental. Curso Pre-Congreso, II Simposio Internacional sobre Ingeniería de Bioprocessos. Mazatlán, México, 1997..
14. Eckenfelder W., Patoscka J. y Pulliman G. Anaerobic vs aerobic treatment in the USA. In Anaerobic Digestion, Hall E. R. and Hobson P.N., editors Pergamon Press, 105-114, 1988..
15. Pellinen J., Yin C., Joyce T. y Chang H. Treatmentof chlorine bleaching effluent using a white-rot fungus. **Journal of Biotechnology**, **8**, 67, 1988.
16. Feijoo J. y Lema, J. Tratamiento de efluentes de industria de la madera con compuestos tóxicos y recalcitrantes, mediante hongos. **Afinidad**, **4**, 57, 1995 ..
17. Rodríguez E., Pickard M. y Vazquez-Duhalt R. Industrial Dye Decolorization by Laccases from Ligninolytic Fungi. **Current Microbiology**, **38**, 27, 1999.
18. Novotny C., Rawal B., Bhatt M., Patel M., Sasek V. Y Molitoris H. P. Capacity of *Irpex lacteus* and *Pleurotus ostreatus* for decolorization of chemically different dyes. **J. of Biotechnol.**, **89**, 113, 2001.
19. Gonzalez T., Terron M., Yague S., Zapico E., Galleti G. y Gonzalez A. Pyrolysis/gas chromatography/mass spectrometry monitorino of fungal-biotreated distillery wastewater usin *Trametes* sp. I-62 (CECT 20197). **Rapid Comm. Mass Spectrom.**, **14**, 1417, 2000.