

Generación de bioelectricidad mediante desechos de uvas

Generation of bioelectricity through grape waste

Rojas-Flores S.¹, Renny Nazario-Naveda², Santiago M. Benites¹, De La Cruz –Noriega M.¹, Cabanillas-Chirinos L.¹, Nélide Milly Otiniano¹, Rodriguez-Yupanqui M.³, Valdiviezo-Dominguez F.³, Rojas-Villacorta W.⁴

¹Instituto de Investigación en Ciencias y Tecnología de la Universidad Cesar Vallejo, Trujillo 13001, Perú.
segundo.rojas.89@gmail.com, sbenites@ucv.edu.pe, maguii_12@hotmail.com, notiniano@ucv.edu.pe

²Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas y Nuevas Tecnologías, Universidad Privada del Norte, Trujillo 13007, Perú.

renny.nazario@upn.edu.pe

³Escuela de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo, Trujillo 13001, Perú.
mrodriguez@ucv.edu.pe, fiorelavaldiviezo815@gmail.com

⁴ Escuela de Postgrado de Biotecnología agroindustrial y ambiental, Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
wrojasv33@gmail.com

Abstract- Grape waste causes great commercial and environmental losses due to economic losses and bad odors that they emit when decomposing, due to this this work gives an innovative way to generate electricity for the benefit of society. Microbial fuel cells were used as a technology for the generation of electricity, which were manufactured at low cost using graphite and zinc electrodes; while a 500 mL bottle was used as a substrate collection chamber (grape residues). It was possible to generate maximum values of 0.87 ± 0.064 V and 2.1 ± 0.45 mA, while the pH values increased from the first 3.6 to 5.25 ± 0.32 . While the Brix degrees slowly decreased from the first day. The value of the maximum power density was 3.08 ± 0.0345 W / cm² at a current density of 274.17 mA / cm² at a maximum voltage of 0.81 ± 0.13 V. Finally, the micrographs of the anode electrode show the modification of a smooth surface (in its initial state) to a rough surface (the last day of monitoring). This research gives a new way of using grape waste for the generation of bioelectricity.

Keywords- waste, grapes, microbial fuel cells, electrodes, voltage, current.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.135>
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

Generación de bioelectricidad mediante desechos de uvas

Generation of bioelectricity through grape waste

Rojas-Flores S.¹, Renny Nazario-Naveda², Santiago M. Benites¹, De La Cruz –Noriega M.¹, Cabanillas-Chirinos L.¹, Nélica Milly Otiniano¹, Rodriguez-Yupanqui M.³, Valdiviezo-Dominguez F.³, Rojas-Villacorta W.⁴

¹Instituto de Investigación en Ciencias y Tecnología de la Universidad Cesar Vallejo, Trujillo 13001, Perú.
segundo.rojas.89@gmail.com, sbenites@ucv.edu.pe, maguii_12@hotmail.com, notiniano@ucv.edu.pe

²Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas y Nuevas Tecnologías, Universidad Privada del Norte, Trujillo 13007, Perú.

renny.nazario@upn.edu.pe

³Escuela de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo, Trujillo 13001, Perú.
mrodriguez@ucv.edu.pe, fiorelavaldiviezo815@gmail.com

⁴Escuela de Postgrado de Biotecnología agroindustrial y ambiental, Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
wrojasv33@gmail.com

Resumen- Los residuos de uva causan grandes pérdidas comerciales y medioambientales debido a las pérdidas económicas y malos olores que emiten al descomponerse, debido a esto este trabajo da una forma innovadora de generar electricidad para el beneficio de la sociedad. Las celdas de combustible microbiana fueron utilizadas como tecnología para la generación de electricidad, las cuales se fabricaron de bajo costo utilizando electrodos de grafito y zinc; mientras que un frasco de 500 mL se utilizó como cámara recolectora de sustrato (residuos de uva). Se logró generar valores de máximos de 0.87 ± 0.064 V y 2.1 ± 0.45 mA, mientras que los valores de pH aumentaron desde el primer 3.6 hasta 5.25 ± 0.32 . Mientras que los grados Brix disminuyeron lentamente desde el primer día. El valor de la densidad de potencia máxima fue de 3.08 ± 0.0345 W/cm² en una densidad de corriente de 274.17 mA/cm² en un voltaje máximo de 0.81 ± 0.13 V. Finalmente las micrografías del electrodo anódico muestra la modificación de una superficie lisa (en su estado inicial) a superficie rugosa (el último día de monitoreo). Esta investigación da una nueva forma de la utilización de los residuos de uva para la generación de bioelectricidad.

