



José Paulo Santos - UTAD

Caracterización y tratamiento de efluentes de la industria conservera de champiñones

Carlos Luis Leite Amor investigador predoctoral, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Joana Lopes Fernandes estudiante Máster Ingeniería Medioambiental, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Marco Paulo Sousa Lucas investigador auxiliar, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
José Alcides Silvestre Peres profesor titular, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Jorge Rodríguez-Chueca investigador postdoctoral, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

La industria conservera de champiñones utiliza grandes volúmenes de agua para el lavado y procesamiento, lo que se traduce en la generación de grandes cantidades de efluentes residuales, que necesitan un tratamiento adecuado previo a la descarga al dominio público hidráulico. Este trabajo presenta una solución de tratamiento para los efluentes generados en estas industrias. Tras la caracterización de la muestra, que presenta una buena biodegradabilidad ($DBO_5/DQO = 0,42$), la aplicación de un proceso biológico aeróbico permite una reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) superior al 90% después de 48 horas. La aplicación de tratamientos de coagulación-floculación no consigue alcanzar rendimientos de reducción de materia orgánica similares a los alcanzados mediante tratamiento biológico.

Palabras clave

Champiñones, DQO, tratamiento biológico, lodos activos, coagulación-floculación.

Characterization and treatment of effluents from canning mushrooms industry

Canning mushrooms industry uses large quantities of water for washing and processing, generating a large volume of wastewater that need to be properly treated. This paper presents a treatment solution for wastewater generated in these industries. After sample characterization of effluent, which presents a good biodegradability ($BOD_5/COD = 0.42$), applying an aerobic biological process allows a reduction of chemical oxygen demand (COD) greater than 90% after 48 hours retention time. After performing chemical coagulation-flocculation experiments to find the best treatment solution for these effluents, there were no improvements in comparison to aerobic biological treatment.

Keywords

Mushrooms, COD, biological treatment, activated sludge, coagulation-flocculation.



1. Introducción

Las industrias agroindustriales generan una gran cantidad de residuos y aguas residuales a través de su proceso productivo. La mayor parte del agua utilizada desde la fase de recepción de las materias primas hasta la obtención del producto final contribuye a la formación de estas aguas residuales, altamente contaminadas con materia orgánica, turbidez y sólidos en suspensión (Amor *et al.*, 2012; Durán *et al.*, 2011). Además, de los problemas ya mencionados, algunos efluentes pueden presentar problemas adicionales como fuertes olores debidos a la descomposición de los residuos sólidos presentes (MIGA, 2006; Economopoulos, 1993).

La legislación portuguesa vigente a través del Decreto Ley 236/1998, establece normas, criterios y objetivos de calidad con la finalidad de proteger el medio acuático y mejorar la calidad de las aguas en función de sus usos principales. Por consiguiente, los efluentes generados en la industria conservera de champiñones, así como los efluentes generados por cualquier otra industria, deben someterse al adecuado tratamiento con el objetivo de ser descargados al dominio público hidráulico o reutilizado con cualquier otra finalidad.

Las setas y champiñones son considerados alimentos ricos en nutrientes, proteínas y minerales y con una bajo contenido en calorías. Además, se trata de un alimento muy perecedero debido a su alto contenido de humedad (DCMSME, 2002; Gea y Tello, 1997). Es por este motivo que estos productos normalmente se comercializan en conserva, con el objetivo de prolongar el tiempo de vida del mismo. La producción de champiñones a nivel mundial fue cercana a 3,5 millones de toneladas

Según este trabajo, el tratamiento biológico aerobio es el más eficiente para las aguas residuales procedentes de la producción de conservas de champiñones, pues con él se alcanza una degradación de DQO_f del 93%

en el año 2007, siendo China el mayor productor a nivel mundial (McCarty *et al.*, 2010).

Los champiñones están clasificados como alimentos de baja acidez al presentar un pH natural próximo a 6,4. Además, existe la posibilidad de germinación de los esporos de *Clostridium botulinum*, lo que causa riesgos para la salud pública. Dicha bacteria puede ser responsable de intoxicaciones alimentarias con un alto índice de letalidad (Gomes y Silva, 2000).

