

ESTRATEGIAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE UNA INDUSTRIA DE ACEITUNAS DE MESA

Aldana Sánchez, Juan Carlos

Este estudio se enmarca en la línea de investigación de tratamiento de aguas dentro del Área de Ingeniería Química de la Universidad de Extremadura. A su vez, forma parte de mi Trabajo de Fin de Máster, realizado bajo la tutela de mis actuales directores de tesis, los Dres. Juan Luis Acero Díaz y Pedro M. Álvarez Peña.

1. Introducción

La producción de aceitunas de mesa es una de las principales actividades agrícolas que se llevan a cabo en el área del Mar Mediterráneo (Kiril Mert, Yonar, Yalili Kiliç y Kestioglu, 2010), produciéndose anualmente cerca de 3 millones de toneladas de aceitunas de mesa en todo el mundo (International Olive Council, 2018).

Las aguas residuales generadas a lo largo del proceso de producción de aceitunas de mesa constituyen un problema medioambiental de gran importancia debido a sus elevados niveles de contaminantes (en especial compuestos polifenólicos) (Ayed, Asses, Chammem, Ben Othman y Hamdi, 2017). Habitualmente, estas aguas son enviadas a balsas de estabilización, suponiendo un foco de alta contaminación para las aguas superficiales y los acuíferos (Tezcan Ün, Uğur, Koparal y Bakır Öğütveren, 2006).

Existen distintos trabajos que afrontan el tratamiento más intensivo de estas aguas por diversos métodos, aunque algunos han mostrado dificultades debido a la presencia de los polifenoles, los cuales presentan una escasa biodegradabilidad y alta toxicidad para los microorganismos (Della Monica, Agostiano, Potenz, Righetti y Volpicella, 1980). Además, la elevada carga orgánica y la variabilidad de características suponen otros problemas a la hora de tratar este tipo de aguas residuales industriales (Kiril Mert *et al.*, 2010).

2. Resultados experimentales

2.1. Caracterización del agua residual

En la Tabla 1 se muestran las características principales medias del agua residual utilizada en este trabajo.

Tabla 1. Características del agua residual.

Parámetro	Valor
pH	6,33
Conductividad eléctrica (mS/cm)	11,5
Demanda química de oxígeno (DQO) (g/L)	10,6
DBO ₅ /DQO	0,65
Polifenoles totales (mg/L)	329,9

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Tratamientos aplicados

Entre los diferentes procesos seleccionados para su estudio, se encuentra el tratamiento de coagulación-floculación, el proceso de Fenton, la biodegradación aerobia, la fotocatalisis solar y, por último, procesos de filtración con membranas.

El tratamiento de coagulación-floculación se utiliza de forma habitual en distintas plantas de tratamiento de aguas para reducir sólidos en suspensión y materia orgánica. Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que la efectividad del proceso aumentaba al aumentar la dosis del coagulante (sulfato de aluminio o cloruro de hierro (III)), alcanzando eliminaciones de DQO cercanas al 20% al utilizar una dosis de 1 g/L a pH 6-6,5. En cualquier caso, la coagulación-floculación provocaba un aumento en la conductividad eléctrica del efluente como consecuencia del empleo de electrolitos como agentes de coagulación y floculación.

El tratamiento de oxidación química mediante el reactivo de Fenton forma parte de los llamados procesos avanzados de oxidación. Este tratamiento genera radicales hidroxilo a través de la descomposición de peróxido de hidrógeno en presencia de una sal ferrosa que actúa como catalizador. Mediante este proceso se consiguieron obtener eliminaciones de DQO relativamente elevadas (60%) y eliminaciones de polifenoles totales de hasta el 85%. Sin embargo, para ello fue necesario utilizar dosis de peróxido de hidrógeno muy elevadas (0,25 mol/L) con una relación molar H₂O₂/Fe(II) igual a 10. Al igual que ocurría en la coagulación-floculación, el uso de sales de hierro y agentes de ajuste del pH provocaba un aumento de la conductividad del efluente.

Otro de los tratamientos aplicados fue el de biodegradación aerobia, mediante el cual se pretendía eliminar la materia orgánica biodegradable. Para ello fue necesario acondicionar los lodos activos procedentes de una depuradora de aguas residuales urbanas a condiciones de alta salinidad y presencia de polifenoles. De

esta forma, mediante diluciones con un agua residual sintética, fue posible adaptar el inóculo a un medio con una conductividad eléctrica máxima de 5 mS/cm, lo cual suponía mantener una concentración del agua residual industrial entre un 30-40%. En estas condiciones se logró una operación estable de un biorreactor discontinuo secuencial con reducción de DQO de entre 20-38%. Sin embargo, la eliminación de polifenoles fue muy baja, de aproximadamente un 5%.

