

Caracterización de una celda de combustible microbiana (CCM) para el tratamiento de aguas contaminadas con medicamentos

Characterization of a microbial fuel cell (MFC) for the treatment of water contaminated with drugs

Eduardo Arturo Enciso Hernández¹, Veronica Ávila Vázquez², Sergio Miguel Durón Torres^{1*}.

¹ Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Campus Universitario Siglo XXI, Edificio 6, Carr. Zacatecas-Guadalajara Km 6, Ejido la Escondida C.P. 98160, Zacatecas, Zac. México, marturo.enci001@gmail.com.

² Instituto Politécnico Nacional -Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas, Blvd. El Bote 202 Cerro del Gato, Ejido La Escondida, Col. Cd Administrativa C.P. 98160, Zacatecas. México, vav_tabá@hotmail.com.

³ Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Campus Universitario Siglo XXI, Edificio 6, Carr. Zacatecas-Guadalajara Km 6, Ejido la Escondida C.P. 98160, Zacatecas, Zac. México, serduro@yahoo.com.

Palabras clave: Celdas de combustible, generación de energías, medicamentos, tratamiento de aguas.

Key words: Fuel cells, water treatment, drugs, energy generation.

INTRODUCCIÓN

Los ingredientes activos así como los excipientes usados en los medicamentos abarcan una amplia variedad de productos químicos sintéticos fabricados por empresas farmacéuticas a un ritmo de más de 100.000 toneladas anuales, los cuales terminan llegando a los cuerpos de agua, ya sea por una mala gestión, una mala gestión o un mal funcionamiento en las plantas de tratamientos de agua.

Como una tecnología emergente y con gran potencial en el área del tratamiento de residuos y la producción de energía, las celdas de combustible microbianas (CCM) son un dispositivos bioelectroquímicos que permiten convertir la energía química de los sustratos en energía eléctrica, contando una gran gama de compuestos que se pueden utilizar como sustratos las CCM son una opción que permitirían degradar compuestos farmacéuticos mientras utilizan como principal fuente de carbono los excipientes en que estos se encuentran, obteniendo al mismo tiempo una ganancia energética en forma de electricidad (Scott, K. & Yu, E. 2015, Logan, B. 2008).

METODOLOGÍA

Construcción de la celda

Las celdas se construyeron usando un cilindro de acrílico de 5 cm de diámetro con un largo de 10.2 cm, alcanzando un volumen de 200 ml, sellando un lado con una placa de acrílico, en el otro extremo de la celda se colocó la unión de la membrana de intercambio protónico (

Nafion[®]) y el cátodo tela de carbono con 0.5 mg de platino por cm⁻² (con un diámetro de 5 cm), finalmente se colocaron 3 ánodos de fieltro de grafito (Zhao, Y y col 2018).

Medicamentos a tratar.

Los excipientes de medicamentos que se trataron fueron de formulaciones genéricas de Pantoprazol (capsulas de 40mg) Loratadina (capsula de 10mg), también se trató Ibuprofeno puro (Sigma Aldrich analytical standard, $\geq 98\%$ (GC)). Las capsulas se trituraron en un mortero y se almacenaron.

Operación de la celda

Las celdas operaron con una solución nutritiva, búfer de fosfatos (8.6 g de KH₂PO₄, 1.2g NaOH, disueltos en un litro de agua desionizada) (Karthikeyan, R., y col 2009) en dos de las celdas se disolvió 1 gL⁻¹ del bulk de los medicamentos a tratar (Loratadina, Pantoprazol) y en una tercer celda se operó con una concentración de 50ppm de ibuprofeno, posteriormente se inoculó la celda con 10 gL⁻¹ de suelo común, la celda operó a temperatura ambiente un pH de 7.

RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

Caracterización de la celda

Se monitoreo el desempeño de las celdas mediante el registro de los voltajes a circuito abierto de las celdas, cuando las celdas alcanzaron el estado estacionario se caracterizaron mediante un Voltamperometría lineal de barrido, desde el voltaje a circuito abierto a 50 mV con una velocidad de barrido de 1mVs⁻¹, posteriormente se realizó un espectro de impedancia electroquímica, de 10⁶ Hz a 10⁻¹ Hz, con una amplitud de onda de 10 mV, finalmente se realizó una cronoamperometría para evaluar la estabilidad de la celda a través del tiempo, estableciendo un voltaje en el cual se alcance la P_{max} en cada celda, durante 18000s

La Figura 1 muestra el registro de voltajes de los dos ciclos de tratamiento, donde se puede apreciar como en caso del Ibuprofeno el E_{max}, se incrementan de 330 mV a 505 mV en comparación con el primer ciclo de tratamiento mostrando una importante evolución en el rendimiento de la celda, en comparación se puede observar una pequeña reducción en el E_{max} de Pantoprazol de 750 mV a 705 mV, mientras que E_{max} de la Loratadina se mantiene en los 700 mV, en ambos casos los tiempos de degradación se mantienen iguales.

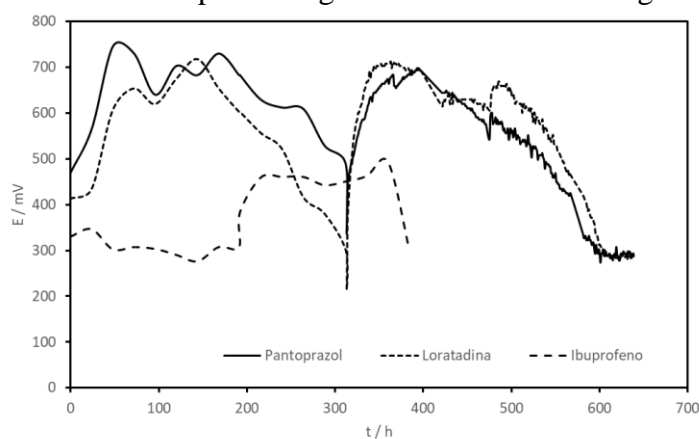


Figura 1. Voltaje a circuito abierto de CCM para la degradación de Ibuprofeno, Loratadina y Pantoprazol.

La Figura 2, muestra las curvas de polarización de las celdas que operaron con Loratadina y Pantoprazol e Ibuprofeno respectivamente. Se puede observar como a pesar que la celda con Loratadina empieza a registrar producción de corriente 410 mV, teniendo perdidas por activación de 290 mV, sin embargo mostro una mayor i_{max} ($498\text{mA}\cdot\text{m}^{-2}$), sin embargo en cuestión de P_{max} ($53\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) quedo por debajo del Pantoprazol, cuya celda tuvo menos perdidas por activación, siendo solo de 190 mV, empezando generar corriente a partir de los 510 mV, mostrando una menor i_{max} $408\text{mA}\cdot\text{m}^{-2}$, sin embargo ya que presenta menos perdidas por activación registro una mayor densidad de potencia (P_{max} $61\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$) esta diferencia puede ser atribuida a diferentes composiciones en los excipientes. En la Figura 2 c) se observa la curva de polarización de la celda con ibuprofeno con un E_{max} de 438 mV, teniendo las menores perdidas por activación (62mV, la curva comenzó en los 500mV), alcanzando un P_{max} de $87.2\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$ y i_{max} de $669\text{mA}\cdot\text{m}^{-2}$, registrando el mayor rendimiento de todas las celdas, mostrando que las celdas son capaces de degradar tanto los excipientes como el compuesto activo, sin embargo las celdas con excipientes presentan mayores voltajes. Estos son valores superiores a los mostrados en celdas enfocadas en el tratamiento a aguas de la industria de los esteroides con P_{max} de $115\text{mW}\cdot\text{m}^{-3}$ (Liu, R. y col. 2012).