Dependiendo del tipo de agroindustria, de los métodos y equipamientos utilizados, los efluentes presentarán diferentes características físicoquímicas (Amor *et al.*, 2012). No existe un tratamiento totalmente eficaz para tratar este tipo de efluentes. Sin embargo, la tecnología escogida dependerá especialmente de la composición, disponibilidad de tiempo, espacio y volumen. Teniendo en cuenta todos estos factores, podrán ser escogidos tratamientos convencionales (biológicos) o químicos.

Entre los tratamientos biológicos más utilizados actualmente se encuentra el tratamiento de lodos activos. Su nombre procede de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aerobia. El residuo orgánico se introduce en un reactor, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión. El ambiente aerobio en el reactor se consigue mediante el uso de difusores o de aireadores mecánicos, que también sirven para mantener

el líquido contenido en el reactor en estado de mezcla perfecta.

Los microorganismos juegan un papel clave en el proceso de fangos activados y, dentro de ellos, las bacterias son los más importantes, ya que son los causantes de la descomposición de la materia orgánica del afluente, y de la obtención de energía para la síntesis de células nuevas. De este modo, solo una parte del residuo original se oxida a compuestos de bajo contenido energético como el NO_3^- , el SO_4^{2-} o el CO_2 , y el resto se sintetiza en forma de materia celular (Pirra, 2005; Mesquita, 2006). Las bacterias que intervienen en el proceso de lodos activos incluyen los géneros *Pseudomonas*, *Zooglea*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Bdellovibrio*, *Mycobacterium* y las dos bacterias nitrificantes más comunes *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* (Metcalf y Eddy, 2002).

En relación a los procesos físicoquímicos, la coagulación-floculación-decantación (CFD) surge como uno de los tratamientos más utilizados en campo del tratamiento de las aguas (Rodríguez-Chueca *et al.*, 2013; Amor, 2011). El principal objetivo de dicho tratamiento reside en la eliminación de materia particulada mediante el proceso de precipitación química. La pequeña dimensión de las partículas coloidales presentes en el agua, así como la existencia de cargas negativas repartidas en su superficie, dan lugar a una gran estabilidad de las suspensiones coloidales por lo que para poder eliminarlos es necesario su desestabilización me-

Tabla 1. Metodología utilizada en la caracterización fisicoquímica de los efluentes.

Parámetro	Método	Referencia
pH (T)	SM 4500-H ⁺ -B	Standard Methods
Conductividad	7888:1985	ISO
Turbidez	7027:1999	ISO
Sólidos en suspensión totales	SM 2540-D	Standard Methods
DQO	410.4	EPA
DBO ₅	5210 B	Standard Methods
Polifenoles totales	Folin-Ciocalteu	Singleton y Rossi, 1965
Análisis catiónico	D6919-09	ASTM International Standards

dante la adición de coagulantes. Los coagulantes consiguen neutralizar las cargas eléctricas de las partículas coloidales. Una vez descargadas, en la etapa de floculación, las partículas se agrupan generando partículas de mayor tamaño también llamadas flóculos. La separación sólido-líquido, de los flóculos formados y del agua, puede hacerse por filtración, por decantación o flotación, seguidas o no de filtración.

Los principales objetivos de este trabajo son la completa caracterización fisicoquímica de los efluentes de una empresa conservera de champiñones, y el planteamiento de soluciones de tratamiento de los mismos que sean eficaces y fácilmente aplicables por la empresa en cuestión.

2. Materiales y métodos

2.1. Muestras

Las muestras objeto de estudio proceden de una empresa conservera de champiñones localizada en Portugal. En términos generales, el proceso productivo utiliza entre 3,5 y 6,0 m³ de agua por tonelada de producto. Tras el lavado de los champiñones, estos se introducen en una solución de bisulfito de sodio

(NaHSO₃ 0,5-1%) entre 1 y 2 minutos con el objetivo de evitar el oscurecimiento del champiñón (MIGA, 2006). A continuación se procede a realizar la fase de cocimiento que tiene lugar por inmersión en agua en ebullición durante 4 a 5 minutos. Los champiñones cocidos son escurridos y colocados en su embalaje final (latas metálicas de diferente calibre) junto con el líquido de relleno. Este líquido está constituido por agua pura a 90°C junto con un pequeño porcentaje de sal (3%) y ácido ascórbico para conservar las propiedades organolépticas del producto (MIGA, 2006).