Palabras claves- residuos, uvas, celdas de combustible microbiana, electrodos, voltaje, corriente.

Abstract- Grape waste causes great commercial and environmental losses due to economic losses and bad odors that they emit when decomposing, due to this this work gives an innovative way to generate electricity for the benefit of society. Microbial fuel cells were used as a technology for the generation of electricity, which were manufactured at low cost using graphite and zinc electrodes; while a 500 mL bottle was used as a substrate collection chamber (grape residues). It was possible to generate maximum values of 0.87 ± 0.064 V and 2.1 ± 0.45 mA, while the pH values increased from the first 3.6 to 5.25 ± 0.32 . While the Brix degrees slowly decreased from the first day. The value of the maximum power density was 3.08 ± 0.0345 W / cm² at a current density of 274.17 mA / cm² at a maximum voltage of 0.81 ± 0.13 V. Finally, the micrographs of the anode electrode show the modification of a smooth surface (in its initial state) to a rough surface (the last day

of monitoring). This research gives a new way of using grape waste for the generation of bioelectricity.

Keywords- waste, grapes, microbial fuel cells, electrodes, voltage, current.

I. INTRODUCCIÓN

La tecnología de las celdas de combustible microbianas (CCMs) fue presentada por primera vez por Michael Potter in 1911 [1], desde aquel momento ha evolucionado por diversos centros de investigación debido a que los ventajas de su uso en la producción de electricidad y tratamiento de diversos contaminantes presentes en desechos orgánicos [2]. Actualmente las CCMs son considerados como un reactor bio-electroquímico, debido a la conservación de energía química de los microorganismos en electricidad [3]. De los diversos diseños de CCMs que se han fabricado en la actualidad, se caracterizan principalmente a la presencia de dos cámaras (anódica y catódica) las cuales están conectadas en el interior casi siempre por una membrana de intercambio protónico y por el exterior por un circuito que permite el paso de electrones del ánodo al cátodo [4,5].

Por otro lado, la uva es un fruto que crece formando racimos, pertenece al género *Vitis* de la familia de las *Vitáceas*, la composición de la uva varía según su tipo por ejemplo uvas blancas o negras, las cuales contienen diversos nutrientes como azúcares, glucosa y fructosa. Existen diversas variedades internacionales de uvas por ejemplo Cabernet Sauvignon, que es una de las más plantadas del mundo (5% de la superficie mundial), seguida de la Sultanina (300 000 ha), Merlot (266 000 ha) y Tempranillo (231 000 ha) [6].

En diversos países la uva es el principal cultivo de frutas [7] por ejemplo China es una de los países más sobresalientes en la producción de uva, entre los años 2000 y 2014, la producción de uva de mesa en dicho país creció más del 80% [8]. Asimismo, otro país que destaca con una participación mundial en la producción de uva con un 9,6% es Italia, seguido de Estados Unidos en el tercer lugar, Perú se encuentra en el puesto 21, con una producción al año 2017 de 645 mil toneladas. Dentro de este contexto cabe mencionar que en Perú en el año 2018 la uva se convirtió en el primer producto de agroexportación (US\$ 817,9 millones). Es así como la producción de uva a nivel mundial durante estos periodos se incrementó un 16.8%[9].

Las uvas se consumen tanto frescas como procesadas por ejemplo en productos como la mermelada, jugo, aceite de semillas de uva, pasas, vinagre y vino [10]. A causa de todo ello la industria procesadora de la uva ha traído consigo la generación de una serie de subproductos como son las semillas de uva [9], el orujo de uva como un subproducto de la industria vitivinícola [7], según estimaciones se genera un kilogramo de orujo de uva por cada 6 litros de vino [5]. Cabe mencionar que la uva como fruta fresca al ser sumamente perecedera y delicada presenta una elevada tasa de pérdida especialmente en su cosecha y distribución, por lo que muchas veces se opta por procesarla como jugo y pasas con el propósito de disminuir el desperdicio y mejorar su comerciabilidad. Es así que para hacer más sostenible el cultivo de la uva se requiere minimizar los recursos involucrados tanto en el cultivo, procesamiento, así como también reducir la generación de desechos [6].

