

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Saccharomyces boulardii* UTILIZANDO
COMO SUSTRATO INULINA EXTRAÍDA A PARTIR DE LA CEBOLLA (*Allium
cepa*)

(Growth evaluation for *Saccharomyces boulardii* using inulin extracted from onion (*Allium
spp.*)

José Pérez, Rafael Ramírez, Gabriel Cravo, Llelysmar Crespo

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”
UNELLEZ. Programa Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes,
Venezuela. jossprez@gmail.com, rafaelramirez09@gmail.com, cravo50@gmail.com,
llely.crespo@gmail.com.

Recibido: 02/03/16 Aceptado: 31/03/16

RESUMEN

Saccharomyces boulardii es un microorganismo que brinda múltiples efectos benéficos en el sistema digestivo, logrando disminuir los riesgos de padecer cáncer de colon y favoreciendo la salud de los huesos, ya que aumenta la absorción de calcio y minerales, disminuye el nivel de lípidos y glucosa en la sangre, fortalece el sistema inmune entre otros. Con esta motivación, a través de la presente investigación se evaluó el crecimiento de *Saccharomyces boulardii* utilizando un sustrato no convencional, como lo es, la inulina extraída de la cebolla (*Allium cepa*). Para ello se realizó un proceso de extracción sólido-líquido con harina de cebolla obtenida mediante secado; se emplearon concentraciones de 5%, 7.5% y 10% de inulina extraída y en cada concentración se agregó el 30% de inulina comercial para enriquecer el sustrato. Se determinaron los parámetros cinéticos que caracterizan al microorganismo *Saccharomyces boulardii*, se obtuvo el modelo matemático para el proceso de crecimiento del microorganismo *Saccharomyces boulardii*, se simuló el proceso de crecimiento y se comparó con los resultados experimentales, arrojando que el mejor sustrato es el que corresponde a la concentración de inulina del 7.5%, donde el crecimiento máximo fue de $2,80 \times 10^8$ UFC, logrando ajustarse con precisión al modelo simulado. De esta manera se concluyó que la inulina al ser empleada como sustrato aporta vitaminas, minerales y fibra dietética que favorecen la generación de biomasa de *Saccharomyces boulardii*.

Palabras claves: Inulina, Cebolla, Crecimiento, *Saccharomyces boulardii*, Simulación.

SUMMARY

Saccharomyces boulardii is a microorganism that provides multiple beneficial effects on the digestive system, decreasing the risk of developing colon cancer and promoting bone health because it increases the absorption of calcium and minerals, decreases the level of lipids and glucose blood, strengthens the immune system among others. With this motivation, through this investigation *Saccharomyces boulardii* growth was evaluated using an unconventional substrate, as it is, the inulin extracted from onion (*Allium cepa*). For this purpose a process of solid-liquid onion flour obtained by extraction is dried; concentrations of 5%, 7.5% and 10% inulin extracted were used at each concentration and 30% commercial inulin was added to enrich the soil. Kinetic parameters characterizing the microorganism were determined *Saccharomyces boulardii*, the mathematical model for the process of growth of the microorganism *Saccharomyces boulardii* was obtained, the growth

process was simulated and compared with the experimental results, the best casting substrate which is It corresponds to the inulin concentration of 7.5%, where the maximum growth rate was 2.80×10^8 CFU, achieving a close fit to simulated model. Thus it was concluded that the inulin to be used as substrate provides vitamins, minerals and dietary fiber that promote biomass generation *Saccharomyces boulardii*.

Keywords: Inulin, Onion, Growth, *Saccharomyces boulardii*, Simulation.

INTRODUCCIÓN

Según Buts (2005), *Saccharomyces boulardii* es una levadura natural no modificada genéticamente que es aislada de la corteza del árbol del litchi en Indochina. Esta levadura muestra un crecimiento óptimo a una temperatura inusualmente alta de aproximadamente 37°C y, por ello, se le considera como una levadura de temperatura extremadamente alta. Actúa en el tracto gastrointestinal después de su administración oral y tiene un "impacto positivo en la salud y fisiología del huésped". Algunas veces el término "agente bioterapéutico" es preferible frente al término "probiótico" para designar a aquellos microorganismos probióticos que previenen o tratan enfermedades humanas.