Los muestreos se realizaron durante el segundo semestre del año 2014. Se establecieron cuatro puntos de muestreo, correspondientes a los efluentes generados en las etapas de lavado y calibración, preparación de los champiñones, lavado de las latas de envase y, finalmente, el punto donde se mezclan los tres efluentes mencionados.

2.2. Caracterización fisicoquímica

Para la caracterización de los efluentes objeto de estudio se analizaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH, conductividad, potencial

rédox, sólidos en suspensión totales, turbidez, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), polifenoles totales y análisis catiónico. La **Tabla 1** muestra la metodología utilizada para la realización de la caracterización fisicoquímica.

2.3. Reactivos

Se estudiaron diferentes coagulantes inorgánicos convencionales en el presente trabajo: hidróxido de calcio (Scharlau; Ca(OH)₂), sulfato de aluminio (Scharlau; Al₂(SO₄)₃·14H₂O), sulfato ferroso (Panreac; FeSO₄·7H₂O); cloruro férrico (Riedel-Haën; FeCl₃·6H₂O) y policloruro de aluminio (Kemira Ibérica; PAX XL 10). Las soluciones de coagulante se prepararon diariamente con el fin de evitar el envejecimiento y así mejorar la reproducibilidad de los resultados. El pH de los efluentes estudiados se ajustó utilizando disoluciones 1 M de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio (Panreac). Todos los experimentos se realizaron a temperatura ambiente.

2.4. Procedimiento experimental

2.4.1. Tratamiento biológico aerobio

Los experimentos de biodegradación aeróbica se realizaron en dos reactores biológicos aeróbicos cilíndricos de 4 L y de tipo *batch* a temperatura ambiente. Estos reactores fueron constantemente agitados y aireados mediante un difusor de burbujas de aire. Los lodos activos utilizados como inóculo se obtuvieron del tratamiento secundario biológico aerobio de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) municipal. Previo a su utilización, dichos lodos activos se sometieron a un proceso de aclimatación durante un periodo de 24-48 h. Los biorreactores se cargaron


Tabla 2. Caracterización fisicoquímica efluentes industria conservera de champiñones.

Parámetro	Muestra		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
pH	5,4	4,4	6,4
Potencial rédox (v)	100	162	45
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	317	8.750	1.960
Turbidez (NTU)	145	170	23
Sólidos en suspensión (mg/L)	230	242	51
DQO (mgO_2/L)	516	9.623	364
DBO ₅ (mgO_2/L)	340	5.250	220
Índice biodegradabilidad (DBO ₅ /DQO)	0,66	0,54	0,60
Polifenoles totales (mg ácido gálico/L)	7,2	220	6

inicialmente con el efluente objeto de estudio (3L) y el inóculo de lodos activos (1L). Los experimentos se realizaron con un tiempo de retención hidráulico (HRT) de 48 h y aireados durante 18 h/día. Durante los tratamientos se establecieron diferentes tiempos de muestreo y se analizó la evolución de parámetros como DQO, sólidos en suspensión y turbidez.

2.4.2. Tratamientos de coagulación-floculación

Los estudios de coagulación-floculación se realizaron en un equipo *jar-test* (Isco JF-4, Milán, Italia), equipado con cuatro posiciones de agitación para recipientes de 1 L. Cada uno de los ensayos se realizó con 250 mL de efluente. Tras el ajuste del pH, se adicionó la cantidad de coagulante deseada. La mezcla se agitó durante 3 minutos a 150 rpm en la etapa de coagulación. El objetivo de esta etapa es desestabilizar la suspensión coloidal. Seguidamente, en la etapa de floculación la agitación se realiza durante 20 minutos a 20 rpm con el objetivo de conseguir la agrupación de las partículas en flóculos de mayor tamaño que sean

fácilmente sedimentables. La última etapa, la de sedimentación, requiere de 60 minutos para conseguir una total precipitación de los flóculos. El sobrenadante del efluente tratado es retirado, analizándose los parámetros turbidez, y DQO.

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización fisicoquímica

La **Tabla 2** resume las características fisicoquímicas de los efluentes recogidos en tres puntos intermedios del proceso de producción de la conserva de champiñones. En ella se observa la gran variabilidad de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en la caracterización. Esta variabilidad se debe a los diferentes puntos de recogida de muestra escogidos dentro de la planta de producción.