Como se mencionó anteriormente la uva puede ser destinada para la producción de diversos productos, dentro de los principales tenemos el vino, el cual según diversos estudios representa alrededor del 75% de la producción mundial de uva. La industria vitivinícola durante su producción genera subproductos como el orujo, el cual consiste en la piel restante, semillas y tallos [11], este se genera presionando racimos de uva durante la producción del mosto [10].

Asimismo, durante la producción del vino se generan efluentes los cuales deben ser tratados para evitar impactos ambientales negativos, para lo cual es necesario reducir al mínimo la cantidad de materias contaminantes, además de limitar la presencia de materias sólidas y reducir la utilización de productos químicos [12]. Por otra parte, la producción y comercialización de uva involucra tecnología durante diferentes etapas como el enfriamiento, sulfuración, empaque, almacenamiento en frío, así como también mano de obra [8].

En investigaciones realizadas por centros de investigación se ha logrado encontrar que las CCMs puede ser utilizadas para la producción de electricidad utilizando desechos de frutas, por ejemplo, los residuos de cítricos han sido utilizados en CCMs logrando generar 0.78 V y 1.02mA de voltaje y corriente respectivamente; utilizando electrodos de zinc y cobre [13]. Así también, Kebaili et al. (2020) fabricó CCMs de doble cámara, utilizando como combustible jugo de frutas fermentadas, así como electrodos de grafito de carbono (ánodo) y titanio

platinizado (cátodo); logrando generar un voltaje pico de 240 mV y una densidad de corriente de 25 mW/cm² [14]. En este contexto, Goud et al. (2011) logró generar picos de 375 mV y 11 mA, utilizando CCMs de una sola cámara con electrodos de grafito en el ánodo y cátodo; y usando como combustible desechos de alimentos [15].

Este trabajo de investigación, propone el uso de los desechos de uva como combustible para la generación de electricidad a escala de laboratorio; utilizando celdas de combustible microbiana de una sola cámara. Los valores de voltaje, corriente, conductividad, pH y Brix fueron monitoreados por un periodo de 35 días. Así también se muestran los espectros infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR por sus siglas en inglés). Dando así, una solución eco amigable a la sociedad, empresas y agricultores de uvas para la generación de electricidad utilizando sus propios desechos orgánicos.

II. MATERIAL Y MÉTODO

A. Construcción de las celdas de combustible microbiana de una sola cámara

Las celdas de combustible microbiana (tres en total) fueron fabricadas utilizando electrodos de grafito (GR) en el ánodo y zinc (Zn) en el cátodo como se observa en el prototipo la Fig. 01. Se utilizó frascos de 500 mL (Schott) como CCM, cuyo frasco se le realizó un orificio de 2.5 cm de diámetro para la acoplar un tubo (policloruro de vinilo) de 2.5 y 10 cm de diámetro y largo. El electrodo de GR (área de 20 cm²) se colocó dentro de la botella y electrodo de Zn (área de 15.7) se colocó en el extremo del tubo (como tapón); ambos electrodos se unieron mediante una resistencia externa unida con cable de cobre (de 0.2 cm de diámetro).



Fig. 1: Esquema del prototipo de las celdas combustibles microbianas.

B. Recolección de muestras

El sustrato (combustible) utilizando fueron desechos de uva del Mercado La Hermelinda, Trujillo, Perú. Los desechos recolectados se lavaron con agua destilada varias veces con el fin de eliminar cualquier tipo de impureza (polvo, insectos u otro tipo de contaminante). Las frutas se dejaron secar superficialmente, después del lavado a $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ en un horno Labtron (LDO-B10) por 24 horas. Los desechos de los frutos en su totalidad pasaron por una extractora (Maqorito- 400 rpm) para la obtención de 2 litros de desechos, colocándolos finalmente en vasos de precipitación debidamente esterilizado.

C. Caracterización de las Celdas de Combustible Microbiana

La medición de voltaje se realizó usando un multímetro (Prasek Premium PR-85) de forma continua por un periodo de 35 días, 30 minutos diariamente. Mientras que para la medición de corriente se usaron las resistencias de $10.4 (\pm 0.8)$, $23.5 (\pm 0.5)$, $46.4 (\pm 0.7)$, $99.1 (\pm 3.1)$, $197.1 (\pm 5.6)$, 264 , $387 (\pm 6.5)$, $687 (\pm 8.7)$, $808 (\pm 8.2)$ y $988 (\pm 9.3) \Omega$. La medición de densidad de corriente (DC) y densidad de potencia (DP) se usó el procedimiento realizado por Rojas et al. (2020) [16]. El monitorio de los cambios de la conductividad (conductivity meter CD-4301), pH (pH- meter 110Series Oakton) y Brix (RHB-32 brix refractometer) también se lograron medir. Los puntos de datos de las figuras voltaje, corriente, conductividad, pH, brix, DP y DC representan los valores promedio de tres réplicas y las barras de error representan las desviaciones estándar.