El tratamiento de fotocátalisis solar trata de generar especies oxidantes al exponer un catalizador (generalmente un semiconductor) a la luz solar en presencia de oxígeno. Las ventajas fundamentales del proceso son la no adición de sales que incrementen la conductividad del agua, y ser un procedimiento relativamente económico al poder reutilizar el catalizador. En este caso, el catalizador utilizado fue dióxido de titanio (TiO_2), en dosis de 1 g/L. Pese a que la aplicación directa del proceso al agua residual aportó una eliminación de materia orgánica pobre, su uso en agua residual diluida (con DQO inicial de 2,5 g/L) resultó en una mayor eficacia. En cualquier caso, la eliminación de DQO tras 10 horas en un simulador solar fue de aproximadamente un 20%, mientras que la eliminación de polifenoles alcanzó un valor de un 70%.

El último tratamiento aplicado fue el de filtración con membranas, mediante el cual se pretende separar el agua en dos efluentes: uno depurado (llamado permeado) y otro concentrado con los contaminantes (retenido). Este se llevó a cabo con membranas comerciales de microfiltración (MF), ultrafiltración (UF), nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (RO) en un equipo trabajando en modo concentración. A diferencia de los tratamientos anteriores, algunos procesos de membrana (NF y RO) arrojaron muy buenos resultados en términos de depuración del agua residual. Mediante la membrana de RO fue posible obtener un permeado con una reducción de DQO, polifenoles y conductividad superior al 90%, mientras que mediante la de NF fue posible retirar un 80% de la materia orgánica y polifenoles y hasta un 60% de la conductividad. Por su parte las membranas de UF permitieron obtener buenas retenciones de polifenoles (hasta el 60%) mientras que las de MF consiguieron separar fundamentalmente los sólidos en suspensión.

3. Conclusiones

Dadas las características fisicoquímicas de las aguas residuales utilizadas, el tratamiento de coagulación-floculación dio como resultado bajas eliminaciones de DQO, siendo más apropiado para eliminar sólidos y polifenoles. Por su parte, el tratamiento de oxidación química mediante el reactivo de Fenton permitió eliminar la DQO de forma moderada, aunque sobre todo fue muy eficaz en cuanto a la eliminación de los

compuestos fenólicos. Sin embargo, tanto el tratamiento de coagulación-floculación como el proceso de Fenton presentaron el inconveniente del aumento de la conductividad eléctrica que producían los reactivos utilizados.

La biodegradación aerobia mediante lodos activos resultó un buen tratamiento para reducir moderadamente la DQO del agua residual. Sin embargo, debido a la presencia de polifenoles y la elevada salinidad del agua residual, este tratamiento solo sería posible con aguas con una conductividad de partida inferior a 5 mS/cm.

El tratamiento de oxidación fotocatalítica con óxido de titanio y luz solar no permitió eliminar materia orgánica en el agua residual de manera directa, probablemente debido a la turbidez y la coloración de dichas aguas, lo que reduciría en gran medida el rendimiento del proceso.

Los tratamientos con filtración mediante membranas dieron buenos resultados, en general, en cuanto al rechazo de materia orgánica y salinidad, fundamentalmente mediante membranas de NF y RO. Mediante estas sería posible obtener unos efluentes en condiciones adecuadas para su vertido o reutilización, aunque en el caso de las membranas de NF sería necesaria la aplicación de un proceso posterior para conseguir tratar el agua por completo.

REFERENCIAS

- Ayed, L., Asses, N., Chammem, N., Ben Othman, N. y Hamdi, M. (2017). Advanced oxidation process and biological treatments for table olive processing wastewaters: constraints and a novel approach to integrated recycling process: a review. *Biodegradation*, 28(2-3), 125-138. doi: 10.1007/s10532-017-9782-0
- Della Monica, M., Agostiano, A., Potenz, D., Righetti, E. y Volpicella, M. (1980). Degradation treatment of waste water from olive processing. *Water, Air, and Soil Pollution*, 13(2), 251-256. doi: 10.1007/BF02279552
- International Olive Council (IOC). (2018). Statistic of table olive's world production. Recuperado 2 de octubre de 2019, a partir de <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/132-world-table-olive-figures>
- Kiril Mert, B., Yonar, T., Yalili Kiliç, M. y Kestioglu, K. (2010). Pre-treatment studies on olive oil mill effluent using physicochemical, Fenton and Fenton-like oxidations processes. *Journal of Hazardous Materials*, 174(1-3), 122-128. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.09.025
- Tezcan Ün, Ü., Uğur, S., Koparal, A. S. y Bakır Ögütveren, Ü. (2006). Electrocoagulation of olive mill wastewaters. *Separation and Purification Technology*, 52(1), 136-141. doi: 10.1016/j.seppur.2006.03.029

APUNTES BIOGRÁFICOS

Juan Carlos Aldana Sánchez (Mérida, 23 de enero de 1995) es Graduado en Ingeniería Química Industrial, con mención en Ingeniería Energética, por la Universidad de Extremadura (UEX). Posteriormente, ha realizado el Máster Universitario en Formación del Profesorado de Educación Secundaria y el Máster Universitario en Investigación en Ciencias en la misma universidad, con el cual se inició en el mundo de la investigación. Actualmente, trabaja como investigador en el Área de Ingeniería Química de la UEX, donde realiza además los estudios de Doctorado.

Contacto: **aldana@unex.es**