Por ejemplo, por un lado, se observan valores bajos de potencial rédox en la muestra 3, debido a que dicho efluente procede del tanque de lavado de latas, existiendo restos de líquido de relleno con conservantes y sulfitos, los cuales reducen el valor de dicho potencial. Por otro la-

do, los valores de turbidez y sólidos en suspensión son superiores en las muestras 1 y 2, puntos en los que se lavan y se preparan los champiñones respectivamente y, por lo tanto, es lógico esta elevada cantidad de materia particulada en el efluente. Sin embargo, se observa cómo el efluente procedente del lavado de latas (muestra 3) tiene unos valores muy inferiores en términos de sólidos en suspensión y turbidez. En lo que respecta a los valores de DQO, se observa cómo la mayor carga orgánica se encuentra en el efluente 2 con valores alrededor de 10.000 mgO_2/L , mientras que en los efluentes 1 y 3, este valor es inferior a 1.000 mgO_2/L .

En lo que se refiere al índice de biodegradabilidad, parámetro que establece si un efluente es tratado por métodos químicos o biológicos, se observa cómo las muestras 1 y 3 tienen valores de 0,66 y 0,60 respectivamente. Un índice de biodegradabilidad superior a 0,4 indica que el efluente puede ser considerado como biodegradable (Pulgarín *et al.*, 1999; Esplugas *et al.*, 2004; Metcalf y Eddy, 2002). Por lo tanto, el me-

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica efluentes industria conservera de champiñones.

Parámetro	Muestra
pH	4,4
Potencial rédox (v)	160
Conductividad (µS/cm)	2.480
Turbidez (NTU)	145
Sólidos en suspensión (mg/L)	197
DQO (mgO ₂ /L)	5.900
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	2.500
Índice biodegradabilidad (DBO ₅ /DQO)	0,42
Polifenoles totales (mg ácido gálico/L)	96
Calcio (mg Ca ²⁺ /L)	51
Hierro (mg Fe ²⁺ /L)	341
Magnesio (mg Mg ²⁺ /L)	24
Potasio (mg K ⁺ /L)	182
Sodio (mg Na ⁺ /L)	8.929
Aluminio (mg Al ³⁺ /L)	30
Manganeso (mg Mn ²⁺ /L)	0,26

Por tratamiento aplicable a dichos efluentes sería un tratamiento biológico aerobio. La muestra 2 también presenta un índice de biodegradabilidad superior a 0,4, aunque más cercano al valor límite establecido, en concreto de 0,54.

Además de la caracterización de efluentes intermedios del proceso de producción, se realizó la caracterización fisicoquímica del efluente bruto de la empresa, y cuyo destino final es la EDAR municipal. La **Tabla 3** muestra los resultados de dicha caracterización. Como se puede observar en la tabla, el efluente bruto presenta valores ligeramente inferiores, debido a la dilución con las muestras 1 y 3, a los encontrados en la muestra 2, procedentes de la etapa principal generadora de efluente residual. Entre los valores presentados en la tabla, cabe destacar el alto contenido en sodio (9 g/L aproximadamente), debido fundamentalmen-

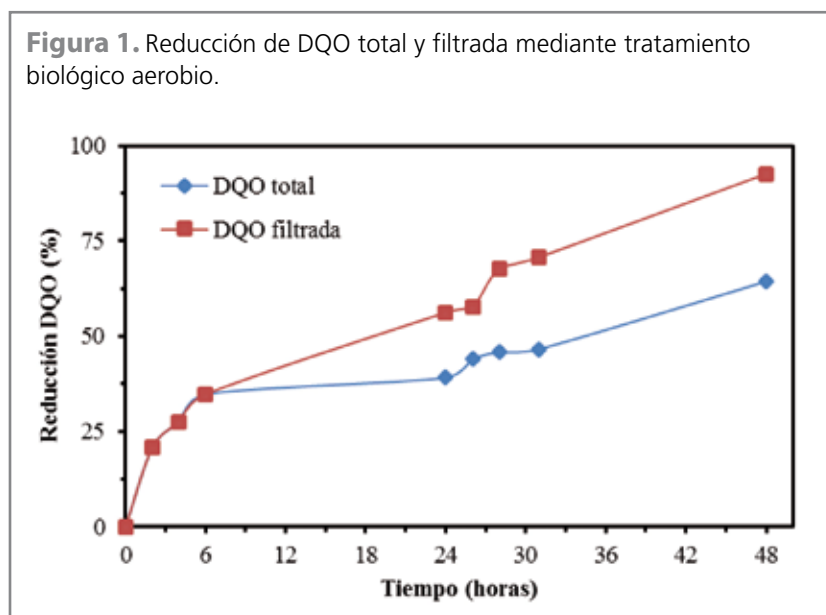
te a las altas cantidades de bisulfito de sodio utilizadas para conservar el producto. Además, el efluente tiene un índice de biodegradabilidad de 0,42, lo que permite realizar un tratamiento biológico aerobio al efluente bruto.