III. RESULTADOS Y ANALISIS

En la Fig. 2 (a), se puede observar los valores del monitoreo de la generación de voltaje durante los 35 días. El voltaje aumente desde el primer día ($0.58 \pm 0.03 \text{ V}$), hasta llegar a un valor pico de $0.87 \pm 0.064 \text{ V}$ en el día 18; después del cual los valores comenzaron a decrecer hasta $0.56 \pm 0.072 \text{ V}$ en el último día. La disminución de los valores de voltaje, se pueden explicar debido a que al paso del tiempo la materia orgánica (sustrato) va reduciendo; por lo menos microorganismos para que se oxiden y generar voltaje [17]. Según Chaturvedi & Verma (2016), los desechos agrícolas son oxidados por diferentes grupos de microorganismo y provocan la generación electricidad [18]. En la Fig. 2 (b), se muestra la generación de corriente eléctrica utilizando una resistencia externa de 10Ω . Como se puede observar los valores de corriente aumentan desde el primer día ($0.605 \pm 0.086 \text{ mA}$) hasta el día 15 ($2.1 \pm 0.45 \text{ mA}$), después de la cual decae rápidamente hasta $1.23 \pm 0.53 \text{ mA}$ en el último día. Los aumentos de los valores de corriente inestables del día 5 al 15 puede deberse a la actividad

eléctrica en la cama anódica, específicamente en la biopelícula microbiana que se estaría formando en el electrodo anódico [19].

Según Barua et al. (2018) el éxito de las aplicaciones específicas de las CCMs dependerá de la concentración y biodegradabilidad de la materia orgánica utilizada como combustible, pH de los desechos y la ausencia de productos químicos tóxicos [20]. Así también Wu et al. (2020) investigo que las especies y la actividad de las bacterias en la superficie de las CCMs son muy importantes para mejorar el rendimiento eléctrico de las CCMs; existiendo una amplia gama de microorganismos productores de electricidad, por ejemplo, *Proteobacteria*, *Escherichia coli*, *Geobacter*, *Helicobacter*, *Firmicutes*, *Acidobacteria* y *Actinomycetes*, etc [21].

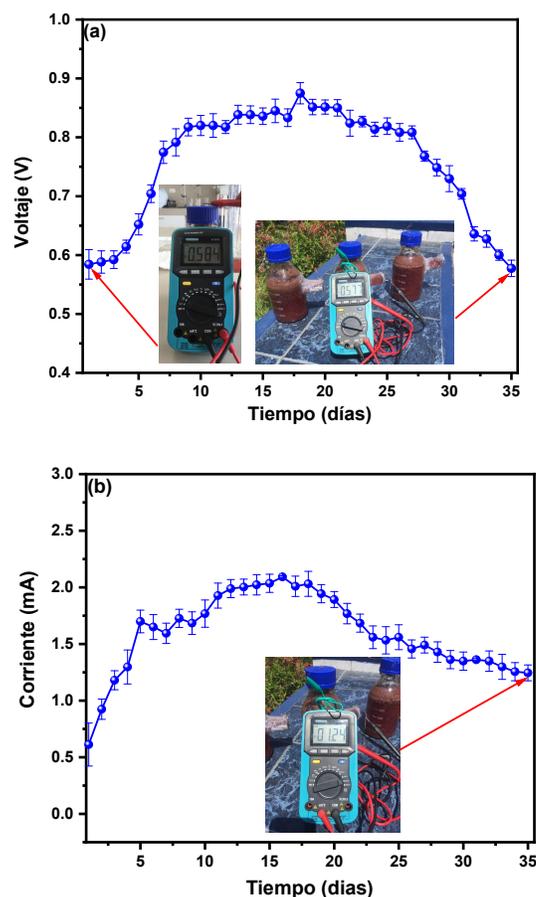


Fig. 2: Monitoreo de la generación de (a) voltaje y (b) corriente de las CCMs.

