

Producción de bioetanol por *Saccharomyces bayanus* utilizando fuente mixta de carbono: extracto de malta de sorgo y melaza de caña

Diana Isabel Estrada-Sánchez¹, Oscar Martín Hernández-Calderón¹ y Erika Yudit Rios-Irbe^{1,*}

¹ Laboratorio de Biotecnología y Bioingeniería, Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México

* Autor de correspondencia: erios@uas.edu.mx

Energías renovables (Biocombustibles). Ponencia Virtual.

Recibido: 13 de junio de 2023

Aceptado: 25 de agosto de 2023

Publicado: 23 de noviembre de 2023

Palabras clave: biocombustible; germinación; fermentación; bioproceso

Introducción. El agotamiento de las reservas de petróleo y los problemas ambientales, resultado de la sobreutilización de los combustibles fósiles está obligando a la búsqueda de fuentes de energía limpias y sostenibles. La producción de bioetanol a partir de sorgo es una opción prometedora, incluso utilizando tallo de sorgo (Laopaiboon et al., 2009; Moreno-Hernández et al., 2018). El presente estudio propone la formulación de un medio de cultivo de fácil preparación, que considera el uso de un extracto acuoso de malta de sorgo complementado con el residuo agroindustrial melaza y una fuente de nitrógeno inorgánico para la producción de bioetanol. La mayor producción de bioetanol obtenida fue de 107 g/L a las 40 h del bioproceso, la cual es una producción competitiva.

Materiales y Métodos. El sorgo Costeño-201 fue proporcionado por productores sinaloenses. La melaza fue donada por el Ingenio El Dorado, ElDorado, Sinaloa. La levadura *Saccharomyces bayanus* es la cepa comercial Premiere Cuvée, Red Star® de Fermentis. Los cultivos de *S. bayanus* se realizaron utilizando 300 mL de mosto obtenido por maceración de 0.5 kg de malta de sorgo por 1 L de agua destilada, el cual se complementó con melaza según el tratamiento, y 1 g/L de (NH₄)₂HPO₄. La fermentación se realizó en matraces Erlenmeyer con válvula airtlock, durante 72 h a 29 °C y 150 rpm. En la Tabla 1 se presenta el diseño experimental^{2,3}, el cual se realizó con una réplica.

Tabla 1. Diseño experimental

Tratamientos	Tiempo de Germinación (h)	Factores	
		[Melaza] (g/L)	[Levadura] (g/L)
1	72	250	0.25
2	96	250	0.25
3	72	300	0.25
4	96	300	0.25
5	72	250	0.50
6	96	250	0.50
7	72	300	0.50
8	96	300	0.50

Se determinó por espectrofotometría el contenido de azúcares totales (AT) (Dubois et al., 1956), azúcares reductores (AR) (Miller, 1959), nitrógeno amoniacal (N₂) (Solorzano, 1969), y etanol (Sumbhate et al., 2012).

Resultados. En la Tabla 2 se presenta la máxima concentración de bioetanol obtenida en cada tratamiento (T). El T7 obtuvo la mayor producción en el menor tiempo de fermentación: 107 g/L a las 40 h. Laopaiboon et al. (2009) bajo condiciones de fermentación de alta concentración de sólidos, utilizando 270 g/L de AT inicial produjeron 109.34 g/L a las 72 h. El T7 alcanzó una producción de bioetanol similar en un menor tiempo, utilizando una concentración de AT inicial 35 % menor, por lo que las condiciones de fermentación utilizadas en el T7 fueron más eficientes.

En la Figura 1a y 1b se observa el comportamiento del consumo de nutrientes y producción de bioetanol del T7. El consumo de AR estuvo estrechamente relacionado con la producción de bioetanol, determinándose durante 40 h el máximo consumo. La producción de

Tabla 2. Mayor producción de etanol durante el bioproceso.

Tratamientos (T)	Tiempo (h)	Producción de bioetanol (g/L)
1	64	82.86
2	64	85.00
3	64	101.57
4	64	93.92
5	64	99.10
6	48	97.95
7	40	107.72
8	40	90.07

bioetanol disminuyó a partir del cese del consumo de AR y AT. Alminderej et al. (2022), apreciaron un comportamiento similar después de 48 h de inoculación con *S. cerevisiae*.

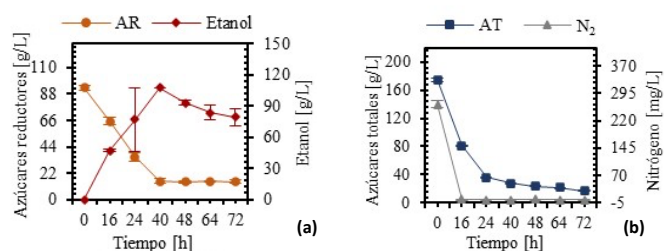


Figura 1. Cultivo de *S. bayanus* del T7. a) Cinéticas de consumo de AR y producción de bioetanol. b) Cinéticas de consumo de AT y N₂.

Se realizó un ANDEVA sobre la producción de bioetanol obtenida a las 40 h de fermentación, debido a que es el tiempo del bioproceso donde se cuantificó la máxima producción de bioetanol en el diseño de experimentos. La concentración de melaza y levadura tuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$), mientras que el tiempo de germinación no mostró efecto significativo.

Conclusiones. Utilizar una fuente mixta, con alto contenido de azúcar inicial, proveniente del extracto acuoso de malta de sorgo y melaza de caña de azúcar, es una opción factible desde el punto de vista económico y ambiental para la producción de bioetanol.

Bibliografía.

- Alminderej, F. M., Hamden, Z., El-Ghoul, Y., Hammami, B., Saleh, S. M., y Majdoub, H. (2022). Impact of Calcium and Nitrogen Addition on Bioethanol Production by *S. cerevisiae* Fermentation from Date By-Products: Physicochemical Characterization and Technical Design. *Fermentation*, 8(11), 583. <https://doi.org/10.3390/fermentation8110583>
- Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., y Smith, F. (1951). A colorimetric method for the determination of sugars. *Nature*, 168(4265): 167. <https://doi.org/10.1038/168167a0>
- Laopaiboon, L., Nuanpeng, S., Srinophakun, P., Klanrit, P., y Laopaiboon, P. (2009). Ethanol production from sweet sorghum juice using very high gravity technology: effects of carbon and nitrogen supplementations. *Bioresource technology*, 100(18), 4176-4182. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.03.046>
- Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical chemistry* 31(3): 426-428. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>
- Moreno-Hernández, J. M., Moreno-Gallegos, T., y López-Guzmán, J. A. (2018). Evaluation of theoretical ethanol production from forage sorghums (*Sorghum bicolor* L. Moench) in Sinaloa, Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 5(3). <https://doi.org/10.15741/revbio.05.nesp.e483>
- Solorzano, L. (1969). Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method. *Limnology and oceanography* 14(5): 799-801. <https://doi.org/10.4319/lo.1969.14.5.0799>
- Sumbhate, S., Nayak, S., Goupale, D., Tiwari, A., y Jadon, R. S. (2012). Colorimetric method for the estimation of ethanol in alcoholic-drinks. *Journal of Analytical Techniques* 1(1): 1-6. <https://www.academia.edu/69993907>