3.2. Tratamiento biológico

El efluente bruto fue sometido a un tratamiento biológico aerobio por lodos activos. La **Figura 1** muestra los resultados de reducción de DQO, total y filtrada, a lo largo de las 48 h de tratamiento. Se observa una rápida degradación de materia orgánica en durante las primeras seis horas de tratamiento, alcanzando una eliminación de 35% tanto de la DQO total como filtrada.

A partir de este punto y hasta alcanzar las 24 h de tratamiento, la velocidad de degradación disminuye ligeramente para la eliminación de materia orgánica soluble (DQO filtrada), alcanzando un valor de reducción de 56%. Sin embargo, este valor casi se estabiliza en términos de materia orgánica total (DQO total), obteniéndose un valor de 39%.

Finalmente, y durante las últimas 24 h de tratamiento, se consigue una reducción de 93 y 64% de DQO filtrada y total respectivamente. Las diferencias observadas entre DQO total y filtrada entran dentro de lo esperado, retirando sólidos suspendidos que contribuyen a la carga orgánica total. Para concluir, en términos de concentración final de DQO,





el efluente tratado tiene un valor de DQO total de 400 mgO₂/L. Este valor, según la legislación Portuguesa en materia de aguas (Decreto Ley 236/1998), permitiría la descarga del efluente a una EDAR municipal para terminar de completar el tratamiento del efluente. Sin embargo, es todavía insuficiente para descargar al dominio público hidráulico si se tienen en consideración tanto la legislación portuguesa como la europea.

En relación a la evolución de otros parámetros fisicoquímicos, se observa cómo la cantidad de sólidos suspendidos y turbidez aumenta respecto al efluente inicial. Esto se debe al contacto directo entre el efluente y los lodos activos. Sin embargo, la introducción de un proceso de coagulación-floculación permite la reducción de ambos parámetros por encima del 95%.

3.3. Tratamientos coagulación-floculación-decantación

La **Figura 2** presenta los resultados obtenidos en la degradación de la materia orgánica presente en el efluente objeto de estudio, mediante procesos de coagulación-floculación-decantación.

En una primera etapa, en la que se evalúa la influencia del pH de trabajo de cada uno de los coagulantes inorgánicos, se puede observar que en ninguno de los casos se consiguen reducciones significativas respecto a los valores obtenidos en el proceso biológico aerobio. En la **Figura 2** se observa cómo la aplicación de los coagulantes sulfato de aluminio (pH = 7) y cloruro férrico (pH = 8) destacan entre el resto de coagulantes aplicados en términos de reducción de DQO. De este modo, la aplicación de 1 g/L de los coagulantes mencionados en el pH de trabajo óptimo consigue valores de eliminación de