En la Fig. 3 (a) se muestra el monitoreo de los valores de pH de las CCMs, donde se puede observar el aumento progresivo de las celdas desde 3.6 a 5.25 ± 0.32 en el último día; es decir se convierte de un pH moderadamente ácido a uno ligeramente ácido. Como se puede observar cuando los valores de pH se acercan a 5 se obtuvo mayor generación de voltaje

(0.87 ± 0.064 V); los cuales se apreciaron a partir del día 17 al 25. Este resultado demuestra que para este tipo de CCMs con sustraídos de desechos de uva, el pH óptimo para la generación de voltaje es de 4.95. En otras investigaciones han relacionado los valores de los pH con el rendimiento de las celdas, por ejemplo, Jannelli et al. (27) demostró que los valores de pH varían debido a la degradación de la materia orgánica [22].

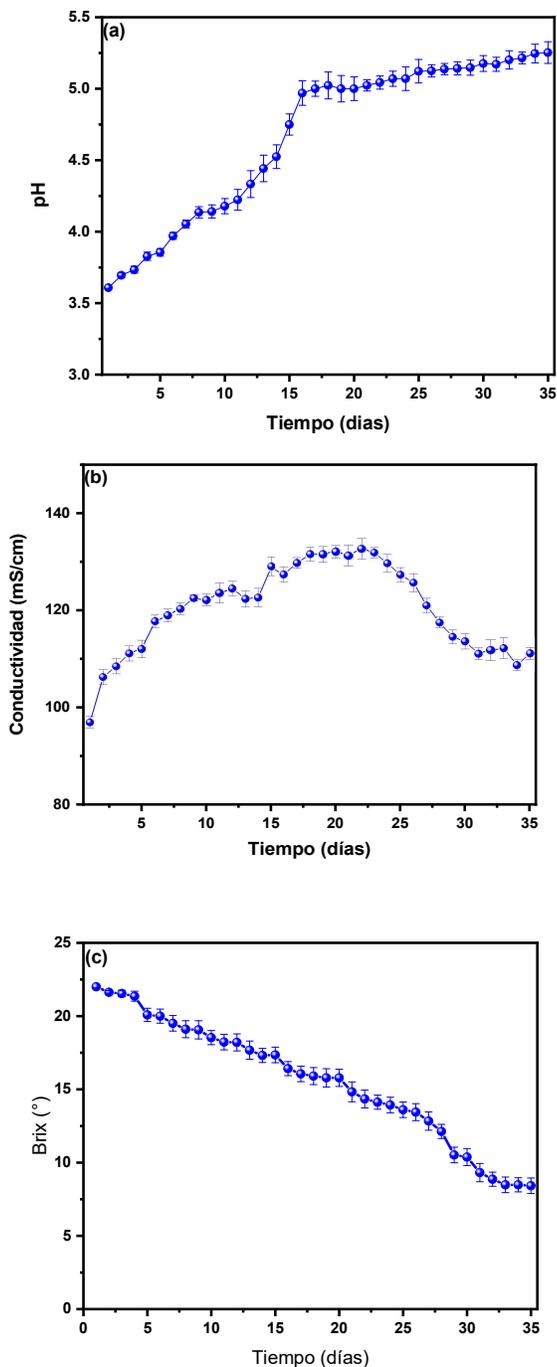


Fig. 3: Monitoreo de los valores de (a) pH (b) conductividad y (c) grados Brix de las CCMs durante 35 días.

Mahmood et al. (2017), en su investigación de CCMs utilizando como sustrato aceite de palma, concluyó que en CCMs con pH de 5 no son favorables para el crecimiento de los microorganismos generadores de electricidad, y para valores de pH entre 7 a 9 son los más propicios para este crecimiento [23]. Los valores de pH óptimos dependen del tipo de sustrato y tipo de estructura de las CCMs utilizados [24]. En la Fig. 3 (b) se observan los valores de la conductividad de las CCMs, desde el día 18 al 24 (~ 125 mS/cm) se observaron los mayores valores de conductividad, siendo el menor valor en el primer día (96.88 ± 2.34 mS/cm). En la Fig. 3(c) se muestra los valores del monitoreo de los grados Brix, el muestreo revela la disminución de los valores de este parámetro desde el primer (22.01 ± 0.57 ° Brix) al último día (8.26 ± 0.36 ° Brix).

