

MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA FERMENTACIÓN DE JUGO DE BANANO EN CONDICIONES ENOLÓGICAS PARA LA OBTENCIÓN DE VINO

Christelle Pihen ^a, Pilar Escalante ^a, Roberto Sáenz ^b, Victoria García ^a, Apolinar González ^a, J. Ricardo Pérez ^c, Vrani Ibarra ^a,

^a Laboratorio de Agrobiotecnología, Universidad de Colima, Colima C.P. 28629, chrisphn1453@gmail.com

^b Facultad de ciencias, Universidad de Colima, Colima

^c Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago 22, Chile

Introducción. La producción de vinos a base de frutas representa una alternativa para la industrialización de aquellos frutos que no lograron posicionarse en el mercado. La producción industrial en la era 4.0 requiere el entendimiento detallado del proceso para el desarrollo de control automático adecuado. La modelación matemática es la herramienta necesaria y empleada en vinos de uva (1,2). El presente trabajo propone un modelo matemático como primer paso para la industrialización de vino de banano.

Metodología. La fermentación alcohólica se realizó por triplicado en un biorreactor de 15 litros a temperatura constante de 13°C, con una concentración de 10⁶ CFU de *Saccharomyce cerevisae*. La viabilidad celular se realizó utilizando un hematocímetro. Los productos obtenidos se analizaron por HPLC utilizando una columna Aminex HPX-87H, con detector IR/UV 210 nm, con una fase móvil de ácido sulfúrico de 50 mM a un flujo de 0,6 mL/min a temperatura de 25 °C. La estimación de los parámetros se llevó a cabo con el método de Monte Carlo vía cadenas de Markov (MCMC).

Resultados. La propuesta se basó en un modelo estándar de fermentación de uva que considera al nitrógeno como sustrato limitante (4). El modelo es un sistema de seis ecuaciones diferenciales ordinarias, que describe el consumo de nitrógeno asimilable, el crecimiento de la biomasa, la hidrólisis de sacarosa, el consumo de glucosa y fructosa como fuente de carbono y la producción de etanol durante la fermentación.

$$\text{Nitrógeno asimilable} \quad \frac{dN}{dt} = -\mu \left(\frac{X}{Y_{X/N}} \right) \quad \mu = \frac{\mu_{max} N}{k_N + N}$$

Donde μ es la velocidad específica de crecimiento celular, en función de la concentración de nitrógeno y $Y_{X/N}$ es el coeficiente de rendimiento de biomasa por consumo de nitrógeno.

$$\text{Biomasa viable} \quad \frac{dX_V}{dt} = \mu X - k_d X_V$$

donde k_d es la velocidad de muerte o inactivación celular.

$$\text{Sacarosa} \quad \frac{dGF}{dt} = -\beta_{GF} X_V \quad \beta_{GF} = \left(\frac{\beta_{maxGF} GF}{k_{GF} + GF} \right)$$

donde β_{GF} es la velocidad de hidrólisis de la sacarosa.

$$\beta_F = \left(\frac{\beta_{maxF} F}{k_F + F} \right) \quad \beta_G = \left(\frac{\beta_{maxG} G}{k_G + G} \right)$$

β_F es la tasa específica de consumo de fructosa y β_G es la tasa específica de consume de glucosa.

$$\text{Fructosa} \quad \frac{dF}{dt} = 0.5263 \beta_{GF} X_V - \left(\frac{1}{Y_{X/F}} \beta_F X_V \right) - \left(\frac{1}{Y_{E/F}} \beta_F X_V \right)$$

$$\text{Glucosa} \quad \frac{dG}{dt} = 0.5263 \beta_{GF} X_V - \left(\frac{1}{Y_{X/G}} \beta_G X_V \right) - \left(\frac{1}{Y_{E/G}} \beta_G X_V \right)$$

$$\text{Etanol} \quad \frac{dE}{dt} = \left(\frac{1}{Y_{E/F}} \beta_F X_V \right) + \left(\frac{1}{Y_{E/G}} \beta_G X_V \right)$$

donde $Y_{X/F}$, $Y_{E/F}$, $Y_{X/G}$ y $Y_{E/G}$ son los coeficientes de rendimiento de producción de biomasa y etanol por gramos de fructosa y glucosa consumida respectivamente.

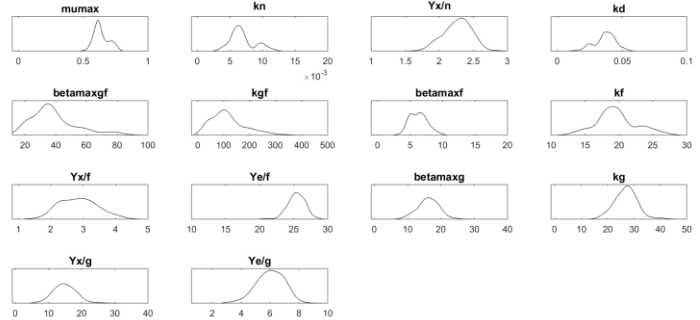


Fig. 1. Densidad de probabilidad de los valores de los parámetros.

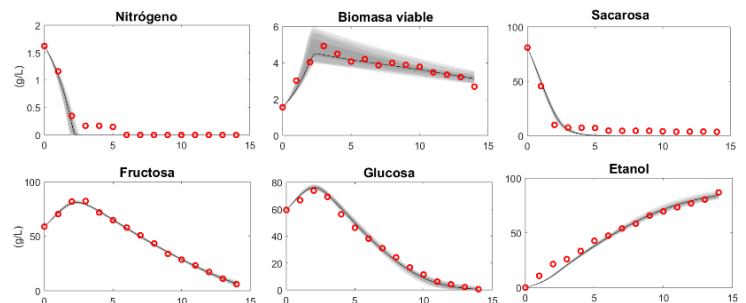


Fig. 2. La línea continua representa la predicción del modelo y los puntos rojos los datos experimentales.

Conclusiones. Se observó que el modelo propuesto y la estimación de parámetros presenta una buena aproximación a los datos experimentales observados en las figuras 1 y 2. Lo cual sienta las bases para el monitoreo y posterior control.

Agradecimientos. Beca CONACYT. Proyecto CB 2014 242311.

Bibliografía.

- Zenteno, M.I., et al. (2010). Journal of Food Engineering. 99:44-48.
- Tomás, G. et al. (2016). Biochemical Engineering Journal. 106 :97-106.
- Ibarra, V. et al. (2014). Food and bioprocess technology. 7.1: 71-83.
- Cramer, A. et al. (2002). Biotechnol. Bioeng. 77(1),49-60.