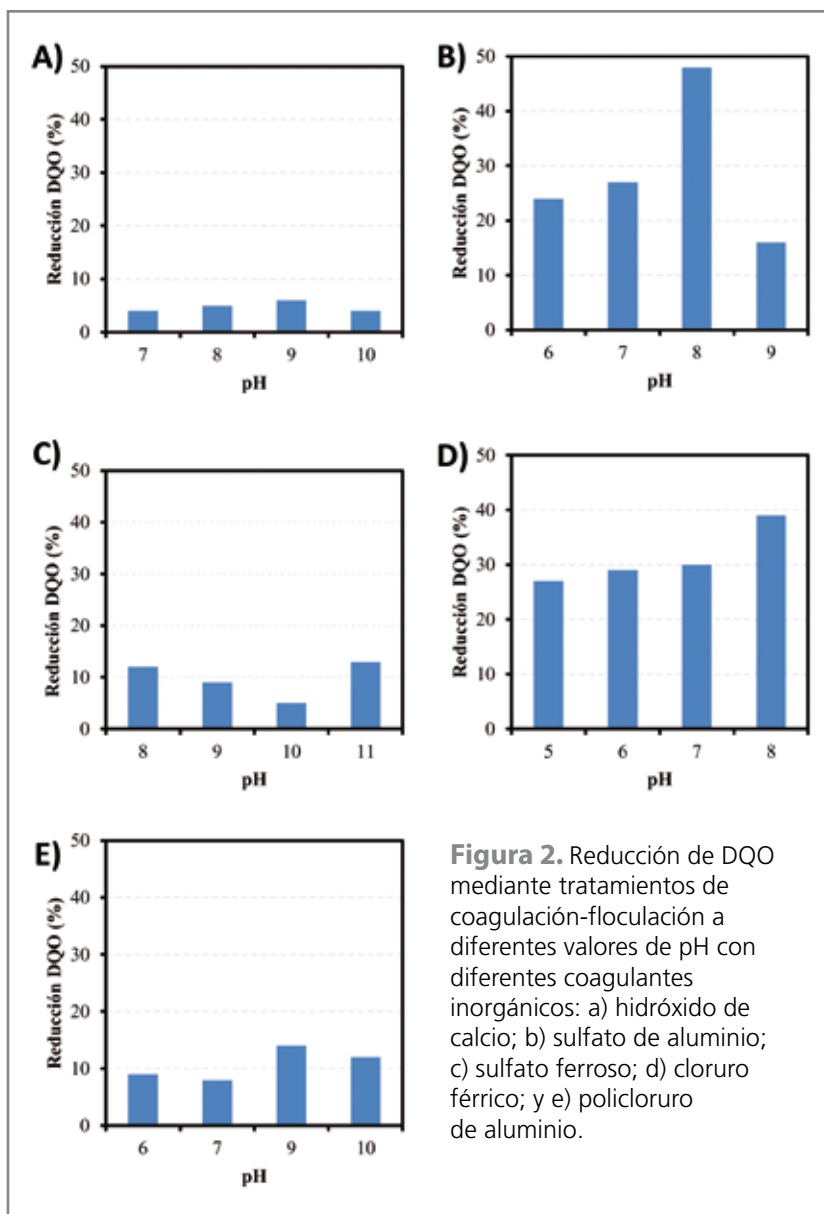


Figura 2. Reducción de DQO mediante tratamientos de coagulación-floculación a diferentes valores de pH con diferentes coagulantes inorgánicos: a) hidróxido de calcio; b) sulfato de aluminio; c) sulfato ferroso; d) cloruro férrico; y e) policloruro de aluminio.

materia orgánica de 48 y 39% respectivamente (**Figuras 2b** y **2d** respectivamente).

Con el objetivo de alcanzar mayores valores de reducción de DQO, se seleccionan aquellos coagulantes (sulfato de aluminio y cloruro férrico) que obtuvieron mejores resultados en el procesos de optimización del pH de trabajo, evaluando la influencia del aumento de concentración de coagulante. La **Figura 3** muestra los resultados obtenidos en términos de reducción de DQO para el estudio del aumento de concentración de coagulante a pH 8. En ella

se observa cómo un aumento de la concentración de coagulante no solo no consigue mejorar el rendimiento del tratamiento, sino que acaba perdiendo eficiencia en el caso de los dos coagulantes. No se puede observar una mayor reducción de la DQO a través del aumento de la dosis de coagulante a 2,5 g/L.

Este comportamiento puede explicarse por la teoría de la neutralización de la carga. En el momento de la adición de los coagulantes a los efluentes, los cationes y sus productos hidrolizados interactúan con los coloides negativos y neu-

Figura 3. Reducción de DQO mediante la optimización de tratamientos de coagulación-floculación de los mejores coagulantes inorgánicos: sulfato de aluminio (SA) y cloruro férrico (CF).