Por otra parte, la inulina es un polisacárido natural obtenido de la raíz de la achicoria, que también está presente en otros vegetales como ajo, cebolla, porro, alcachofa, trigo e incluso plátano. La inulina ofrece beneficios tecnológicos y nutricionales, y fácilmente puede ser incorporada a una gran gama de productos; se extrae de la raíz de la achicoria mediante agua caliente, para ser fácilmente añadida en la dieta diaria; tiene un sabor neutro. Mejora la textura, sensación y estabilidad de una gran variedad de alimentos, como lácteos, productos horneados, cereales, productos cárnicos, entre otros (Salazar, 2007).

En el cuerpo humano, la inulina alimenta y estimula selectivamente la flora intestinal, esto es lo que se llama efecto prebiótico. Tiene un impacto positivo en la resistencia natural del cuerpo. La inulina también contribuye a tener un tránsito intestinal regular y suave. Mejora la absorción de importantes nutrientes como calcio e incluso podría reducir el riesgo de

cáncer intestinal. Al mantener un sistema digestivo saludable, la inulina mejora también la sensación de bienestar de la persona (Salazar, 2007).

En otro sentido, los modelos matemáticos permiten predecir la velocidad de crecimiento de los microorganismos bajo determinadas condiciones ambientales (Coll *et al.*, 2001). Algunos de los factores principales que afectan el crecimiento microbiano en los alimentos son la temperatura y el pH, por lo cual deben tenerse en cuenta para lograr una determinada predicción.

Tomando como base lo anteriormente expuesto, surge la necesidad de evaluar el crecimiento de la *Saccharomyces boulardii* en un sustrato no convencional como la inulina, polímero natural extraído a partir de la cebolla, a fin de aprovechar los diversos fructanos presentes en la cebolla como reservas de carbohidratos, además de los ácidos orgánicos y sales como el citrato, malato y oxalato; para la producción de un microorganismo que proporciona efectos benéficos en la flora intestinal de niños y adultos.

METODOLOGÍA

Esta investigación se encuentra enmarcada según, Hurtado (2000), dentro del tipo investigación exploratoria, desarrollándose mediante las siguientes fases:

Fase I. Análisis del estado actual de los sistemas de control en los procesos de cultivo de *Saccharomyces boulardii*.

Esta fase estuvo relacionada con la recopilación toda la información respectiva con los tipos de sistemas de control, el microorganismo que es la *Saccharomyces boulardii* y la inulina empleada como sustrato de crecimiento.

Fase II. Identificación de las características del sustrato (inulina a partir de la cebolla) a utilizar para la producción de *Saccharomyces boulardii*. En esta etapa se ejecutaron todas las operaciones preliminares necesarias para obtención de una especie de pasta de cebolla (*Allium cepa*) mediante un proceso de extracción solido-liquido. Luego de alcanzada se creó un sustrato de inulina en diferentes concentraciones para evaluar el crecimiento de *Saccharomyces boulardii*.

Fase III. Determinación de los parámetros cinéticos que caracterizan al microorganismo *Saccharomyces boulardii*. Se ubicaron los sistemas semicontinuos, debido a que permiten utilizar soluciones simples de nutrientes y adquirir la tasa de crecimiento y velocidad (μ).

Fase IV. Obtención de un modelo matemático para el proceso de crecimiento del microorganismo *Saccharomyces boulardii*. A través de los balances de Masa y de Energía se construyó un modelo matemático que permitió observar el comportamiento del sistema. Con este modelo se simuló el comportamiento del sistema a fin de validar los resultados obtenidos experimentalmente.

Fase V. Simulación del comportamiento para el crecimiento de la *Saccharomyces boulardii* en un sistema de control a lazo cerrado. En esta fase se utilizó como software MATLAB, Toolbox Simulink a fin de simular el comportamiento del sistema.