Cabe mencionar que los grados brix indican el porcentaje de sólidos solubles (generalmente azúcares) que hay en el jugo de frutas y puede verse afectado por factores como la variedad, la región de crecimiento, el año de crecimiento y el nivel de madurez de la fruta [25]. Los grados brix en la uva al momento de su cosecha fluctúan entre 17 grados brix como mínimo y 20 a 22, observándose una disminución debido a que los azúcares fueron metabolizados por las levaduras presentes en el jugo de uva en alcohol [26] [27].

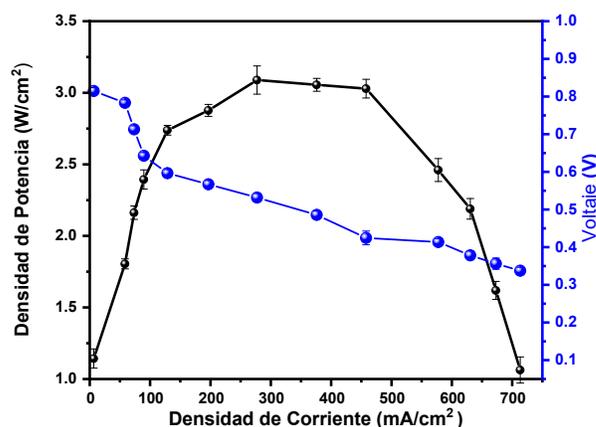


Fig. 4: Valores de densidad de corriente, densidad de potencia y voltaje de las celdas de combustible microbiana.

En la Fig. 4 se pueden observar los valores de DP y voltaje en función de la DC. La DP_{max} fue de 3.08 ± 0.0345 W/cm² en una DC de 274.17 mA/cm², mostrando un voltaje máximo de 0.81 ± 0.13 V. Los valores de DP y DC obtenidos en esta investigación fueron mayores en comparación a los obtenidos con otros sustratos (*H. undatus*, *M. citrifolia* y *R. ulmifolius*) [28], utilizando el mismo diseño y materiales; lo cual puede ser debido a una mayor facilidad de degradación del sustrato de uva [29]. En el mismo sentido en el trabajo realizado por Yang et al.

(2019), los valores de DC y DP utilizando como sustrato sedimentos, son menores a los obtenidos por nosotros; demostrado así el gran potencial que tiene los residuos de frutas para la generación de electricidad [30]. Aunque los valores de DC y DP se pueden aún aumentar utilizando una membrana de intercambio protónico (MIP) entre la cámara anódica y catódica, como lo demostró Asensio et al. (2018) en su trabajo donde utilizo como sustrato agua residual y diferentes tipos de MIP (Nafion-117 HRT3.16, Nafion-117 HRT 6.32d, Neosepta CMX y Neosepta AMX); logrando generara una mayor densidad de corriente ($\sim 850 \text{ mA/m}^2$) utilizando el NAFION-117 HRT 3.16 como MIP [31].

En la Fig. 5 se muestra los micrográficas de las superficies del electrodo anódico inicial (Fig. 5 (a)) y final (Fig. 5 (b)). En la micrografía inicial se observa una superficie lisa y el análisis elemental EDS (EDS por sus siglas en inglés) muestra el alto contenido de carbón presente en la muestra, mientras que en la micrografía final se puede observar claramente la adhesión de una biopelícula rugosa, la cual es el resultado de interacción de electrodo y el sustrato.

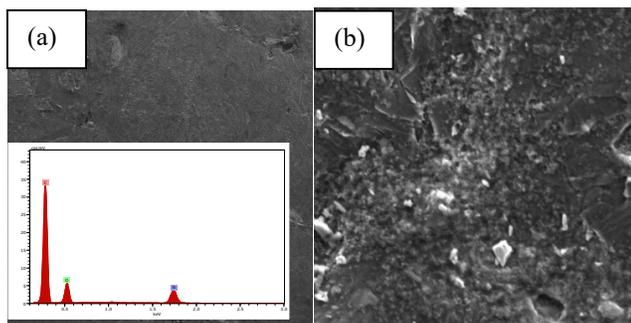


Fig. 5: Micrografías del electrodo anódico de la CCM en su estado (a) inicial y (b) final.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC según convenio del Proyecto 370-2019.