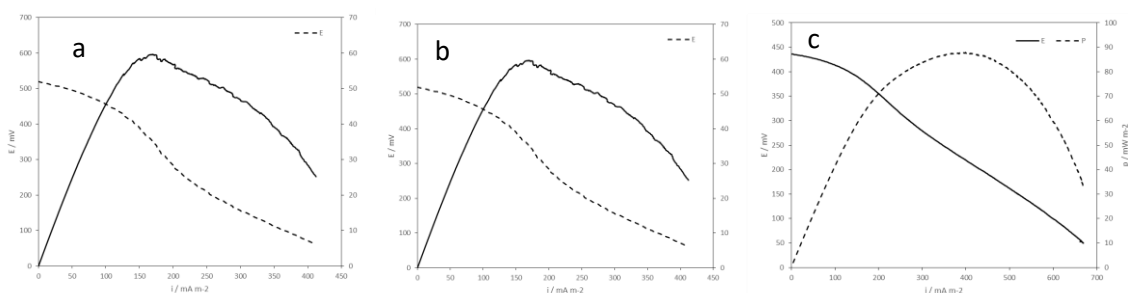


Figura 2. Curva de polarización del ciclo 1 a) Loratadina b) Pantoprazol c) Ibuprofeno.

Al analizar los espectros de impedancia de las celdas (Figura 3) lo primero a resaltar es el alto valor de R_1 (R_{ohm}) asociado la resistencia en todos los contactos eléctricos y la resistencia de la solución, incremento atribuido la separación existe entre los ánodos y las membranas de Nafion. Algo a resaltar es el que ninguna celda supero los $80\ \Omega$, mostrando una R_{total} menor a los valores reportado por Yu Zhao, de quien se toma el pretratamiento para los ánodos, quien reporta R_{total} superiores a los $150\ \Omega$, lo cual puede solventarse reduciendo el espacio entre ánodos y la membrana de Nafion®.

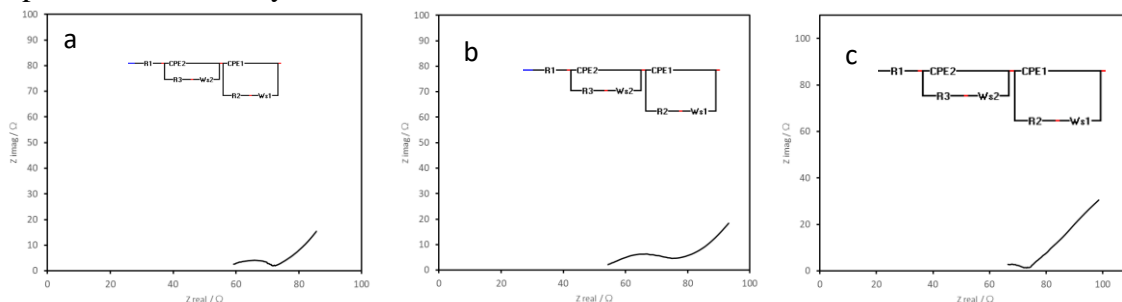


Figura 3. Diagramas de Nyquist a) Ibuprofeno b) Loratadina c) Pantoprazol

CONCLUSIONES

Las curvas de polarización muestran que las celdas tienen un rendimiento superior a los reportados por la bibliografía de P_{\max} de 115 mWm^{-3} llegando a los 87.2 mWm^{-2} (2400 mWm^{-3}).

Las curvas de impedancia muestran que las celdas presentan resistencias internas inferiores a las reportadas por Yu Zhao (150Ω) con 85Ω , y dada la configuración de las celdas se presentar una oportunidad de mejora considerable para el desempeño de las celdas.

BIBLIOGRAFIA

Scott, K. & Yu, E. H. Microbial Electrochemical and Fuel Cells: Fundamentals and Applications. Microbial Electrochemical and Fuel Cells: Fundamentals and Applications (WOODHEAD, 2015).

Logan, B. E. Microbial Fuel Cells. (John Wiley & Sons, Inc, 2008).

Zhao, Y., Ma, Y., Li, T., Dong, Z. & Wang, Y. Modification of carbon felt anodes using double-oxidant $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ for application in microbial fuel cells. royal society of chemistry. 8, 2059–2064 (2018).

Karthikeyan, R., Kumar, K. S., Murugesan, M., Berchmans, S. & Yegnaraman, V. Bioelectrocatalysis of *Acetobacter acetii* and *Gluconobacter roseus* for Current Generation. (2009).

Liu, R. et al. Biological treatment of steroidal drug industrial effluent and electricity generation in the microbial fuel cells. Bioresource Technology 123, 86–91 (2012).