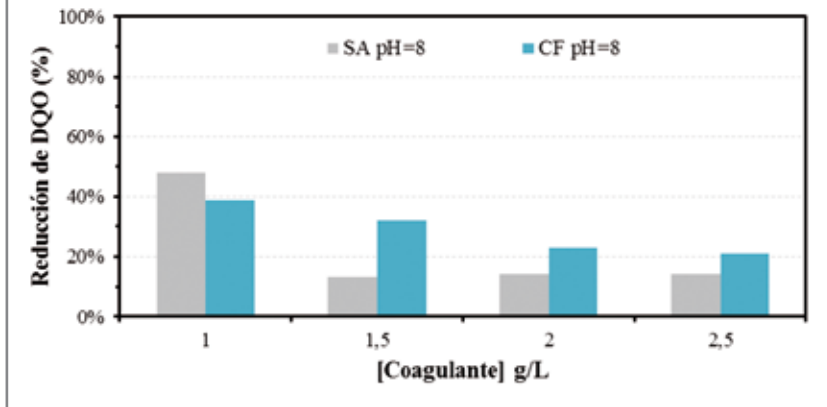
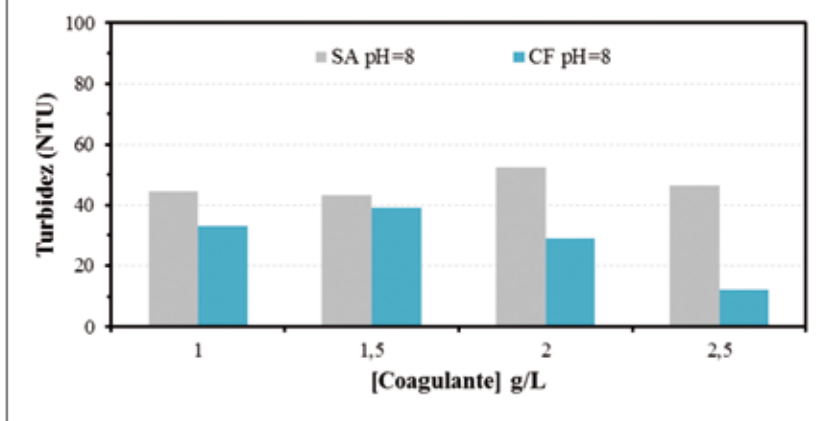


Figura 4. Reducción de la turbidez mediante la optimización de los tratamientos de coagulación-floculación con sulfato de aluminio (SA) y cloruro férrico (CF) (turbidez inicial = 148 NTU).



tralizan sus cargas que promueven la desestabilización de los coloides. Una dosis excesiva de coagulante provoca que los coloides puedan absorber los cationes y estos quedar cargados positivamente, por lo tanto, volviendo a un estado de estabilidad como resultado de la repulsión eléctrica, disminuyendo la capacidad de reducción de la materia orgánica (Amor *et al.*, 2015). Por consiguiente, la aplicación de 1 g/L tanto de sulfato de aluminio como de cloruro férrico se presenta como la mejor dosis para reducir la carga orgánica del efluente, alcanzando

valores de reducción de 48 y 39% respectivamente.

Finalmente, la **Figura 4** muestra la evolución del parámetro turbidez tras la aplicación de sulfato de aluminio y cloruro férrico a pH 8 con diferentes dosis (1-2,5 g/L) en tratamientos de coagulación-floculación. Se puede observar en esa figura cómo un aumento de la concentración de cloruro férrico se traduce en un aumento en la reducción de la turbidez del efluente. De este modo, una concentración de 2,5 g/L de cloruro férrico consigue reducir un 92% la turbidez, alcanzando un valor de 12

NTU. Sin embargo, este efecto no se observa en la aplicación de sulfato de aluminio. La máxima reducción de turbidez alcanzada con este coagulante se consigue mediante la aplicación de una concentración de 1,5 g/L, consiguiendo una reducción cercana al 71%.

4. Conclusiones

Este trabajo presenta una solución eficiente para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales, en concreto para aquellas procedentes de la producción de conservas de champiñones.

Tras una completa caracterización fisicoquímica, se verifica que el efluente objeto de estudio es biológicamente biodegradable ($DBO_5/DQO = 0,42$). De este modo, se selecciona un tratamiento biológico aerobio como tratamiento más eficiente desde el punto de vista práctico y económico. Tras la aplicación de dicho tratamiento se consiguió alcanzar una degradación de DQO_f del 93%.

Así mismo, tras la aplicación de varios coagulantes en procesos de coagulación-floculación-decantación, ninguno de ellos consigue alcanzar valores de eliminación de DQO similares a los alcanzados mediante el tratamiento biológico. Sin embargo, la eliminación de sólidos en suspensión y turbidez fue superior al 48% utilizando 1 g/L de $Al_2(SO_4)_3$ a pH 8.


5. Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a la Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) y a los fondos FEDER por la financiación recibida por el CQVR a través de PEst-C/QUI/UI0616/2014 y Project INNOFOOD - INNOvation in the FOOD sector through the valorization of food and agro-food by-products - NORTE-07-0124-FEDER-0000029.



Según el estudio, el tratamiento biológico aerobio es el más eficiente para depurar las aguas residuales procedentes de la producción de conservas de champiñones, tanto desde el punto de vista práctico como económico

Bibliografía

- [1] Amor, C.; Lucas, M.S.; Pirra, A.J.; Peres, J.A. (2012). Treatment of concentrated fruit juice wastewater by the combination of biological and chemical processes. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, núm. 47(12), págs. 1.809-1.817
- [2] Durán, A.; Monteagudo, J.M.; Carnicer, A. (2011). Photo-Fenton mineralization of synthetic apple-juice wastewater. *Chemical Engineering Journal*, núm. 168(1), págs. 102-107.
- [3] Decreto-Lei 236/1998, de 1 de Agosto de 1998. *Diário da República* nº 176, 3676.
- [4] Multilateral Investment Guarantee Agency (MIGA). (2006). *World Bank Group. Environmental guidelines for fruit and vegetable processing.*
- [5] Economopoulos, A.P. (1993). Assessment of sources of air, water and land pollution. Part one: Rapid inventory techniques in environmental pollution. *World Health Organization, Ginebra.*
- [6] Development Commissioner Ministry of Micro, Small & Medium Enterprise (DCMSME) (2002). *Canned mushrooms (export oriented), India.*
- [7] Gea, F.J.; Tello, J. (1997). *Micosis del cultivo del champiñón.* AMV Ediciones.
- [8] Gomes, C.A.; Silva, F.T. (2000). *Recomendações técnicas para o processamento de conservas de cogumelos comestíveis.* Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos.
- [9] McCarty, T.P.; Boone, P.; Greenfield, S.; Coleman, J. (2010). *Mushrooms. Industry & trade summary.* United States International Trade Commission. Publication ITS-07.
- [10] Pirra, A. (2005). *Caracterização e tratamento de efluentes vinícolas da Região Demarcada do Douro.* Tese de Doutoramento. UTAD, Vila Real.
- [11] Mesquita, D. (2006). *Monitorização e análise de imagem de um reactor descontinuo sequencial de lamas activadas.* Tese de Mestrado. UM, Braga.
- [12] Metcalf & Eddy (2002). *Wastewater engineering treatment and reuse.* McGraw-Hill, Inc., Nueva York.
- [13] Rodríguez-Chueca, J.; Morales, M.; Mosteo, R.; Ormad, M.P.; Ovelleiro, J.L. (2013). Inactivation of *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* present in treated urban wastewater by coagulation-flocculation and photo-Fenton processes. *Photochemical and Photobiological Sciences*, núm. 12, págs. 864-871.
- [14] Amor, C. (2011). *Tratamento de efluentes da indústria de concentrados de sumos de fruta: aplicação de processos biológicos e químicos.* Tese de mestrado. UTAD, Vila Real.
- [15] Pulgarin, C.; Invernizzi, M.; Parra, S.; Sarria, V.; Polania, R.; Péringer, P. (1999). Strategy for the coupling of photochemical and biological flow reactors useful in mineralization of biorecalcitrant industrial pollutants. *Catalysis Today*, núm. 54, págs. 341-352.
- [16] Esplugas, S.; Contreras, S.; Ollis, D.F. (2004). Engineering aspects of the integration of chemical and biological oxidation: simple mechanistic models for the oxidation treatment. *Journal of Environmental Engineering*, núm. 130(9), págs. 967-974.
- [17] Amor, C.; De Torres-Socias, E.; Peres, J.A.; Maldonado, M.I.; Oller, I.; Malato, S.; Lucas, M.S. (2015). Mature landfill leachate treatment by coagulation/flocculation combined with Fenton and solar photo-Fenton processes. *Journal of Hazardous Materials*, núm. 286, págs. 261-268.
- [18] Eaton, A.D.; Clesceri, L.S.; Rice, E.W.; Greenberg, A.E.; Franson, M.A.H. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater.* APA-AWWA-WEF, 21st edition.
- [19] Singleton, V.L.; Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, núm. 16, págs. 144-158. 

CONSULTE MÁS
ARTÍCULOS TÉCNICOS EN :

WWW.TECNOAQUA.ES