CONCLUSIÓN

Se logro generar bioelectricidad exitosamente utilizando desechos de uvas mediante celdas de combustible microbiana fabricadas a bajo costo, con electrodos de grafito y zinc. El voltaje y corriente máxima generada en circuito abierto fue de $0.87 \pm 0.064 \text{ V}$ y $2.1 \pm 0.45 \text{ mA}$ en el día 18 y 15 respectivamente. Los valores de pH aumentaron ligeramente desde el primer (3.6) al último día (5.25 ± 0.32). Por otro lado, los valores de los grados Brix disminuyeron lentamente desde el primer día. El valor de la DP_{\max} fue de $3.08 \pm 0.0345 \text{ W/cm}^2$ en una DC de 274.17 mA/cm^2 con un voltaje máximo de $0.81 \pm 0.13 \text{ V}$. Mientras que las micrografías muestran cambios

notorios del electrodo anódico inicial (superficie lisa) y final (superficie rugosa).

Esta investigación da una nueva forma de generar bioelectricidad amigable con el medio ambiente, dando a las empresas y agricultores de uvas una forma novedosa de reutilizar sus desechos que son arrojados y desperdiciados; sin ninguna utilidad beneficioso para los propietarios.

REFERENCIAS

- [1] Hindatu, Y., Anuar, M. S. M., & Gumel, A. M. (2017). Mini-review: Anode modification for improved performance of microbial fuel cell. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 236-248.
- [2] Santoro, C., Arbizzani, C., Erable, B., & Ieropoulos, I. (2017). Microbial fuel cells: from fundamentals to applications. A review. *Journal of power sources*, 356, 225-244.
- [3] Xia, C., Zhang, D., Pedrycz, W., Zhu, Y., & Guo, Y. (2018). Models for microbial fuel cells: a critical review. *Journal of Power Sources*, 373, 119-131.
- [4] Singh, S., & Suresh, S. (2017). Review on Microbial Fuel Cell Energy Enhancement Using Nano Materials. In *Biofuels and Bioenergy (BICE2016)* (pp. 321-327). Springer, Cham.
- [5] Pote, M. X. R., & Kurhade, M. S. R. A Review of Microbial Fuel Cell Technology and its applications.
- [6] Muñoz, J. (2019). LA UVA PERUANA: Una oportunidad en el Mercado Mundial. *MINAGRI – Ministerio de Agricultura y Riego*. http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/2019/Informe-uva-peruana.pdf
- [7] Beres, C., Costa, G. N. S., Cabezudo, I., da Silva-James, N. K., Teles, A. S. C., Cruz, A. P. G., Mellinger-Silva, C., Tonon, R. V., Cabral, L. M. C., & Freitas, S. P. (2017). Towards integral utilization of grape pomace from winemaking process: A review. *Waste Management*, 68, 581-594. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.017>
- [8] International Organization of Vine and Wine (OIV) and Food and Organization of the United Nations (FAO). (2016). Focus 2016. <http://www.oiv.int/public/medias/5116/booklet-fao-oiv-grapes-focus.pdf>
- [9] Lopes de Menezes, M., Johann, G., Diório, A., Pereira, N. C., & da Silva, E. A. (2018). Phenomenological determination of mass transfer parameters of oil extraction from grape biomass waste. *Journal of Cleaner Production*, 176, 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.128>
- [10] Hogervorst, J. C., Miljić, U., & Puškaš, V. (2017). Extraction of Bioactive Compounds from Grape Processing By-Products. *Handbook of Grape Processing By-Products*, 105-135. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809870-7.00005-3>
- [11] Venkitasamy, C., Zhao, L., Zhang, R., & Pan, Z. (2019). Grapes. *Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products*, 133-163. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814138-0.00006-x>
- [12] Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). (2008). Resolución CST 1, Guía de la OIV para una vitivinicultura sostenible: producción, transformación y acondicionamiento de los productos la asamblea general. Retrieved November 20, 2020, from <http://www.oiv.int/public/medias/2090/cst-1-2008-es.pdf>
- [13] Khan, A. M., & Obaid, M. (2015). Comparative bioelectricity generation from waste citrus fruit using a galvanic cell, fuel cell and microbial fuel cell. *Journal of Energy in Southern Africa*, 26(3), 90-99.