Fase VI. Validación del crecimiento experimental obtenido de *Saccharomyces boulardii*. En esta fase se comparó el modelo simulado con el experimental a fin de determinar si el sustrato se adaptaba y producía un buen rendimiento para la reproducción del microorganismo *Saccharomyces boulardii*.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se desarrolló una función que representa las ecuaciones y parámetros del sistema, y una función S de Simulink. Con ellas se simuló el proceso utilizando Matlab y Simulink. Las corridas simulan 10 horas de operación, partiendo de un volumen de 1,5 litros, y con un flujo constante de 0.12 g/l.

Las figuras que se muestran a continuación representan el sistema simulado, donde la máxima concentración de biomasa se logra en un tiempo de 10 h con un rango cercano a $3,8 \times 10^8$ UFC (figura 1.a), la concentración de sustrato se comienza a agotar a las 2 horas (figura 1.c), la concentración de etanol experimenta su máximo valor de 3,10 g/l alrededor de las 1,90 h hasta volverse 0 g/l a las 8,3 h (figura 1.d), la concentración de oxígeno comienza agotarse alrededor de las 4 h, hasta alcanzar 0,10 g/l entre las 7 y 8 horas, para luego experimentar un incremento entre la hora 8,5 y 10 hasta alcanzar 0,0056 g/l (figura 1.b).

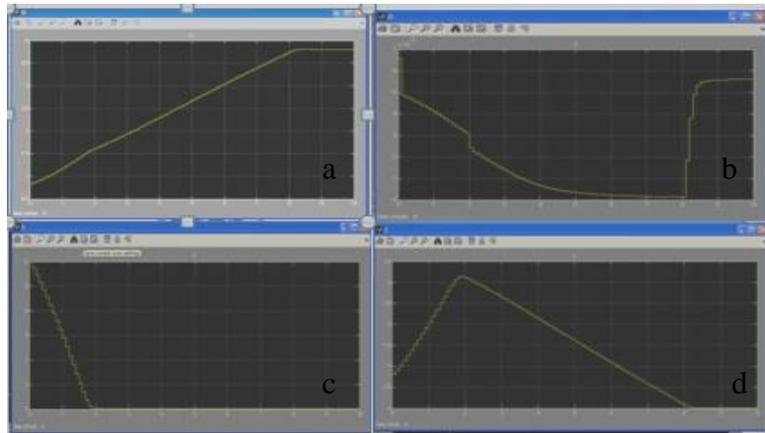


Figura 1. Perfiles de a) Biomasa (Ufc), b) Oxígeno (g/l), c) Flujo de Sustrato (g/l) y d) Etanol (g/l).

En la figura 2.a, se observa que al utilizar una concentración de sustrato de 7,5% de inulina la biomasa se va incrementando con respecto al tiempo, esto se debe a que el microorganismo se encuentra en un crecimiento exponencial y está consumiendo el sustrato presente. Durante un lapso de 10 horas se puede apreciar que el crecimiento de la biomasa alcanza su mayor valor en la hora 9, alrededor de $2,80 \times 10^8$ Ufc, entre la hora 6 y 7 se encuentra marcada la fase estacionaria.

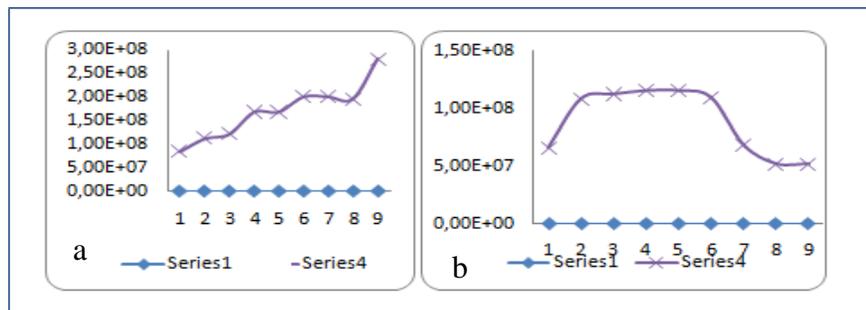


Figura 2. Perfiles de Biomasa (Ufc) a) Concentración del 7,5% de inulina, b) Concentración del 10% de inulina.

