



ESTUDIO DE UN MODELO MATEMATICO EN LA ETAPA FERMENTATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE TEQUILA

Alonso Marroquín, Enrique Herrera, Jesús Ramírez, Melchor Arellano*
(Av. Normalistas 800 Colinas de la Normal, Guadalajara, Jal. tel/fax: 33 33455200
e-mail: marellano@ciatej.net.mx)

Palabras clave: Tequila, Modelo matemático, Producción de etanol.

Introducción. La producción de tequila al mes de noviembre del 2006 fue 226.9 millones de litros referidos a 40% alcohol volumen (alc. vol.), 16 % mayor producción que en el 2005 (1), ubicando al tequila como una de las bebidas alcohólicas de mayor importancia a nivel mundial. Sin embargo, poca investigación se ha realizado para garantizar altos rendimientos de conversión de azúcares en etanol y estandarización de la calidad final del tequila. Una de las limitantes principales es el costo que se requiere para la experimentación. La obtención de un modelo matemático que describan las principales variables de la fermentación tales como: la temperatura y la concentración de azúcares, puede disminuir los costos de la investigación al reducir el número de experimentos por realizar.

En el presente trabajo se estudió el ajuste de un modelo matemático a la etapa fermentativa de producción de tequila para predecir la producción de etanol, el consumo de sustrato y el crecimiento de las levaduras.

Metodología. Se utilizó una levadura silvestre aislada de jugo de agave (AR-5), perteneciente al banco de cepas de CIATEJ. Se realizó un diseño multifactorial: azúcares iniciales (30, 60, 90, 120, 150 y 200 g/L), temperatura (25°C y 33°C) y oxígeno (0% y 5% de oxígeno disuelto). Las fermentaciones se realizaron con jugo de agave como única fuente de carbono, enriquecido con 1 g/L de fosfato de amonio, esterilizado a 121°C y 1.5 kg/cm² de presión por 15 minutos, en un fermentador marca Applikon de 3L conectado a una bioconsola applikon para el control en línea de la temperatura y oxígeno y para la medición del pH. Se realizaron muestreos durante las fermentaciones para determinar azúcares reductores directos (2), etanol por cromatografía de gases y población por peso seco. Se utilizó el modelo matemático de Wang y colaboradores (3). El ajuste del modelo matemático se realizó utilizando el programa MATLAB™ versión 7.0.

Resultados. En la figura 1, se presenta el comportamiento de las diferentes fermentaciones que se realizaron en base al modelo estudiado. Los resultados que se obtuvieron fueron satisfactorios pues presentaron correlaciones aceptables (entre 0.95 y 0.99), sin embargo, se observaron desviaciones sobre los datos experimentales. En la etapa de adaptación se apreció un desfase, ya que los datos experimentales de producción de biomasa fueron mayores que los datos generados por el modelo. Así mismo, se apreció un desfase

en la etapa de adaptación, ya que los datos experimentales de consumo de sustrato fueron menores que los datos generados por el modelo. En el caso de producción de etanol se observó el mejor ajuste de los datos experimentales con los datos obtenidos por el modelo.

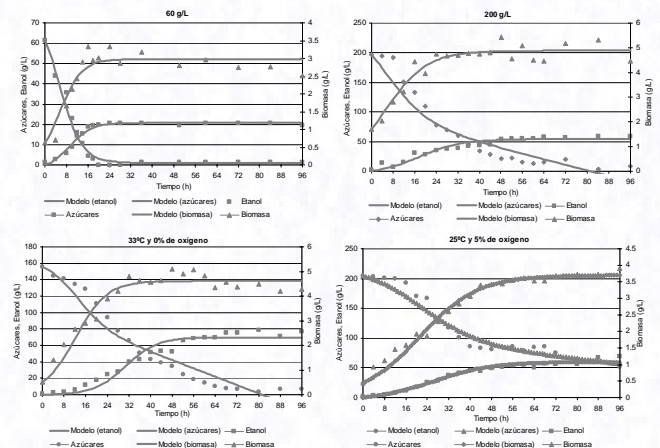


Figura 1. Ajuste del modelo estudiado sobre los datos experimentales de fermentación.

Conclusiones. La predicción de los datos de las diferentes concentraciones de azúcares iniciales y las diferentes condiciones de temperatura y oxígeno que se estudiaron por medio del modelo matemático fueron satisfactorios debido a las correlaciones que se obtuvieron; sin embargo se observó a 150 g/L y 200 g/L de concentraciones de azúcares un desfase en la etapa de adaptación. Por lo que es recomendable utilizar el modelo a concentraciones máximas de 150 g/L para garantizar un buen ajuste de los resultados obtenidos.

Bibliografía.

1. Consejo Regulador del Tequila (2007). Estadísticas anuales. www.crt.org.mx.
2. Miller, G. I. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31; 426-428.
3. Wang, D. Xu, Y. Hu, J. and Zhao, G. (2004). Fermentation kinetics of different sugar by apple wine yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Journal of the institute of brewing. 110 (4). 340 – 346.