- [14] Kebaili, H., Kameche, M., Innocent, C., Ziane, F. Z., Sabeur, S. A., Sahraoui, T., ... & Charef, M. A. (2020). Treatment of fruit waste leachate using microbial fuel cell: Preservation of agricultural environment. *Acta Ecologica Sinica*.
- [15] Goud, R. K., Babu, P. S., & Mohan, S. V. (2011). Canteen based composite food waste as potential anodic fuel for bioelectricity generation in single chambered microbial fuel cell (MFC): bio-electrochemical evaluation under increasing substrate loading condition. *international journal of hydrogen energy*, 36(10), 6210-6218.
- [16] Rojas Flores, S., Naveda, R. N., Paredes, E. A., Orbegoso, J. A., Céspedes, T. C., Salvatierra, A. R., & Rodríguez, M. S. (2020). Agricultural Wastes For Electricity Generation Using Microbial Fuel Cells. *The Open Biotechnology Journal*, 14(1).
- [17] Colares, G. S., Dell'Osbel, N., Barbosa, C. V., Lutterbeck, C., Oliveira, G. A., Rodrigues, L. R., ... & Machado, E. L. (2020). Floating treatment wetlands integrated with microbial fuel cell for the treatment of urban wastewaters and bioenergy generation. *Science of The Total Environment*, 142474.
- [18] Chaturvedi, V., & Verma, P. (2016). Microbial fuel cell: a green approach for the utilization of waste for the generation of bioelectricity. *Bioresources and Bioprocessing*, 3(1), 38.
- [19] Ghazali, N. F., Mahmood, N. A. B. N., Ibrahim, K. A., Muhammad, S. A. F. S., & Amalina, N. S. (2017, June). Electricity generation from palm oil tree empty fruit bunch (EFB) using dual chamber microbial fuel cell (MFC). In *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 206, p. 012025).
- [20] Barua, E., Hossain, M. S., Shaha, M., Islam, E., Zohora, F. T., Protity, A. T., ... & Hashem, A. (2018). Generation of Electricity Using Microbial Fuel Cell (MFC) from Sludge. *Bangladesh Journal of Microbiology*, 35(1), 23-26.
- [21] Wu, W., Zhang, D., & Fang, P. (2020, August). Advance in Improving the Electrical Performance of Microbial Fuel Cell. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 555, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
- [22] Jannelli, N., Nastro, R. A., Cigolotti, V., Minutillo, M., & Falcucci, G. (2017). Low pH, high salinity: Too much for microbial fuel cells?. *Applied Energy*, 192, 543-550.
- [23] Mahmood, N. A. N., Ghazali, N. F., Ibrahim, K. A., & Ali, M. A. (2017). Anodic ph evaluation on performance of power generation from palm oil empty fruit bunch (efb) in dual chambered microbial fuel cell (mfc). *Chemical Engineering Transactions*, 56, 1795-1800.
- [24] Margaria, V., Tommasi, T., Pentassuglia, S., Agostino, V., Sacco, A., Armato, C., ... & Quaglio, M. (2017). Effects of pH variations on anodic marine consortia in a dual chamber microbial fuel cell. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(3), 1820-1829.
- [25] Türkmen, İ., & Ekşi, A. (2011). Brix degree and sorbitol/xylitol level of authentic pomegranate (*Punica granatum*) juice. *Food Chemistry*, 127(3), 1404-1407.
- [26] Borja, M., García, J., Reyes, L., Arellano, S. (2016). Rentabilidad de los sistemas de producción de uva (*Vitis vinifera*) para mesa e industria en Aguascalientes, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 151-168.
- [27] Miño Valdés, J. E., Martos Actis, M. A., Herrera Garay, J. L., & González Suarez, E. (2015). Fermentación alcohólica con mosto de uva niágara rosada y levaduras de la misma fruta. *Centro azúcar*, 42(2), 10-20.
- [28] Rojas-Flores, S., Noriega, M. D. L. C., Benites, S. M., Gonzales, G. A., Salinas, A. S., & Palacios, F. S. (2020). Generation of bioelectricity from fruit waste. *Energy Reports*, 6, 37-42.
- [29] Echeverría, M. (2020). Bioelectricity Production with Organic Substrates, Nitrates and Lead Using High Andean Soils. *Innovation and Research: A Driving Force for Socio-Econo-Technological Development*, 1277, 198.
- [30] Yang, Y., Lin, E., Sun, S., Chen, H., & Chow, A. T. (2019). Direct electricity production from subaqueous wetland sediments and banana peels using membrane-less microbial fuel cells. *Industrial Crops and Products*, 128, 70-79.
- [31] Asensio, Y., Fernandez-Marchante, C. M., Lobato, J., Cañizares, P., & Rodrigo, M. A. (2018). Influence of the ion-exchange membrane on the performance of double-compartment microbial fuel cells. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 808, 427-432.