En la figura 2.b, se observa que al utilizar una concentración de sustrato de 10% de inulina la fase de adaptación se encuentra ubicada en la primera hora, desde la hora 0 hasta la hora 2, la fase de crecimiento exponencial experimenta un valor máximo de $1,18 \times 10^8$ Ufc,

desde la hora 2 hasta la 6, se encuentra marcada la fase estacionaria y en las últimas horas existe un descenso notorio estableciendo así la fase de muerte.

Se compararon los resultados de biomasa obtenidos en la figura 2.a, correspondiente al 7,5% de inulina con crecimiento máximo de $2,80 \times 10^8$ Ufc con la figura 2.b, que indica la biomasa para el 10% de Inulina y cuyo máximo crecimiento es de $1,18 \times 10^8$ Ufc, obteniéndose mejores resultados en la primera durante las 10 horas, con una fase de adaptación más corta.

Luego se compararon los resultados de biomasa de la figura 1.a, correspondientes al sistema simulado a lazo cerrado con los de la figura 2.a, pertenecientes al enfoque experimental con 7,5% de Inulina, observándose mejores resultados en la primera durante las 10 horas, por lo que el sistema se logra ajustar con precisión.

CONCLUSIONES

Luego de los resultados obtenidos en el desarrollo de la presente investigación se han establecido las siguientes conclusiones:

- Al realizar el análisis sobre los sistemas de control se pudo inferir que para este tipo de microorganismo los sistemas a lazo cerrado de cultivos semicontinuos presentan una producción de biomasa óptima, lo que indica que regulan las condiciones necesarias para el proceso de crecimiento de *saccharomyces boulardii*.
- El empleo de la inulina como sustrato permitió comprobar, que la misma, representa un sustrato no convencional que aporta los nutrientes necesarios para el crecimiento del microorganismo.
- Con la utilización del sistema semicontinuo para el crecimiento *Saccharomyces boulardii* utilizando como sustrato inulina a partir de la cebolla se logró establecer un crecimiento óptimo con la segunda concentración utilizada (7,5%), la cual comparando con el simulado fue la que se ajustó correctamente a lo que se deseaba.
- El modelo y funciones de transferencia obtenidas mediante la función S MATLAB que contiene la descripción del proceso bajo estudio logran ajustarse con un grado de exactitud elevado al comportamiento de los valores presentados en la literatura utilizada como referencia.

- Durante el lapso de control de 10 horas, el sistema de control a lazo cerrado produjo una mejor respuesta que el sistema experimental.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Buts, J. 2005. Ejemplo de un medicamento probiótico: *Saccharomycesboulardii* liofilizada.

Revista Electrónica en Digital Gastroenterol. Vol. 25. Páginas 177.

[Consultado

07/01/2015].

Disponible

en:

<http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/gastro/vol25n2/PDF/a07.pdf>

Co, T. Short Tutorial on Matlab. (2004). [on line]. [Consultado 15/07/2015].

Disponible en: <http://www.chem.mtu.edu/~tbco/cm416/ MatlabTutorialPart5.pdf>.

Coll, F.; Giannuzzi, L.; Noia, M.; Zaritzky, N. 2001. El modelo matemático: una herramienta útil para la industria alimenticia. [Artículo en línea].

[Consultado

03/03/2015].

Disponible

en:

<http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/revet/n03a04coll.pdf>

Hurtado, J. 2000. Metodología de la Investigación Holística. [Libro en Digital]. Editorial

Quirón, 4ta Edición. Página 217. [Consultado 04/03/2015]. Disponible en:

http://www.4shared.com/office/rzzUJHpq/hurtado_de_barrera_jacqueline_.html

Salazar, V. 2007. Beneficios de la Inulina. [Artículo en línea]. [Consultado 14/05/2015].

Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14242827/beneficios-de-la-inulina-zukara>