

Efecto de un mediador redox en la producción de metano a partir de la digestión anaerobia de residuos de malta

Eduardo Alvarez Hernández ¹, Fátima Lizeth Muñoz Alemán ², María Isabel Garrudo-Guirado ³, Noemí Nava-Valente ³, Daniel S. Olivo-Alanís ^{3,*}

¹ Bioingeniería y Procesos Químicos, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México

² Escuela de Ciencias de la Salud, Universidad del Valle de México, Monterrey, Nuevo León, México

³ Subsección Noreste, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Apodaca, Nuevo León, México

* Autor de correspondencia: dolivo@ciatej.mx; Tel.: (+52 8180167629)

Energías renovables (Waste to energy). Ponencia Presencial.

Recibido: 22 de agosto de 2023 Aceptado: 5 de octubre de 2023 Publicado: 23 de noviembre de 2023

Palabras clave: Mediador redox, digestión anaerobia, metano, residuos de malta.

Introducción. La problemática de los residuos sólidos de malta provenientes de la industria cervecera plantea desafíos ambientales y de gestión que requieren atención urgente. Una estrategia ampliamente utilizada para el tratamiento de residuos sólidos es la digestión anaerobia. Diferentes estrategias han sido propuestas para mejorar el rendimiento del proceso de digestión anaerobia como la adición de metales traza, el uso de biocarbón, el pretratamiento por ultrasonido y la co-digestión con lodos residuales (Bougrier et al., 2018; Buller et al., 2022; Dudek et al., 2019; Szaja et al., 2021). Por otro lado, existen moléculas orgánicas denominadas mediadores redox capaces de transportar electrones a través de la ruta metabólica, aumentando la velocidad del proceso, disminuyendo la toxicidad y cambiando la selectividad del metabolismo anaerobio (Atilano-Camino et al., 2020). Estos han sido implementados con éxito para el tratamiento de aguas residuales, sin embargo, no existe evidencia del uso de estos mediadores redox para la digestión anaerobia de residuos sólidos. Es por esto por lo que, en este estudio, se evaluó el efecto de un mediador redox en la producción de metano a partir de la digestión anaerobia de residuos de malta.

Materiales y Métodos. Se llevó a cabo pruebas de digestión a partir de un residuo de malta previamente mezclado con agua para mejorar la dispersión del sólido en proporción 50/50 (% v/v). Los experimentos fueron realizados en botellas serológicas con proporción 80/20 residuo de malta disperso e inóculo respectivamente. Las botellas fueron selladas con tapones de goma, arillos metálicos de aluminio, y el aire del *headspace* fue desplazado por nitrógeno grado industrial para promover condiciones anaerobias en el sistema. Así mismo, se adicionó antraquinona 2-sulfonato como mediador redox modelo de manera disuelta a una concentración de 1 mM, y se midió la producción de metano durante 450 horas en una columna de desplazamiento con una solución de NaOH al 2% para remover el CO₂ presente en el biogás producido. Se realizó la medición de demanda química de oxígeno (DQO) soluble inicial y final para determinar la remoción de materia orgánica en las pruebas de digestión anaerobia. Todos los experimentos se corrieron por triplicado. Los resultados obtenidos se ajustaron al modelo de Gompertz (Eq. 1):

$$C(t) = C_{max} e^{-e^{-2.7188 \frac{t}{C_{max}} (\lambda - t) + 1}} \quad (1)$$

Resultados. La Figura 1 muestra la producción de metano a través del tiempo para el experimento control del inóculo y los residuos de malta, y con la adición de AQS con mediador redox. Como se puede observar la disminución de DQO en presencia de AQS fue hasta 4 veces mayor que el tratamiento control, lo que sugiere una mayor degradación de la materia orgánica soluble presente en el residuo de malta. Así mismo, un efecto contradictorio se observa para la producción de metano, donde el experimento control produjo más del doble de metano.

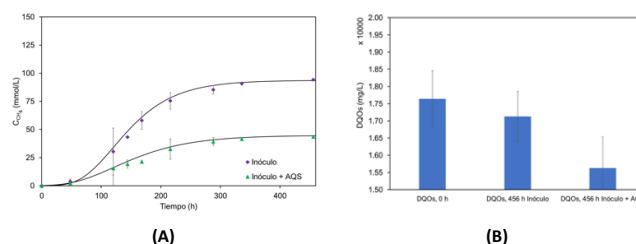


Figura 1. A) Cinética de producción de metano y B) DQO inicial y final para cada tratamiento.

Así mismo, los parámetros del modelo de Gompertz muestran que la adición del mediador redox disminuye la fase de latencia de 65 a 51 horas (Tabla 1). Por otro lado, la alta tasa y máxima producción de metano fue mayor en ausencia del mediador redox lo que sugiere una competencia entre la actividad metanogénica y respiratoria. Del mismo modo, la tabla 1 muestra un mayor porcentaje de remoción de DQO en presencia de AQS, siendo casi 4 veces mayor comparado con el metabolismo en ausencia de mediador redox, lo que evidencia una selectividad hacia el consumo de sustrato con respecto a la producción de metano, siendo demostrado por el rendimiento de metano, donde el control sin AQS fue 8.5 veces mayor que con presencia de mediador redox.

Tabla 1. Parámetros de Gompertz, remoción de DQO y rendimiento.

	λ (h)	Rmax (mmol/L h)	Cmax (mmol/L)	Remoción de DQO (%)	Rendimiento (mol CH ₄ /mol DQO)
Inóculo	65.13	0.618	93.75	2.897	5.899
Inóculo + AQS	51.48	0.234	44.74	11.400	0.692

Conclusiones. La adición de AQS al proceso de digestión anaerobia de residuos de malta promueve la remoción de DQO, inhibiendo la actividad metanogénica. El uso de mediadores redox puede ser considerado para promover el tratamiento o disminución de DQO en residuos agroindustriales en contraste con la producción de metano.

Bibliografía.

- Atilano-Camino, M. M., Luévano-Montaño, C. D., García-González, A., Olivo-Alanís, D. S., Álvarez-Valencia, L. H., & García-Reyes, R. B. (2020). Evaluation of dissolved and immobilized redox mediators on dark fermentation: Driving to hydrogen or solventogenic pathway. *Bioresource Technology*, 317(June), 123981. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123981>
- Bougrier, C., Dognin, D., Laroche, C., Gonzalez, V., Benali-Raclot, D., & Cacho Rivero, J. A. (2018). Anaerobic digestion of Brewery Spent Grains: Trace elements addition requirement. *Bioresource Technology*, 247(September 2017), 1193–1196. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.211>
- Buller, L. S., Sganzerla, W. G., Lima, M. N., Muenchow, K. E., Timko, M. T., & Forster-Carneiro, T. (2022). Ultrasonic pretreatment of brewers' spent grains for anaerobic digestion: Biogas production for a sustainable industrial development. *Journal of Cleaner Production*, 355(April). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131802>
- Dudek, M., Swiechowski, K., Manczarski, P., Koziel, J. A., & Białowiec, A. (2019). The effect of biochar addition on the biogas production kinetics from the anaerobic digestion of brewers' spent grain. *Energies*, 12(8), 1–22. <https://doi.org/10.3390/en12081518>
- Sganzerla, W. G., Buller, L. S., Mussatto, S. I., & Forster-Carneiro, T. (2021). Techno-economic assessment of bioenergy and fertilizer production by anaerobic digestion of brewer's spent grains in a biorefinery concept. *Journal of Cleaner Production*, 297. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126600>
- Szaja, A., Montusiewicz, A., Lebiocka, M., & Bis, M. (2021). A combined anaerobic digestion system for energetic brewery spent grain application in co-digestion with a sewage sludge. *Waste Management*, 135(October), 448–456. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.09.034>